

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
34-1**

Dixième édition
Tenth edition
1996-11

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: 1996

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology

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

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

Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

IEC publications prepared by the same technical committee

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
34-1**

Dixième édition
Tenth edition
1996-11

Machines électriques tournantes –

**Partie 1:
Caractéristiques assignées et
caractéristiques de fonctionnement**

Rotating electrical machines –

**Part 1:
Rating and performance**

© CEI 1996 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 Varembé Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRISX
PRICE CODE

XB

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

SOMMAIRE

	Pages
INTRODUCTION	8
AVANT-PROPOS	10
 SECTION 1: GÉNÉRALITÉS	
Articles	
1.1 Domaine d'application	12
1.2 Références normatives	12
 SECTION 2: DÉFINITIONS	
	14
 SECTION 3: SERVICES	
3.1 Spécification du service	20
3.2 Services types	20
 SECTION 4: CARACTÉRISTIQUES ASSIGNÉES	
4.1 Attribution des caractéristiques assignées	26
4.2 Classes de caractéristiques assignées	26
4.3 Choix d'une classe de caractéristiques assignées	30
4.4 Attribution de la puissance à une classe de caractéristiques assignées	30
4.5 Puissance assignée	30
4.6 Tension assignée	32
4.7 Coordination des tensions et des puissances	32
4.8 Machines à plus d'un ensemble de caractéristiques assignées	34
 SECTION 5: CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT SUR SITE	
5.1 Généralités	34
5.2 Altitude	34
5.3 Température maximale de l'air ambiant	34
5.4 Température minimale de l'air ambiant	34
5.5 Température de l'eau de refroidissement	34
5.6 Stockage et transport	36
5.7 Pureté de l'hydrogène de refroidissement	36
 SECTION 6: CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT ÉLECTRIQUES	
6.1 Alimentation électrique	36
6.2 Forme et symétrie des tensions et des courants	36
6.3 Variations de tension et de fréquence en fonctionnement	42
6.4 Machines triphasées à courant alternatif fonctionnant sur réseaux isolés	44
6.5 Niveaux de tenue en tension (crête et gradient)	46

CONTENTS

	Page
INTRODUCTION	9
FOREWORD	11
SECTION 1: GENERAL	
Clause	
1.1 Scope	13
1.2 Normative references	13
SECTION 2: DEFINITIONS	
	15
SECTION 3: DUTY	
3.1 Declaration of duty	21
3.2 Duty types	21
SECTION 4: RATING	
4.1 Assignment of rating	27
4.2 Classes of rating	27
4.3 Selection of a class of rating	31
4.4 Allocation of outputs to class of rating	31
4.5 Rated output	31
4.6 Rated voltage	33
4.7 Coordination of voltages and outputs	33
4.8 Machines with more than one rating	35
SECTION 5: SITE OPERATING CONDITIONS	
5.1 General	35
5.2 Altitude	35
5.3 Maximum ambient air temperature	35
5.4 Minimum ambient air temperature	35
5.5 Water coolant temperature	35
5.6 Storage and transport	37
5.7 Purity of hydrogen coolant	37
SECTION 6: ELECTRICAL OPERATING CONDITIONS	
6.1 Electrical supply	37
6.2 Form and symmetry of voltages and currents	37
6.3 Voltage and frequency variations during operation	43
6.4 Three-phase a.c. machines operating on unearthed systems	45
6.5 Voltage (peak and gradient) withstand levels	47

Articles

Pages

SECTION 7: CARACTÉRISTIQUES THERMIQUES DE FONCTIONNEMENT ET ESSAIS THERMIQUES

7.1	Classification thermique	46
7.2	Fluide de refroidissement de référence	46
7.3	Conditions des essais thermiques.....	48
7.4	Echauffement d'un élément de machine	50
7.5	Méthodes de mesurage de la température	50
7.6	Détermination de la température d'enroulement	52
7.7	Durée des essais thermiques.....	58
7.8	Détermination de la constante du temps thermique équivalente des machines pour service type S9.....	58
7.9	Mesurage de la température des paliers	60
7.10	Limites d'échauffement et de température.....	60

SECTION 8: AUTRES CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT ET ESSAIS

8.1	Essais diélectriques.....	78
8.2	Surintensité occasionnelle	82
8.3	Excès momentané de couple des moteurs	84
8.4	Couple minimal pendant le démarrage.....	86
8.5	Survitesse	86
8.6	Courant de court-circuit des machines synchrones.....	88
8.7	Epreuve de tenue au court-circuit des machines synchrones.....	90
8.8	Essai de commutation pour machines à collecteur	90
8.9	Facteur harmonique téléphonique (FHT) pour machines synchrones	90

SECTION 9: PLAQUES SIGNALÉTIQUES

9.1	Généralités	96
9.2	Marquage.....	96

SECTION 10: PRESCRIPTIONS DIVERSES

10.1	Mise à la terre des machines	100
10.2	Clavette(s) de bout d'arbre	102

SECTION 11: TOLÉRANCES

11	Tolérances	104
----	------------------	-----

SECTION 7: THERMAL PERFORMANCE AND TESTS

7.1	Thermal classification	47
7.2	Reference coolant	47
7.3	Conditions for thermal tests	49
7.4	Temperature rise of a part of a machine	51
7.5	Methods of measurement of temperature	51
7.6	Determination of winding temperature	53
7.7	Duration of thermal tests	59
7.8	Determination of the thermal equivalent time constant for machines of duty type S9	59
7.9	Measurement of bearing temperature	61
7.10	Limits of temperature and of temperature rise	61

SECTION 8: OTHER PERFORMANCE AND TESTS

8.1	Dielectric tests	79
8.2	Occasional excess current	83
8.3	Momentary excess torque for motors	85
8.4	Pull-up torque	87
8.5	Overspeed	87
8.6	Short-circuit current for synchronous machines	89
8.7	Short-circuit withstand test for synchronous machines	91
8.8	Commutation test for commutator machines	91
8.9	Telephone harmonic factor (THF) for synchronous machines	91

SECTION 9: RATING PLATES

9.1	General	97
9.2	Marking	97

SECTION 10: MISCELLANEOUS REQUIREMENTS

10.1	Earthing of machines	101
10.2	Shaft-end key(s)	103

SECTION 11: TOLERANCES

11	Tolerances	105
----	------------------	-----

Figures	Pages
1 Service continu – Service type S1.....	108
2 Service temporaire – Service type S2.....	109
3 Service intermittent périodique – Service type S3.....	110
4 Service intermittent périodique à démarrage – Service type S4	111
5 Service intermittent périodique à freinage électrique – Service type S5.....	112
6 Service ininterrompu périodique à charge intermittente – Service type S6.....	113
7 Service ininterrompu périodique à freinage électrique – Service type S7.....	114
8 Service ininterrompu périodique à changements liés de charge et de vitesse – Service type S8	115
9 Service à variations non périodiques de charge et de vitesse – Service type S9	116
10 Service avec charges constantes distinctes – Service type S10	117
11 Valeurs limites de tension et fréquence pour les alternateurs	118
12 Valeurs limites de tension et fréquence pour les moteurs	118
13 Courbe de pondération pour le calcul du FHT	119

Annexes

A Guide pour l'application du service type S10 et pour l'obtention de la valeur relative de l'espérance de vie thermique TL	120
B Références croisées entre la neuvième édition et la dixième édition	122

Figures	Page
1 Continuous running duty – Duty type S1	108
2 Short-time running duty – Duty type S2.....	109
3 Intermittent periodic duty – Duty type S3.....	110
4 Intermittent periodic duty with starting – Duty type S4	111
5 Intermittent periodic duty with electric braking – Duty type S5	112
6 Continuous operation periodic duty – Duty type S6	113
7 Continuous operation periodic duty with electric braking – Duty type S7	114
8 Continuous operation periodic duty with related load/speed changes – Duty type S8	115
9 Duty with non-periodic load and speed variations – Duty type S9	116
10 Duty with discrete constant loads – Duty type S10	117
11 Voltage and frequency limits for generators	118
12 Voltage and frequency limits for motors	118
13 Weighting curve for computing THF	119

Annexes

A Guidance for the application of duty type S10 and for establishing the value of relative thermal life expectancy TL	121
B Cross-references between edition 9 and edition 10	122

INTRODUCTION

En 1991, le CE 2 a décidé de rédiger la CEI 34-1 pour en grouper les prescriptions en un ordre plus logique. Le résultat en est la dixième édition qui a maintenant priorité sur la neuvième édition.

Il n'y a pas de différence entre les prescriptions de la dixième édition et celles de la neuvième édition (incluant son amendement 1) et il est prévu qu'à court terme, d'autres amendements porteront simultanément sur la neuvième et la dixième édition.

La neuvième édition sera retirée d'ici moins de deux ans. Cela laissera le temps nécessaire à la mise à jour de toute autre norme se référant à des articles particuliers de la CEI 34-1 et permettra aux utilisateurs de la norme de faire les changements qu'ils jugeront nécessaires dans leur propre documentation.

Pour faciliter ce changement, les références croisées (dans les deux sens) sont données en annexe B.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60034-1:1996

INTRODUCTION

In 1991, TC2 decided to edit IEC 34-1 to group the requirements in a more logical order. The result is edition 10 which now takes precedence over edition 9.

There is no difference between the technical requirements of edition 10 and of edition 9 (including amendment number 1) and it is intended that in the short term any further amendments will be introduced simultaneously in edition 9 and edition 10.

Edition 9 will be withdrawn within two years. This will allow time for the updating of any other standards which refer to specific clauses of IEC 34-1 and for users of the standard to make such changes as they judge necessary in their own documentation.

To facilitate these processes, cross-references (both ways) are listed in annex B.

Withdrawn
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60034-1:1996

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 concernant les questions techniques, représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels 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.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

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

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
2/933/FDIS	2/969/RVD

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

Les annexes A et B sont données uniquement à titre d'information.

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 co-operation 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 express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are 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.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

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

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

FDIS	Report on voting
2/933/FDIS	2/969/RVD

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

Annexes A and B are for information only.

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement

Section 1: Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente norme est applicable à toutes les machines électriques 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 aéronautiques, tous les autres articles restent valables, pour autant qu'ils ne soient pas en contradiction avec ces spécifications particulières.

1.2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions 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. Tout document normatif est sujet 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 documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

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

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

CEI 34-2: 1972, *Machines électriques tournantes – Partie 2: 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 – Partie 3: Règles spécifiques pour les turbomachines synchrones*

CEI 34-5: 1991, *Machines électriques tournantes – Partie 5: 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)*

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

Part 1: Rating and performance

Section 1: General

1.1 Scope

This standard is applicable to all rotating electrical machines except those covered by other IEC standards – for example, IEC 349.

Machines within the scope of this standard may also be subject 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 27-1: 1992, *Letter symbols to be used in electrical technology – Part 1: General*

IEC 27-4: 1985, *Letter symbols to be used in electrical technology – Part 4: Symbols for quantities to be used for 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*

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)*

CEI 34-12: 1980, *Machines électriques tournantes – Partie 12: 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 34-15: 1995, *Machines électriques tournantes – Partie 15: Niveaux de tension de tenue au choc des machines tournantes à courant alternatif à bobines stator préformées*

CEI 34-17: 1992, *Machines électriques tournantes – Partie 17: Guide d'application des moteurs à induction à cage alimentés par convertisseurs*

CEI 38: 1983, *Tensions normales de la CEI*

CEI 50(411): 1996, *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 364-4-41: 1992, *Installations électriques des bâtiments – Partie 4: Protection pour assurer la sécurité – 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: 1973, *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.*

Section 2: Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions de la CEI 50(411) s'appliquent ainsi que les définitions ci-après.

Pour des définitions autres que celles de 2.17 à 2.22 concernant les modes et les fluides de refroidissement, se référer à la CEI 34-6.

Au sens de la présente norme, le terme «accord» signifie «accord entre le constructeur et l'acheteur».

2.1 valeur assignée: Valeur d'une grandeur fixée, généralement par le constructeur, pour un fonctionnement spécifié d'une machine. [VEI 411-51-23]

2.2 caractéristiques assignées: Ensemble des valeurs assignées et des conditions de fonctionnement. [VEI 411-51-24]

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 34-15: 1995, *Rotating electrical machines – Part 15: Impulse voltage withstand levels of rotating a.c. machines with form-wound stator coils*

IEC 34-17: 1992, *Rotating electrical machines – Part 17: Guide for the application of cage induction motors when fed from converters*

IEC 38: 1983, *IEC standard voltages*

IEC 50(411): 1996, *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 364-4-41: 1992, *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 for an alphanumeric system*

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

IEC 971: 1989, *Semiconductor converters. Identification code for convertor connections*

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

Section 2: Definitions

For the purpose of this International Standard, the definitions in IEC 50(411) and the following definitions apply.

For definitions, other than those in 2.17 to 2.22, concerning cooling and coolants, reference should be made to IEC 34-6.

For the purpose of this standard, the term 'agreement' means 'agreement between the manufacturer and purchaser'.

2.1 rated value: A quantity value assigned, generally by a manufacturer, for a specified operating condition of a machine. [IEV 411-51-23]

2.2 rating: The set of rated values and operating conditions. [IEV 411-51-24]

2.3 **puissance assignée:** Valeur de la puissance incluse dans les caractéristiques assignées.

2.4 **charge:** Ensemble des valeurs des grandeurs électriques et mécaniques qui caractérisent les exigences imposées à une machine tournante par un circuit électrique ou un dispositif mécanique, à un instant donné. [VEI 411-51-01]

2.5 **fonctionnement à vide:** Etat de fonctionnement d'une machine tournant à puissance nulle (mais les autres conditions étant les conditions normales de fonctionnement). [VEI 411-51-02 modifié]

2.6 **pleine charge:** Charge amenant une machine à fonctionner à ses caractéristiques assignées. [VEI 411-51-10]

2.7 **valeur de pleine charge:** Valeur d'une grandeur pour une machine fonctionnant à pleine charge. [VEI 411-51-11]

NOTE – Cette notion est applicable à la puissance, 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. [VEI 411-51-03]

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. [VEI 411-51-06]

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. [VEI 411-51-13]

2.11 **facteur de marche:** Rapport entre la période de fonctionnement en charge, y compris le démarrage et le freinage électrique, à la durée du cycle de service, exprimé en pourcentage. [VEI 411-51-09]

2.12 **couple à rotor bloqué:** Couple mesuré le plus faible que développe le moteur sur son bout d'arbre d'entraînement, quand son rotor est maintenu bloqué quelle que soit sa position angulaire et qu'il est alimenté à tension et fréquence assignées. [VEI 411-48-06]

2.13 **courant à rotor bloqué:** Valeur efficace la plus élevée du courant en régime établi, absorbé par le moteur lorsqu'il est alimenté aux tension et fréquence assignées et que son rotor est maintenu bloqué quelle que soit sa position angulaire. [VEI 411-48-16]

2.14 **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 de cette définition.

2.3 **rated output:** The value of the output included in the rating.

2.4 **load:** All the values of the electrical and mechanical quantities that signify the demand made on a rotating machine by an electrical circuit or a mechanism at a given instant. [IEV 411-51-01]

2.5 **no-load (operation):** The state of a machine rotating with zero output power (but under otherwise normal operating conditions). [IEV 411-51-02, modified]

2.6 **full load:** The load which causes a machine to operate at its rating. [IEV 411-51-10]

2.7 **full load value:** A quantity value for a machine operating at full load. [IEV 411-51-11]

NOTE – This concept applies to power, torque, current, speed, etc.

2.8 **rest and de-energized:** The complete absence of all movement and of all electrical supply or mechanical drive. [IEV 411-51-03]

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. [IEV 411-51-06]

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. [IEV 411-51-13]

2.11 **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. [IEV 411-51-09]

2.12 **locked-rotor torque:** The smallest measured torque the motor develops at its shaft and with the rotor locked, over all its angular positions at rated voltage and frequency. [IEV 411-48-06]

2.13 **locked rotor current:** The greatest steady-state r.m.s. current taken from the line with the motor held at rest, over all angular positions of its rotor, at rated voltage and frequency. [IEV 411-48-16]

2.14 **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 this definition.

2.15 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.

2.16 couple de décrochage synchrone (d'un moteur): 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.

2.17 refroidissement: Opération par laquelle de la chaleur provenant des pertes produites dans une machine est cédée à un fluide de refroidissement primaire qui peut être continûment remplacé ou être lui-même refroidi dans un échangeur de chaleur par un fluide de refroidissement secondaire. [VEI 411-44-01]

2.18 fluide de refroidissement: Fluide, liquide ou gaz, par l'intermédiaire duquel la chaleur est transférée. [VEI 411-44-02]

2.19 fluide de refroidissement primaire: Fluide, liquide ou gaz, qui, se trouvant à une température inférieure à celle des pièces de la machine et en contact avec celles-ci, transporte la chaleur cédée par ces pièces. [VEI 411-44-03]

2.20 fluide de refroidissement secondaire: Fluide, liquide ou gaz, qui, se trouvant à une température inférieure à celle du fluide de refroidissement primaire, transporte la chaleur cédée par ce fluide primaire au moyen d'un échangeur de chaleur ou à travers la surface extérieure de la machine. [VEI 411-44-04]

2.21 enroulement à refroidissement direct (refroidissement interne)¹⁾: 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. [VEI 411-44-08]

2.22 enroulement à refroidissement indirect ¹⁾: Tout enroulement autre qu'un enroulement à refroidissement direct. [VEI 411-4-09]

2.23 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.

2.24 moment d'inertie: Somme (intégrale) des produits des masses élémentaires d'un corps par le carré de leurs distances (radiales) par rapport à un axe donné.

2.25 équilibre thermique: Etat atteint lorsque les échauffements des diverses parties de la machine ne varient pas de plus d'un gradient de 2 K par heure. [VEI 411-51-08]

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. [VEI 411-39-06]

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

2.15 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.

2.16 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.

2.17 cooling: A procedure by means of which heat resulting from losses occurring in a machine is given up to a primary coolant, which may be continuously replaced or may itself be cooled by a secondary coolant in a heat exchanger. [IEV 411-44-01]

2.18 coolant: A medium, liquid or gas, by means of which heat is transferred. [IEV 411-44-02]

2.19 primary coolant: A medium, liquid or gas, which, being at a lower temperature than a part of a machine and in contact with it, removes heat from that part. [IEV 411-44-03]

2.20 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 or through the external surface of the machine. [IEV 411-44-03]

2.21 direct cooled (inner cooled) winding¹⁾: 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. [IEV 411-44-08]

2.22 indirect cooled winding¹⁾: Any winding other than a direct cooled winding. [IEV 411-44-09]

2.23 supplementary insulation: An independent insulation applied in addition to the main insulation in order to ensure protection against electric shock in the event of failure of the main insulation.

2.24 moment of inertia: The sum (integral) of the products of the mass elements of a body and the squares of their distances (radii) from a given axis.

2.25 thermal equilibrium: The state reached when the temperature rises of the several parts of the machine do not vary by more than a gradient of 2 K per hour. [IEV 411-51-08]

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. [IEV 411-39-06]

¹⁾ In all cases when 'indirect' or 'direct' is not stated, an indirect cooled winding is implied.

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_{moyN} (valeur moyenne intégrée sur une période) aux conditions assignées:

$$k_{fN} = \frac{I_{\text{eff.maxN}}}{I_{\text{moyN}}}$$

2.29 facteur d'ondulation du courant: Rapport 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_{moy} (valeur moyenne intégrée sur une période):

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

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.

Section 3: Services

3.1 Spécification du service

C'est à l'acheteur qu'incombe la responsabilité de spécifier le service. L'acheteur peut décrire le service par l'une des méthodes suivantes:

- a) numériquement, si la charge ne varie pas ou varie de façon connue;
- b) graphiquement, par une représentation des grandeurs variables en fonction du temps;
- c) en choisissant l'un des services types S1 à S10 qui est au moins aussi sévère que le service prévu.

Le service type peut être désigné par l'abréviation appropriée spécifiée en 3.2, à la suite de la valeur de la charge.

Une formulation du facteur de marche est indiquée sous chaque figure appropriée de service type.

Normalement l'acheteur ne peut pas fournir une valeur au moment d'inertie du moteur (J_M) ni à l'espérance de vie thermique en valeur relative (TL), voir annexe A. Ces valeurs sont fournies par le constructeur.

Lorsque l'acheteur ne stipule pas de service, le constructeur doit considérer que le service type S1 (service continu) est applicable.

3.2 Services types

Les services types S1 à S10 ont été définis principalement en vue de leur application aux moteurs, toutefois certains d'entre eux peuvent également être utilisés pour caractériser le service d'une génératrice (par exemple les services types S1, S2 et S10).

2.28 rated form factor of direct current supplied to a d.c. motor armature from a static power converter: The ratio of the r.m.s. maximum permissible value of the current $I_{\text{rms, maxN}}$ to its average value I_{avN} (mean value integrated over one period) at rated conditions:

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

2.29 current ripple factor: The ratio 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):

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

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

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

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: Duty

3.1 Declaration of duty

It is the responsibility of the purchaser to declare the duty. The purchaser may describe the duty by one of the following:

- a) numerically, where the load does not vary or where it varies in a known manner;
- b) as a time sequence graph of the variable quantities;
- c) by selecting one of the duty types S1 to S10 that is no less onerous than the expected duty.

The duty type shall be designated by the appropriate abbreviation, specified in 3.2, written after the value of the load.

An expression for the cyclic duration factor is given in the relevant duty type figure.

The purchaser normally cannot provide values for the moment of inertia of the motor (J_M) or the relative thermal life expectancy (TL), see annex A. These values are provided by the manufacturer.

Where the purchaser does not declare a duty, the manufacturer shall assume that duty type S1 (continuous running duty) applies.

3.2 Duty types

Duty types S1 to S10 are intended to apply primarily to motors; however certain of them, for example, S1, S2, and S10 may also be applied to generators.

3.2.1 Service type S1 – Service continu

Fonctionnement à charge constante maintenue pendant une durée suffisante pour que la machine atteigne l'équilibre thermique, voir figure 1.

L'abréviation appropriée est S1.

3.2.2 Service type S2 – Service temporaire

Fonctionnement à charge constante pendant un temps déterminé, moindre que celui requis pour atteindre l'équilibre thermique, suivi d'un temps 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.

L'abréviation appropriée est S2, suivi de la valeur de la durée du service.

Exemple: S2 60 min.

3.2.3 Service type S3 – Service intermittent périodique ²⁾

Suite de cycles de service identiques comprenant chacun un temps de fonctionnement à charge constante et un temps 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.

L'abréviation appropriée est S3, suivi de la valeur du facteur de marche.

Exemple: S3 25 %.

3.2.4 Service type S4 – Service intermittent périodique à démarrage ²⁾

Suite de cycles de service identiques comprenant chacun un temps non négligeable de démarrage, un temps de fonctionnement à charge constante et un temps de repos, voir figure 4.

L'abréviation appropriée est S4, suivi des valeurs du facteur de charge, 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 % $J_M = 0,15 \text{ kg} \times \text{m}^2$ $J_{ext} = 0,7 \text{ kg} \times \text{m}^2$

3.2.5 Service type S5 – Service intermittent périodique à freinage électrique ²⁾

Suite de cycles de service identiques comprenant chacun un temps de démarrage, un temps de fonctionnement à charge constante, un temps de freinage électrique et un temps de repos, voir figure 5.

L'abréviation appropriée est S5, suivi des valeurs 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: S5 25 % $J_M = 0,15 \text{ kg} \times \text{m}^2$ $J_{ext} = 0,7 \text{ kg} \times \text{m}^2$

²⁾ Un service type périodique implique que l'équilibre thermique n'est pas atteint pendant la période de charge.

3.2.1 Duty type S1 – Continuous running duty

Operation at a constant load maintained for sufficient time to allow the machine to reach thermal equilibrium, see figure 1.

The appropriate abbreviation is S1.

3.2.2 Duty type S2 – Short-time duty

Operation at constant load for a given time, less than that required to reach thermal equilibrium, followed by a time at rest and de-energized, of sufficient duration to re-establish machine temperatures within 2 K of the coolant temperature, see figure 2.

The appropriate abbreviation is S2, followed by an indication of the duration of the duty,

Example: S2 60 min

3.2.3 Duty type S3 – Intermittent periodic duty ²⁾

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

The appropriate abbreviation is S3, followed by the cyclic duration factor.

Example: S3 25%

3.2.4 Duty type S4 – Intermittent periodic duty with starting ²⁾

A sequence of identical duty cycles, each cycle including a significant starting time, a time of operation at constant load and a time at rest and de-energized, see figure 4.

The appropriate abbreviation is S4, followed by the cyclic duration factor, 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% $J_M = 0,15 \text{ kg} \times \text{m}^2$ $J_{ext} = 0,7 \text{ kg} \times \text{m}^2$

3.2.5 Duty type S5 – Intermittent periodic duty with electric braking ²⁾

A sequence of identical duty cycles, each cycle consisting of a starting time, a time of operation at constant load, a time of electric braking and a time at rest and de-energized, see figure 5.

The appropriate abbreviation is S5, followed by the cyclic duration factor, 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: S5 25% $J_M = 0,15 \text{ kg} \times \text{m}^2$ $J_{ext} = 0,7 \text{ kg} \times \text{m}^2$

²⁾ Periodic duty implies that thermal equilibrium is not reached during the time on load.

3.2.6 Service type S6 – Service ininterrompu périodique à charge intermittente ²⁾

Suite de cycles de service identiques comprenant chacun un temps de fonctionnement à charge constante et un temps de fonctionnement à vide. Il n'y a pas de temps de repos, voir figure 6.

L'abréviation appropriée est S6, suivi de la valeur du facteur de marche.

Exemple: S6 40 %

3.2.7 Service type S7 – Service ininterrompu périodique à freinage électrique ²⁾

Suite de cycles de service identiques comprenant chacun un temps de démarrage, un temps de fonctionnement à charge constante et un temps de freinage électrique. Il n'y a pas de temps de repos, voir figure 7.

L'abréviation appropriée est S7 suivi des valeurs 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 $J_M = 0,4 \text{ kg} \times \text{m}^2$ $J_{ext} = 7,5 \text{ kg} \times \text{m}^2$

3.2.8 Service type S8 – Service ininterrompu périodique à changements liés de charge et de vitesse ²⁾

Suite de cycles de service identiques comprenant chacun un temps de fonctionnement à charge constante correspondant à une vitesse de rotation prédéterminée, suivie d'un ou plusieurs temps 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 temps de repos (voir figure 8).

L'abréviation appropriée est S8 suivi des valeurs 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 $J_M = 0,5 \text{ kg} \times \text{m}^2$ $J_{ext} = 6 \text{ kg} \times \text{m}^2$	16 kW	740 min ⁻¹	30 %
	40 kW	1 460 min ⁻¹	30 %
	25 kW	980 min ⁻¹	40 %

3.2.9 Service type S9 – Service à variations non périodiques de charge et de vitesse

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

L'abréviation appropriée est S9.

Pour ce service type, une charge constante, judicieusement choisie et basée sur le service type S1, est prise comme valeur de référence (« P_{ref} » dans la figure 9) pour la notion de surcharge.

²⁾ Un service type périodique implique que l'équilibre thermique n'est pas atteint pendant la période de charge.

3.2.6 Duty type S6 – Continuous-operation periodic duty ²⁾

A sequence of identical duty cycles, each cycle consisting of a time of operation at constant load and a time of operation at no-load. There is no time at rest and de-energized, see figure 6.

The appropriate abbreviation is S6, followed by the cyclic duration factor.

Example: S6 40 %

3.2.7 Duty type S7 – Continuous-operation periodic duty with electric braking ²⁾

A sequence of identical duty cycles, each cycle consisting of a starting time, a time of operation at constant load and a time of electric braking. There is no time at rest and de-energized, see figure 7.

The appropriate abbreviation is S7, 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 $J_M = 0,4 \text{ kg} \times \text{m}^2$ $J_{ext} = 7,5 \text{ kg} \times \text{m}^2$

3.2.8 Duty type S8 – Continuous-operation periodic duty with related load/speed changes ²⁾

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

The appropriate abbreviation is S8, 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 $J_M = 0,5 \text{ kg} \times \text{m}^2$ $J_{ext} = 6 \text{ kg} \times \text{m}^2$

16 kW	740 min ⁻¹	30 %
40 kW	1 460 min ⁻¹	30 %
25 kW	980 min ⁻¹	40 %

3.2.9 Duty type S9 – Duty with non-periodic load and speed variations

A duty in which generally load and speed vary non-periodically within the permissible operating range. This duty includes frequently applied overloads that may greatly exceed the reference load (see figure 9).

The appropriate abbreviation is S9.

For this duty type a constant load appropriately selected and based on duty type S1 is taken as the reference value (" P_{ref} " in figure 9) for the overload concept.

²⁾ Periodic duty implies that thermal equilibrium is not reached during the time on load.

3.2.10 Service type S10 – Service avec charges constantes distinctes

Service comprenant au plus quatre valeurs distinctes de charges (ou charges équivalentes), chaque charge étant maintenue pendant une durée suffisante pour permettre à la machine d'atteindre 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).

L'abréviation appropriée est S10, suivi des valeurs réduites (p.u.) $p/\Delta t$ pour les différentes charges et leurs durées respectives, et de la valeur réduite (p.u.) TL 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 pour service continu et aux limites admissibles d'échauffement basées sur le service type S1. Pour un 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

Il convient d'arrondir la valeur de TL 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.

Pour ce service type, une charge constante, judicieusement choisie et basée sur le service type S1, doit être prise comme valeur de référence (« P_{ref} » dans la figure 10) pour les charges distinctes.

NOTE – 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 relative.

Section 4: Caractéristiques assignées

4.1 Attribution des caractéristiques assignées

Les caractéristiques assignées, définies en 2.2, doivent être attribuées par le constructeur. En attribuant les caractéristiques assignées, le constructeur doit choisir l'une des classes de caractéristiques assignées définies de 4.2.1 à 4.2.6. La valeur de la puissance assignée doit être suivie par la désignation d'un service. Si aucune désignation n'est stipulée, les caractéristiques assignées pour service continu sont applicables.

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

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

Une attention spéciale est demandée lors de l'attribution de caractéristiques assignées à des machines alimentées par, ou alimentant, des convertisseurs statiques. La CEI 34-17 donne des conseils pour le cas des moteurs à induction à cage couverts par la CEI 34-12.

4.2 Classes de caractéristiques assignées

4.2.1 Caractéristiques assignées pour service continu

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

3.2.10 Duty type S10 – Duty with discrete constant loads

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).

The appropriate abbreviation is S10, followed by the p.u. quantities $p/\Delta t$ for the respective load and its duration and the p.u. quantity TL for the relative thermal life expectancy of the insulation system. The reference value for the thermal life expectancy is the thermal life expectancy at rating for continuous running duty and permissible limits of temperature rise based on duty type S1. For a time at rest and de-energized, the load shall be indicated by the 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 should be rounded off to the nearest multiple of 0,05. Advice concerning the significance of this parameter and the derivation of its value is given in annex A.

For this duty type a constant load appropriately selected and based on duty type S1 shall be taken as the reference value (P_{ref} in figure 10) for the discrete loads.

NOTE – 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 relative thermal life expectancy.

Section 4: Rating

4.1 Assignment of rating

The rating, as defined in 2.2, shall be assigned by the manufacturer. In assigning the rating the manufacturer shall select one of the classes of rating defined in 4.2.1 to 4.2.6. The designation of the class of rating shall be written after the rated output. If no designation is stated, rating for continuous running duty applies.

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.

Special considerations are required when assigning ratings to machines fed from or supplying static converters. IEC 34-17 gives guidance for the case of cage induction motors covered in IEC 34-12.

4.2 Classes of rating

4.2.1 Rating for continuous running duty

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

Cette classe de caractéristiques assignées correspond au service type S1 et est désignée comme le service type S1.

4.2.2 *Caractéristiques assignées pour service 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.

Cette classe de caractéristiques assignées correspond au service type S2 et est désignée comme le service type S2.

4.2.3 *Caractéristiques assignées pour service 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 correspond à l'un des services types périodiques S3 à S8 et est désignée comme le service type correspondant.

Sauf spécifications contraires, 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 %.

4.2.4 *Caractéristiques assignées pour service 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 correspond au service type non périodique S9 et est désignée comme le service type S9.

4.2.5 *Caractéristiques assignées pour service avec charges constantes distinctes*

Caractéristiques assignées auxquelles la machine peut fonctionner avec l'association des charges du service type S10, 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 relative, 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 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.

Cette classe de caractéristiques assignées correspond au service type S10 et est désignée comme le service type S10.

NOTE – D'autres normes appropriées de la CEI peuvent spécifier la charge maximale en termes de limitation de la température (ou d'échauffement) d'enroulement au lieu d'une valeur relative de la charge basée sur le service type S1.

This class of rating corresponds to duty type S1 and is designated as for the duty type S1.

4.2.2 *Rating for short-time duty*

A rating at which the machine may be operated for a limited period, starting at ambient temperature, while complying with the requirements of this standard.

This class of rating corresponds to duty type S2 and is designated as for the duty type S2.

4.2.3 *Rating for periodic duty*

A rating at which the machine may be operated on duty cycles, while complying with the requirements of this standard.

This class of rating corresponds to one of the periodic duty types S3 to S8 and is designated as for the corresponding duty type.

Unless otherwise specified, 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 %

4.2.4 *Rating for non-periodic duty*

A rating at which the machine may be operated non-periodically while complying with the requirements of this standard.

This class of rating corresponds to the non-periodic duty type S9 and is designated as for the duty type S9.

4.2.5 *Rating for duty with discrete constant loads*

A rating at which the machine may be operated with the associated loads of duty type S10 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 relative 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 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.

This class of rating corresponds to the duty type S10 and is designated as for the duty type S10.

NOTE – Other relevant IEC standards may specify the maximum load in terms of limiting winding temperature (or temperature rise) instead of per unit load based on duty type S1.

4.2.6 *Caractéristiques assignées pour charge équivalente*

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 S3 à S10, et conformément aux prescriptions de la présente norme.

Le cas échéant, cette classe de caractéristiques assignées est désignée «équ».

4.3 **Choix d'une classe de caractéristiques assignées**

Une machine construite en vue d'un usage général doit avoir des caractéristiques assignées pour service continu et être capable de fonctionner en service type S1.

Si le service n'a pas été spécifié par l'acheteur, le service type S1 est applicable et les caractéristiques assignées doivent être des caractéristiques assignées pour service continu.

Lorsqu'une machine est prévue pour des caractéristiques assignées pour service temporaire, les caractéristiques assignées doivent être basées sur le service type S2, voir 3.2.2.

Lorsqu'une machine est prévue pour fonctionner à des charges variables ou des charges comprenant un temps de fonctionnement à vide ou des temps pendant lesquelles la machine est à l'état de repos, les caractéristiques assignées doivent être des caractéristiques assignées pour service périodique basées sur un service type choisi parmi les services types S3 à S8, voir 3.2.3 à 3.2.8.

Lorsqu'une machine est prévue pour fonctionner de façon non périodique à des charges variables à des vitesses variables, y compris à des surcharges, les caractéristiques assignées doivent être des caractéristiques assignées pour service non périodique basées sur le service type S9, voir 3.2.9.

Lorsqu'une machine est prévue pour fonctionner à des charges constantes distinctes comprenant des temps de surcharge ou des temps de marche à vide (ou de repos) les caractéristiques assignées doivent être des caractéristiques assignées pour service avec charges constantes distinctes basées sur le service type S10, voir 3.2.10.

4.4 **Attribution de la puissance à une classe de caractéristiques assignées**

Dans la détermination des caractéristiques assignées:

Pour les services types S1 à S8, la ou les valeurs spécifiées des charges constantes doivent être les puissances assignées; voir 3.2.1 à 3.2.8.

Pour les services types S9 et S10, la valeur de référence de la charge basée sur le service type S1 doit être prise comme puissance assignée, voir 3.2.9 et 3.2.10.

4.5 **Puissance assignée**

4.5.1 *Génératrices à courant continu*

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

4.5.2 *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.

4.2.6 *Rating for equivalent loading*

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 duty types S3 to S10 while complying with the requirements of this standard.

This class of rating, if applied, is designated 'equ'.

4.3 **Selection of a class of rating**

A machine manufactured for general purpose shall have a rating for continuous running duty and be capable of performing duty type S1.

If the duty has not been specified by the purchaser, duty type S1 applies and the rating assigned shall be a rating for continuous running duty.

When a machine is intended to have a rating for short-time duty, the rating shall be based on duty type S2, see 3.2.2.

When a machine is intended to supply varying loads or loads including a time of no-load or times where the machine will be in a state of rest and de-energized, the rating shall be a rating for periodic duty based on a duty type selected from duty types S3 to S8, see 3.2.3 to 3.2.8.

When a machine is intended non-periodically to supply variable loads at variable speeds, including overloads, the rating shall be a rating for non-periodic duty based on duty type S9, see 3.2.9.

When a machine is intended to supply discrete constant loads including times of overload or times of no-load (or rest and de-energized) the rating shall be a rating with discrete constant loads based on duty type S10, see 3.2.10.

4.4 **Allocation of outputs to class of rating**

In the determination of the rating:

For duty types S1 to S8, the specified value(s) of the constant load(s) shall be the rated output(s), see 3.2.1 to 3.2.8.

For duty types S9 and S10, the reference value of the load based on duty type S1 shall be taken as the rated output, see 3.2.9 and 3.2.10.

4.5 **Rated output**

4.5.1 *DC generators*

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

4.5.2 *AC generators*

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

Le facteur de puissance assigné des alternateurs synchrones doit être surexcité de 0,8, sauf spécification contraire.

4.5.3 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).

4.5.4 Compensateurs synchrones

La puissance assignée est la puissance réactive aux bornes; elle doit être exprimée en voltampères réactifs (var) soit en régime sous-excité soit en régime surexcité.

4.6. Tension assignée

4.6.1 Généralités

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

4.6.2 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, être applicables à la limite supérieure de la plage de tensions, voir également 6.3.

4.6.3 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, être applicables à toute tension de la plage (voir également 6.3).

4.7 Coordination des tensions et des puissances

En pratique on ne construit pas des machines de toutes caractéristiques assignées et de toutes tensions assignées. En général, pour les machines à courant alternatif, en se basant sur des considérations de conception et de fabrication, les tensions assignées préférables supérieures à 1 kV sont indiquées ci-dessus, en fonction des puissances assignées.

Tension assignée kV	Puissance assignée minimale kW (ou kVA)
$1,0 < U_N \leq 3,0$	100
$3,0 < U_N \leq 6,0$	150
$6,0 < U_N \leq 11,0$	800
$11,0 < U_N \leq 15,0$	2 500

The rated power factor for synchronous generators shall be 0,8 lagging (over-excited) unless otherwise specified.

4.5.3 Motors

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

NOTE – It is the practice in some countries for the mechanical power available at the shafts of motors to be expressed in horsepower (1 h.p. is equivalent to 745,7 W; 1 ch (cheval or metric horsepower) is equivalent to 736 W).

4.5.4 Synchronous condensers

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

4.6 Rated voltage

4.6.1 General

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

4.6.2 DC generators

For d.c. generators intended to operate over a relatively small range of voltage, the rated output and current shall apply at the highest voltage of the range, unless otherwise specified, see also 6.3.

4.6.3 AC generators

For a.c. generators intended to operate over a relatively small range of voltage, the rated output and power factor shall apply at any voltage within the range, unless otherwise specified (see also 6.3).

4.7 Coordination of voltages and outputs

It is not practical to build machines of all ratings for all rated voltages. In general, for a.c. machines, based on design and manufacturing considerations, preferred voltage ratings above 1 kV in terms of rated output are as follows:

Rated voltage kV	Minimum rated output kW (or kVA)
$1,0 < U_N \leq 3,0$	100
$3,0 < U_N \leq 6,0$	150
$6,0 < U_N \leq 11,0$	800
$11,0 < U_N \leq 15,0$	2 500

4.8 Machines à plus d'un ensemble de caractéristiques assignées

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.

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

Quand une grandeur assignée (puissance, tension, vitesse, etc.) peut avoir plusieurs valeurs ou varier constamment entre deux limites, les caractéristiques assignées doivent être attribuées à ces valeurs ou limites. Cette disposition ne s'applique ni aux variations de tension et de fréquence en fonctionnement définies en 6.3, ni au montage étoile-triangle pour le démarrage.

Section 5: Conditions de fonctionnement sur site

5.1 Généralités

Sauf spécifications contraires, les machines doivent être appropriées aux conditions de fonctionnement sur site données ci-dessous. Pour des conditions de fonctionnement sur site différentes de ces valeurs, des corrections sont données en 7.

5.2 Altitude

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

5.3 Température maximale de l'air ambiant

La température de l'air ambiant ne doit pas dépasser 40 °C.

5.4 Température minimale de l'air ambiant

La température de l'air ambiant ne doit pas être inférieure à –15 °C, quelle que soit la machine.

Pour une machine possédant un des éléments suivants:

- a) une puissance assignée supérieure à 3 300 kW (ou kVA) par 1 000 min⁻¹;
- b) une puissance assignée inférieure à 600 W (ou VA);
- c) un collecteur;
- d) un palier à coussinet;
- e) l'eau comme fluide de refroidissement primaire ou secondaire,

la température minimale de l'air ambiant ne doit pas être inférieure à 0 °C.

5.5 Température de l'eau de refroidissement

La température de l'eau de refroidissement à l'entrée d'une machine ou d'un échangeur de chaleur ne doit pas dépasser +25 °C ou être inférieure à +5 °C.

4.8 Machines with more than one rating

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

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

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 and frequency variations during operation as defined in 6.3 or to star-delta connections intended for starting.

Section 5: Site operating conditions

5.1 General

Unless otherwise specified machines shall be suitable for the following site operation conditions. For site operating conditions deviating from those values corrections are given in 7.

5.2 Altitude

The altitude shall not exceed 1 000 m above sea level.

5.3 Maximum ambient air temperature

The ambient air temperature shall not exceed 40 °C.

5.4 Minimum ambient air temperature

The ambient air temperature shall not be less than –15 °C for any machine.

For a machine with any of the following:

- a) rated output greater than 3 300 kW (or kVA) per 1 000 min⁻¹;
- b) rated output less than 600 W (or VA);
- c) a commutator;
- d) a sleeve bearing;
- e) water as a primary or secondary coolant,

the ambient air temperature shall not be less than 0 °C.

5.5 Water coolant temperature

The water coolant temperature at the inlet to a machine or heat exchanger shall not exceed +25 °C nor be less than +5 °C.

5.6 Stockage et transport

Quand des températures inférieures à celles spécifiées en 5.4 sont susceptibles de se produire durant le transport, le stockage ou après installation, l'acheteur doit informer le constructeur et spécifier la température minimale prévue.

5.7 Pureté de l'hydrogène de refroidissement

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. Les pertes par ventilation doivent être calculées pour la densité correspondante.

Section 6: Conditions de fonctionnement électriques

6.1 Alimentation électrique

Les machines triphasées à courant alternatif, 50 Hz ou 60 Hz, doivent avoir des tensions déduites des tensions nominales données dans 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.

Pour les moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseurs statiques, ces restrictions sur la tension, la fréquence et la forme d'onde ne sont pas applicables. Dans ce cas le choix des tensions assignées doit se faire par accord.

6.2 Forme et symétrie des tensions et des courants

6.2.1 Moteurs à courant alternatif

6.2.1.1 Les moteurs à courant alternatif ayant parmi leur caractéristiques assignées le fonctionnement sur une alimentation à fréquence fixe, alimentée par un alternateur (localement ou à travers un réseau de distribution) doivent pouvoir fonctionner sous une tension d'alimentation dont le facteur harmonique de tension (HVF) est inférieur ou égal à

0,02 pour les moteurs monophasés et les moteurs triphasés, y compris les moteurs synchrones mais en excluant les moteurs de concept N (voir la CEI 34-12), sauf déclaration contraire du constructeur.

0,03 pour les moteurs de conception N.

5.6 Storage and transport

When temperatures lower than specified in 5.4 are expected during transportation, storage, or after installation, the purchaser shall inform the manufacturer and specify the expected minimum temperature.

5.7 Purity of hydrogen coolant

Hydrogen cooled machines shall be capable of operating at 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. Windage losses shall be calculated at the corresponding density.

Section 6: Electrical operating conditions

6.1 Electrical supply

Three-phase a.c. machines, 50 Hz or 60 Hz, shall have 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.

For a.c. motors supplied from static converters these restrictions on voltage, frequency and waveform do not apply. In this case the rated voltages shall be selected by agreement.

6.2 Form and symmetry of voltages and currents

6.2.1 AC motors

6.2.1.1 AC motors rated for use on a power supply of fixed frequency, supplied from an a.c. generator (whether local or via a supply network) shall be suitable for operation on a supply voltage having a harmonic voltage factor (HVF) not exceeding

0,02 for single phase motors and three phase motors, including synchronous motors but excluding motors of design N (see IEC 34-12), unless the manufacturer declares otherwise.

0,03 for design N motors.

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 $n \leq 13$.

Les moteurs triphasés à courant alternatif doivent être appropriés au fonctionnement sur un système de tensions dont la composante inverse 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 dont la composante homopolaire n'excède pas 1 % de la composante directe.

Si les limites des valeurs du HVF et de la composante inverse et homopolaire 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 dans cette norme n'excède pas environ 10 K.

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 de prendre des dispositions spéciales.

6.2.1.2 Les moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseurs statiques doivent supporter un taux supérieur d'harmoniques de la tension d'alimentation; voir la CEI 34-17 pour le cas des moteurs à cage ouverts par la CEI 34-12.

NOTE – Si la tension d'alimentation est notablement non sinusoïdale, par exemple dans le cas d'alimentation par convertisseur statique, la valeur efficace de la forme d'onde totale et celle de l'onde fondamentale sont toutes deux appropriées lors de la détermination des caractéristiques de fonctionnement d'une machine à courant alternatif.

6.2.2 Alternateurs

Les alternateurs doivent être appropriés à l'alimentation de circuits qui sont pratiquement non-déformants et pratiquement équilibrés, c'est-à-dire, si, alimentés par une tension sinusoïdale, aucune des valeurs instantanées du courant ne diffère de la valeur instantanée correspondante de l'onde fondamentale de plus de 5 % de l'amplitude de cette dernière et si, alimentés par un système de tensions symétrique, ni la composante inverse, ni la composante homopolaire du système de courants ne dépasse 5 % de la composante directe.

Si les limites de déformation et d'équilibre 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 cette norme n'excède pas environ 10 K.

6.2.3 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 de 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 1, et de fonctionner, en cas de défaut à des valeurs du produit de $(I_2/I_N)^2$ par le temps (t) ne dépassant pas les valeurs du tableau 1.

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 $n \leq 13$.

Three-phase a.c. motors shall be suitable for operation on a three-phase voltage system having a negative-sequence component not exceeding 1 % of the positive-sequence component over a long period, or 1,5 % for a short period not exceeding a few minutes, and a zero-sequence component not exceeding 1 % of the positive-sequence component.

Should the limiting values of the HVF and of the negative-sequence and zero-sequence components 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 this standard should be not more than approximately 10 K.

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.

6.2.1.2 AC motors supplied from static converters have to tolerate higher harmonic contents of the supply voltage, see IEC 34-17 for the case of cage motors within the scope of IEC 34-12.

NOTE – When the supply voltage is significantly non-sinusoidal e.g. from static converters, the r.m.s. value of the total waveform and of the fundamental are both relevant in determining the performance of an a.c. machine.

6.2.2 AC generators

AC generators shall be suitable for supplying circuits which are virtually non-deforming and virtually balanced, that is to say, when supplied by a sinusoidal voltage, none of the instantaneous values of the current differ from the corresponding instantaneous value of the fundamental by more than 5 % of the amplitude of the latter, and when supplied by a balanced system of voltages, neither the negative-sequence component nor the zero-sequence component of the system of currents exceeds 5 % of the positive-sequence component.

Should the limits of deformation and balance 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 this standard should be not more than approximately 10 K.

6.2.3 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 1 and under fault conditions shall be capable of operation with the product of $(I_2/I_N)^2$ and time (t) not exceeding the values in table 1.

Tableau 1 – Conditions de fonctionnement déséquilibrées pour les machines synchrones

Point	Type de machine	Valeur maximale I_2/I_N pour un fonctionnement permanent	Valeur maximale $(I_2/I_N)^2 \times t$ en secondes pour fonctionnement en régime de défaut
Machines à pôles saillants			
1	Enroulements à refroidissement indirect		
	moteurs	0,1	20
	génératrices	0,08	20
	compensateurs synchrones	0,1	20
2	Enroulements à refroidissement direct (refroidissement interne) au stator et/ou à l'inducteur		
	moteurs	0,08	15
	génératrices	0,05	15
	compensateurs synchrones	0,08	15
Machines synchrones à rotor lisse			
3	Enroulements rotor à refroidissement indirect		
	par air	0,1	15
	par hydrogène	0,1	10
4	Enroulements rotor à refroidissement direct (refroidissement interne)		
	≤ 350 MVA	0,08	8
	$> 350 \leq 900$ MVA	Voir note 1	Voir note 2
	$> 900 \leq 1\,250$ MVA	Voir note 1	5
	$> 1\,250 \leq 1\,600$ MVA	0,05	5
NOTES			
1 Pour ces machines, la valeur I_2/I_N est calculée comme suit:			
$\frac{I_2}{I_N} = 0,08 - \frac{S_N - 350}{3 \times 10^4}$			
2 Pour ces machines, la valeur $(I_2/I_N)^2 \times t$, en secondes, est calculée comme suit:			
$(I_2/I_N)^2 \times t = 8 - 0,005\,45 (S_N - 350)$			
où (dans les deux notes) S_N est la puissance apparente assignée en mégavoltampères.			

6.2.4 Moteurs à courant continu alimentés par convertisseurs statiques de puissance

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.

Table 1 – Unbalanced operating conditions for synchronous machines

Item	Machine type	Maximum I_2/I_N value for continuous operation	Maximum $(I_2/I_N)^2 \times t$ in seconds for operation under fault conditions
Salient pole machines			
1	Indirect cooled windings		
	motors	0,1	20
	generators	0,08	20
	synchronous condensers	0,1	20
2	Direct cooled (inner cooled) stator and/or field windings		
	motors	0,08	15
	generators	0,05	15
	synchronous condensers	0,08	15
Cylindrical rotor synchronous machines			
3	Indirect cooled rotor windings		
	air-cooled	0,1	15
	hydrogen-cooled	0,1	10
4	Direct cooled (inner cooled) rotor windings		
	≤ 350 MVA	0,08	8
	$> 350 \leq 900$ MVA	See note 1	See note 2
	$> 900 \leq 1250$ MVA	See note 1	5
	$> 1250 \leq 1600$ MVA	0,05	5
NOTES			
1 For these machines, the value of I_2/I_N is calculated as follows:			
$\frac{I_2}{I_N} = 0,08 - \frac{S_N - 350}{3 \times 10^4}$			
2 For these machines, the value of $(I_2/I_N)^2 \times t$, in seconds is calculated as follows:			
$(I_2/I_N)^2 \times t = 8 - 0,00545 (S_N - 350)$			
where in the two notes, S_N is the rated apparent power in megavoltamperes.			

6.2.4 DC motors supplied from static power converters

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.

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:

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

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 à 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.

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

6.3 Variations de tension et de fréquence en fonctionnement

Pour les machines à courant alternatif ayant parmi leurs caractéristiques assignées le fonctionnement sur une alimentation à fréquence fixe, alimentée par un alternateur (localement ou à travers un réseau de distribution), les combinaisons des variations de tension et de fréquence sont classées en zone A ou en zone B, conformément à la figure 11 pour les alternateurs et à la figure 12 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 comme spécifié au tableau 2 de façon continue à l'intérieur de la zone A, mais peut ne pas satisfaire complètement à ses caractéristiques de fonctionnement à tension et fréquence assignées (voir le point des caractéristiques assignées sur les figures 11 et 12), et présenter certains écarts. Les échauffements peuvent être supérieurs à ceux à tension et fréquence assignées.

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.

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.

6.3 Voltage and frequency variations during operation

For a.c. machines rated for use on a power supply of fixed frequency supplied from an a.c. generator (whether local or via a supply network), combinations of voltage variation and frequency variation are classified as being either zone A or zone B, in accordance with figure 11 for generators and synchronous condensers, and figure 12 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, as specified in table 2, continuously within zone A, but need not comply fully with its performance at rated voltage and frequency (see rating point in figures 11 and 12), and may exhibit some deviations. Temperature rises may be higher than at rated voltage and frequency.

Une machine doit être capable d'assurer sa fonction principale à l'intérieur de la zone B, mais peut présenter des écarts supérieurs à ceux de la zone A par rapport à ses caractéristiques de fonctionnement à 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.

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 dépassent habituellement d'environ 10 K les limites 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.

Tableau 2 – Fonctions principales des machines

Point	Type de machine	Fonction principale
1	Alternateur, en excluant le point 5	Puissance assignée apparente (kVA), au facteur de puissance assigné s'il est à commande séparée
2	Moteur à courant alternatif, en excluant les points 3 et 5	Couple assigné (Nm)
3	Moteur synchrone en excluant le point 5	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
4	Compensateur synchrone, en excluant le point 5	Puissance apparente assignée (kVA) à l'intérieur de la zone applicable à une génératrice sauf accord contraire, voir figure 11
5	Turbo-alternateur de puissance assignée égale ou supérieure à 10 MVA	Voir CEI 34-3
6	Génératrice à courant continu	Puissance assignée (kW)
7	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

6.4 Machines triphasées à courant alternatif fonctionnant sur réseaux isolés

Les machines triphasées à courant alternatif doivent être capables de fonctionner en marche continue avec le neutre à un potentiel proche ou égal à celui de la terre.

Elles doivent être aussi capables de fonctionner sur des réseaux isolés ayant une phase au potentiel de la terre pendant des périodes de courtes durées très peu fréquentes, par exemple celles nécessaires pour affranchir normalement le défaut. S'il est prévu de faire fonctionner la machine en permanence, ou pendant de longues périodes, dans ces conditions, il est indispensable de prévoir une machine spéciale avec le niveau d'isolement approprié et ces conditions doivent être définies dans les instructions de fonctionnement.

NOTE – La mise à la terre ou l'interconnexion des 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.

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.

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 typically exceed the limits 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.

Table 2 – Primary functions of machines

Item	Machine type	Primary function
1	AC generator, excluding item 5	Rated apparent power (kVA), at rated power factor where this is separately controllable
2	AC motor, excluding items 3 and 5	Rated torque (Nm)
3	Synchronous motor, excluding item 5	Rated torque (Nm), the excitation maintaining either rated field current or rated power factor, where this is separately controllable
4	Synchronous condenser, excluding item 5	Rated apparent power (kVA) within the zone applicable to a generator, see figure 11, unless otherwise agreed
5	Turbine-type machine, with rated output ≥ 10 MVA	See IEC 34-3
6	DC generator	Rated output (kW)
7	DC motor	Rated torque (Nm), the excitation of a shunt motor maintaining rated speed, where this is separately controllable

6.4 Three-phase a.c. machines operating on unearthed systems

Three-phase 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.

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.

6.5 Niveaux de tenue en tension (crête et gradient)

Pour les moteurs à courant alternatif, le fabricant doit spécifier une valeur limite pour les crêtes de tension et les gradients de tension, en fonctionnement permanent.

Pour les moteurs à induction à cage couverts par la CEI 34-12, voir aussi la CEI 34-17.

Pour les moteurs à courant alternatif à haute tension, voir aussi la CEI 34-15.

Section 7: Caractéristiques thermiques de fonctionnement et essais thermiques

7.1 Classification thermique

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 Il est recommandé de ne pas présumer une relation directe entre la classification thermique d'un nouveau système d'isolation et 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.

7.2 Fluide de refroidissement de référence

Le fluide de refroidissement de référence, pour une méthode donnée de refroidissement, est spécifié dans le tableau 3.

Tableau 3 – Fluide de refroidissement de référence

Point	Fluide de refroidissement primaire	Mode de refroidissement	Fluide de refroidissement secondaire	Tableau n°	Le tableau cité en colonne 4 spécifie des limites à:	Fluide de refroidissement de référence
1	Air	Indirect	Aucun	6	l'échauffement	Air ambiant
2	Air	Indirect	Air	6		Fluide de refroidissement à l'entrée dans la machine ¹⁾
3	Air	Indirect	Eau	6		
4	Hydrogène	Indirect	Eau	7		la température
5	Air	Direct	Aucun	11	la température	Air ambiant
6	Air	Direct	Air	11		Gaz à l'entrée dans la machine ou liquide à l'entrée dans l'enroulement
7	Air	Direct	Eau	11		
8	Hydrogène ou liquide	Direct	Eau	11		

¹⁾ Les caractéristiques assignées d'une machine à refroidissement indirect et à hydroréfrigérant peuvent être attribuées en se servant soit du fluide de refroidissement primaire soit du fluide de refroidissement secondaire comme fluide de refroidissement de référence (voir aussi 9.2 pour l'information à donner sur la plaque signalétique).

6.5 Voltage (peak and gradient) withstand levels

For a.c. motors the manufacturer shall declare a limiting value for the peak voltage and for the voltage gradient in continuous operation.

For cage induction motors within the scope of IEC 34-12, see also IEC 34-17.

For high-voltage a.c. motors, see also IEC 34-15.

Section 7: Thermal performance and tests

7.1 Thermal classification

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.

7.2 Reference coolant

The reference coolant for a given method of cooling the machine is specified in table 3.

Table 3 – Reference coolant

Item	Primary coolant	Method of cooling	Secondary coolant	Table number	Table referred to in column 4 specifies limits of:	Reference coolant
1	Air	Indirect	None	6	Temperature rise	Ambient air
2	Air	Indirect	Air	6		
3	Air	Indirect	Water	6		Coolant at inlet to machine ¹⁾
4	Hydrogen	Indirect	Water	7		
5	Air	Direct	None	11	Temperature	Ambient air
6	Air	Direct	Air	11		
7	Air	Direct	Water	11		Gas at entry to machine or liquid at entry to the windings
8	Hydrogen or liquid	Direct	Water	11		

¹⁾ A machine with indirect cooled windings and a water cooled heat exchanger may be rated using either the primary or secondary coolant as the reference coolant (see also 9.2 for information to be given on the rating plate).

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 spécifié au tableau 3.

NOTE – La disposition et le refroidissement d'une machine peuvent être tels que plusieurs points du tableau sont applicables; en ce cas différents fluides de refroidissement de référence peuvent s'appliquer à différents enroulements.

7.3 Conditions des essais thermiques

7.3.1 Alimentation électrique

Pendant l'essai thermique d'un moteur à courant alternatif, le HVF de l'alimentation ne doit pas dépasser 0,015 et la composante inverse du système de tensions doit être inférieure à 0,5 % de la composante directe, l'influence de la composante homopolaire étant éliminée.

Par accord, la composante inverse du système de courants peut être mesurée à la place de la composante inverse du système de tensions. La composante inverse du système de courants ne doit pas excéder 2,5 % de la composante directe.

7.3.2 Température de la machine avant l'essai

Lorsque la température d'un enroulement doit être déterminée d'après l'augmentation de la résistance, la température de l'enroulement, mesurée par thermomètre, lorsque la résistance est mesurée avant l'essai thermique, doit être pratiquement celle du fluide de refroidissement à ce moment.

Lorsqu'une machine doit être essayée à des caractéristiques assignées pour service temporaire (service type S2), sa température au début de l'essai ne doit pas différer de plus de 5 K de la température du fluide de refroidissement.

7.3.3 Température du fluide de refroidissement

L'essai de la machine peut être effectué à toute température disponible du fluide de refroidissement. Voir tableau 10 (pour les enroulements à refroidissement direct) ou tableau 13 (pour les enroulements à refroidissement indirect).

7.3.4 Mesurage 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 réduire 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.

7.3.4.1 Machines ouvertes ou machines fermées sans échangeurs de chaleur (refroidies par de l'air ou du gaz environnant)

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

7.3.4.2 Machines refroidies par de l'air ou du 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.

If a third coolant is used, temperature rise shall be measured above the temperature of the primary or secondary coolant as specified in table 3.

NOTE – A machine may be so arranged and cooled that more than one item of table 3 applies, in which case different reference coolants may apply for different windings.

7.3 Conditions for thermal tests

7.3.1 Electrical supply

During thermal testing of an a.c. motor the HVF of the supply shall not exceed 0,015 and 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 component being eliminated.

By agreement, the negative-sequence component of the system of currents may be measured instead of the negative-sequence component of the system of voltages. The negative-sequence component of the system of currents shall not exceed 2,5% of the positive-sequence component.

7.3.2 Temperature of machine before test

If the temperature of a winding is to be determined from the increase of resistance, the temperature of the winding measured by thermometer, when the resistance is measured before the thermal test, shall be practically that of the coolant at the time.

When a machine is to be tested on a short-time rating (duty type S2) its temperature at the beginning of the thermal test shall be within 5 K of the temperature of the coolant.

7.3.3 Temperature of coolant

A machine may be tested at any convenient value of coolant temperature. See table 10 (for indirect cooled windings) or table 13 (for direct cooled windings).

7.3.4 Measurement of coolant temperature during test

The value to be adopted for the temperature of a 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. To reduce errors due to the time lag of the change of temperature of large machines, following variations in the temperature of the coolant, all reasonable precautions shall be taken to minimize such variations.

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

The temperature of the ambient air or gas shall be measured by means of several detectors placed at different points around and halfway up the machine at 1 m to 2 m from it. Each detector shall be protected from radiant heat and draughts.

7.3.4.2 *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.

7.3.4.3 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. La température du fluide de refroidissement secondaire doit être mesurée à l'entrée dans l'échangeur de chaleur.

7.4 Echauffement d'un élément de machine

L'échauffement d'un élément de machine, $\Delta\theta$, est la différence entre la température de cet élément, mesurée par la méthode appropriée, conformément à 7.5, et la température du fluide de refroidissement, mesurée conformément à 7.3.4.

Pour la comparaison avec les limites des échauffements (tableau 6 ou 7) ou des températures (tableau 11), la température doit être mesurée à la fin de l'essai thermique, tel que défini en 7.7.

Pour les machines essayées à des caractéristiques assignées pour service continu (service type S1) la température doit si possible être mesurée en marche et après l'arrêt.

Pour les machines essayées à leur service périodique réel (services types S3 à S8) la température doit être prise comme étant celle au milieu de la période donnant le plus grand échauffement dans le dernier cycle de fonctionnement (mais voir aussi 7.7.3).

7.5 Méthodes de mesurage de la température

Trois méthodes sont admises pour déterminer les températures des enroulements et des autres éléments:

- méthode par variation de résistance;
- méthode par indicateurs internes de température (IIT);
- méthode par thermomètre.

Les différentes méthodes ne doivent pas être utilisées pour un contrôle mutuel.

7.5.1 Méthode par variation de résistance

La température des enroulements est déterminée à partir de l'augmentation de leur résistance.

7.5.2 Méthode par indicateurs internes de température (IIT)

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

7.5.3 Méthode par thermomètre

La température est mesurée au moyen de thermomètres appliqués sur les surfaces accessibles de la machine terminée. Le terme «thermomètre» s'applique non seulement aux thermomètres à réservoir mais aussi 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.

7.3.4.3 *Closed machines with machine-mounted or internal heat exchangers*

The temperature of the primary coolant shall be measured where it enters the machine. The temperature of the secondary coolant shall be measured where it enters the heat exchanger.

7.4 **Temperature rise of a part of a machine**

The temperature rise, $\Delta\theta$, of a part of a machine is the difference between the temperature of that part measured by the appropriate method in accordance with 7.5, and the temperature of the coolant measured in accordance with 7.3.4.

For comparison with the limits of temperature rise (table 6 or 7) or of temperature (table 11), the temperature shall be measured at the end of the thermal test, as defined in 7.7.

For machines tested on a rating for continuous running duty (duty type S1) the temperature shall, if possible, be measured both while running and after shutdown.

For machines tested on actual periodic duty (duty types S3 to S8) the temperature at the end of the test shall be taken as that at the middle of the period causing the greatest heating in the last cycle of operation (but see also 7.7.3).

7.5 **Methods of measurement of temperature**

Three methods of measuring the temperature of windings and other parts are recognized:

- resistance method;
- embedded temperature detector (ETD) method;
- thermometer method.

Different methods shall not be used as a check upon one another.

7.5.1 *Resistance method*

The temperature of the windings is determined from the increase of the resistance of the windings.

7.5.2 *Embedded temperature detector (ETD) method*

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

7.5.3 *Thermometer method*

The temperature is determined by thermometers applied to accessible surfaces of the completed machine. The term 'thermometer' includes not only bulb-thermometers, but also non-embedded thermocouples and resistance thermometers provided they are applied to 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.

7.6 Détermination de la température d'enroulement

7.6.1 Choix de la méthode

En général, pour mesurer la température des enroulements d'une machine, la méthode par variation de résistance, conforme à 7.5.1, doit être appliquée (mais voir aussi 7.6.2.3.3).

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

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

Pour les machines à courant alternatif de puissance assignée inférieure ou égale à 200 kW (ou kVA), le constructeur doit choisir la méthode par variation de résistance, par mesurage direct ou par méthode par superposition, sauf accord contraire (mais voir aussi ci-dessous).

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, la température peut être déterminée au moyen de thermomètres. Les limites d'échauffement, conformes au tableau 6, doivent être appliquées.

La méthode par thermomètre est 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) Lors des essais individuels sur machines fabriquées en grande série.
- d) Si l'acheteur désire avoir une lecture par thermomètre en plus des valeurs obtenues par la méthode par variation de résistance ou par la méthode par IIT.

Pour les enroulements statoriques à courant alternatif à un seul faisceau par encoche, la méthode par indicateurs internes de température ne doit pas être utilisée pour vérifier la conformité à la présente norme: la méthode par variation de résistance doit être appliquée.

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 est donc préférable à des fins de surveillance en fonctionnement. Puisque la température de cet endroit peut 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 autres enroulements à un seul faisceau par encoche et pour les développantes, la méthode de mesure de température par IIT ne doit pas être utilisée pour vérifier la conformité à la présente norme.

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. La méthode préférée est la méthode par variation de résistance, mais pour les enroulements d'excitation fixes des machines à courant continu à plus d'une couche, la méthode par indicateurs internes de température peut être utilisée.

7.6 Determination of winding temperature

7.6.1 Choice of method

In general, for measuring the temperature of the windings of a machine, the resistance method in accordance with 7.5.1 shall be applied (but see also 7.6.2.3.3).

For a.c. stator windings of machines having a rated output of 5 000 kW (or kVA) or more the ETD method shall be used.

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

For a.c. machines having a rated output less than or equal to 200 kW (or kVA) the manufacturer shall choose the direct measurement version or the superposition version of the resistance method, unless otherwise agreed (but see also below).

For machines having a rated output less than or equal to 600 W (or VA), when the windings are non-uniform or severe complications are involved in making the necessary connections, the temperature may be determined by means of thermometers. Temperature rise limits in accordance with table 6 shall apply.

The thermometer method is 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) During routine tests on machines manufactured in large numbers.
- d) If the purchaser wishes to have a thermometer reading in addition to the values determined by the resistance method or by the ETD method.

For a.c. stator windings having only one coil-side per slot, the ETD method shall not be used for verifying compliance with this standard: the resistance method shall be used.

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 checks in service. Because the temperature there may be rather low the relation between it and the temperature measured by the resistance method should be determined by a thermal test.

For other windings having one coil-side per slot and for end windings the ETD method shall not be used for verifying compliance with this standard.

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. The resistance method is preferred but for stationary field windings of d.c. machines having more than one layer the ETD method may be used.

7.6.2 Détermination par la méthode par variation de résistance

7.6.2.1 Mesurage

L'une des méthodes suivantes doit être utilisée.

7.6.2.1.1 Mesurage direct

Mesurage direct, au début et à la fin de l'essai, en utilisant un instrument ayant une gamme appropriée.

7.6.2.1.2 Mesurage en courant continu de courant et tension

Pour enroulements à courant continu: en mesurant le courant dans l'enroulement et la tension à ses bornes, utilisant des instruments aux gammes appropriées.

Pour enroulements à courant alternatif: en injectant du courant continu dans l'enroulement, en l'absence de tension alternative.

7.6.2.1.3 Méthode par superposition

Sans interruption du courant alternatif de charge, en superposant au courant de charge un courant continu de mesure de faible intensité, selon la CEI 279.

7.6.2.2 Calcul

L'échauffement $\theta_2 - \theta_a$, peut être obtenu à partir de l'équation

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

où

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

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

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

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

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

k est l'inverse du coefficient de variation de résistivité en fonction de la température à 0 °C du matériau conducteur.

Pour le cuivre $k = 235$

Pour l'aluminium $k = 225$ sauf spécification contraire.

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

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

7.6.2.3 Correction pour des mesures relevées après arrêt de la machine

Le mesurage des températures, à la fin de l'essai thermique, par la méthode de variation de résistance exige que la machine arrive rapidement à l'arrêt. Une procédure soigneusement planifiée et un nombre approprié de personnes sont nécessaires.

7.6.2 Determination by resistance method

7.6.2.1 Measurement

One of the following methods shall be used.

7.6.2.1.1 Direct measurement

Direct measurement at the beginning and the end of the test, using an instrument having a suitable range.

7.6.2.1.2 Measurement by d.c. current/voltage

For d.c. windings: by measuring the current in and the voltage across the winding, using instruments having suitable ranges.

For a.c. windings: by injecting direct current into the winding when de-energized.

7.6.2.1.3 Superposition method

Without interruption of the a.c. load current by superimposing on the load current a small d.c. measuring current, in accordance with IEC 279.

7.6.2.2 Calculation

The temperature rise, $\theta_2 - \theta_a$, may be obtained from the equation:

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

where

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

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

θ_a is the temperature of the coolant at the end of the thermal test;

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

R_2 is the resistance of the winding at the end of the thermal test;

k is the reciprocal of the temperature coefficient of resistance at 0 °C of the conductor material.

For copper $k = 235$

For aluminium $k = 225$ unless specified otherwise.

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

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

7.6.2.3 Correction for stopping time

The measurement of temperatures at the end of the thermal test by the direct measurement resistance method requires a quick shutdown. A carefully planned procedure and an adequate number of people are required.

7.6.2.3.1 Arrêt de la machine en un temps court

Si la lecture initiale par variation de résistance est obtenue dans le délai indiqué au tableau 4, cette lecture doit être adoptée pour la mesure de la température.

Tableau 4 – Délai

Puissance assignée (P_N) kW ou kVA	Délai après la coupure s
$P_N \leq 50$	30
$50 < P_N \leq 200$	90
$200 < P_N \leq 5\,000$	120
$5000 < P_N$	Sur accord

7.6.2.3.2 Arrêt de la machine en un temps prolongé

Si la lecture par variation de résistance ne peut être effectuée dans le délai spécifié au tableau 4, elle doit être faite le plus tôt possible mais dans un délai non supérieur à deux fois celui spécifié au tableau 4, et des lectures supplémentaires 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.

Si la lecture initiale par variation de résistance ne peut être effectuée qu'après un délai égal à deux fois le délai spécifié au tableau 4, cette méthode de correction ne doit être utilisée que par accord.

7.6.2.3.3 Enroulements à un faisceau par encoche

Pour les machines à un faisceau par encoche, la méthode par variation de résistance par mesurage direct peut être appliquée si la machine parvient à l'arrêt dans le délai spécifié dans le tableau 4. S'il faut à la machine plus de 90 s pour arriver à l'arrêt après la coupure, la méthode par superposition peut être appliquée s'il y a eu un accord préalable.

7.6.3 Détermination par la méthode par indicateurs internes de température (IIT)

Les indicateurs doivent être convenablement répartis dans l'enroulement de la machine, et le nombre des indicateurs 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 température de l'enroulement.

NOTE – Les éléments IIT ou leurs connexions peuvent présenter un défaut et donner des lectures incorrectes. En conséquence, si une ou plusieurs lectures s'avèrent, après analyse, être erratiques, il convient de les éliminer.

7.6.2.3.1 Short stopping time

If the initial resistance reading is obtained within the time interval specified in table 4, that reading shall be accepted for the temperature measurement.

Table 4 – Time interval

Rated output (P_N) kW or kVA	Time interval after switching off power s
$P_N \leq 50$	30
$50 < P_N \leq 200$	90
$200 < P_N \leq 5\,000$	120
$5000 < P_N$	By agreement

7.6.2.3.2 Extended stopping time

If a resistance reading cannot be made in the time interval specified in table 4, it shall be made as soon as possible but after not more than twice the interval specified in table 4, and additional readings shall be taken at intervals of approximately 1 min until these readings have begun a distinct decline from their maximum value. A curve of these readings shall be plotted as a function of time and extrapolated to the time interval 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.

If a resistance reading cannot be made until after twice the time interval specified in table 4, this method of correction shall only be used by agreement.

7.6.2.3.3 Windings with one coil-side per slot

For machines with one coil-side per slot the resistance method by direct measurement may be used if the machine comes to rest within the time interval specified in table 4. If the machine takes more than 90 s to come to rest after switching off the power, the superposition method may be used if previously agreed.

7.6.3 Determination by ETD method

The detectors shall be suitably distributed throughout the winding and the number of detectors installed shall not be less than six.

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

The highest reading from the ETD elements shall be used to determine the temperature of the winding.

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

7.6.3.1 *Deux faisceaux par encoche ou plus*

Les indicateurs de température doivent être placés entre les faisceaux isolés à l'intérieur de l'encoche, aux endroits présumés les plus chauds.

7.6.3.2 *Un faisceau par encoche*

Les indicateurs doivent être placés entre la cale d'encoche et la partie externe de l'isolation d'enroulement, aux endroits présumés les plus chauds; voir 7.6.1.

7.6.3.3 *Développantes*

Les indicateurs de température doivent être placés entre deux faisceaux adjacents de développantes, aux endroits présumés les plus chauds. La partie sensible de chaque indicateur doit être en contact étroit avec la surface du faisceau et être efficacement protégée de l'influence du fluide de refroidissement; voir 7.6.1.

7.6.4 *Détermination par la méthode du thermomètre*

Dans le cadre de 7.6.1. le thermomètre doit être placé au point accessible le plus chaud.

7.7 **Durée des essais thermiques**

7.7.1 *Caractéristiques assignées pour service continu*

L'essai doit durer jusqu'à ce que l'équilibre thermique soit atteint.

7.7.2 *Caractéristiques assignées pour service temporaire*

La durée de l'essai doit être la durée qui est indiquée dans les caractéristiques assignées.

7.7.3 *Caractéristiques assignées pour service périodique*

Normalement les caractéristiques assignées pour charge équivalente (voir 4.2.6) attribuées par le constructeur doivent être appliquées jusqu'à ce que l'équilibre thermique soit atteint. S'il y a accord pour effectuer un essai au service réel, 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 de deux cycles de charge successifs sur un diagramme de température doit avoir une pente inférieure à 2 K par heure. Si nécessaire, il faut effectuer des mesures à intervalles raisonnables pendant un certain laps de temps.

7.7.4 *Caractéristiques assignées pour service non périodique et caractéristiques assignées pour service avec charges constantes distinctes*

Les caractéristiques assignées pour charge équivalente (voir 4.2.6), attribuées par le constructeur doivent être appliquées jusqu'à ce que l'équilibre thermique soit atteint.

7.8 **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 7.6.2.3. La valeur de la constante de temps est égale à 1,44 fois (c'est-à-dire $1/\ln 2$ fois) le délai entre la déconnexion du moteur et le refroidissement à une température correspondant à la moitié de l'échauffement de la machine à pleine charge.

7.6.3.1 *Two or more coil-sides per slot*

The detectors shall be located between the insulated coil-sides within the slot in positions at which the highest temperatures are likely to occur.

7.6.3.2 *One coil-side per slot*

The detectors shall be located between the wedge and the outside of the winding insulation in positions at which the highest temperatures are likely to occur, but see also 7.6.1.

7.6.3.3 *End windings*

The temperature detectors shall be located between two adjacent coil-sides within the end windings in positions where the highest temperatures are likely to occur. The sensing point of each detector shall be in close contact with the surface of a coil-side and be adequately protected against the influence of the coolant, but see also 7.6.1.

7.6.4 *Determination by thermometer method*

For the purpose of 7.6.1 the thermometer shall be placed at the hottest accessible spot.

7.7 **Duration of thermal tests**

7.7.1 *Rating for continuous running duty*

The test shall be continued until thermal equilibrium has been reached.

7.7.2 *Rating for short-time duty*

The duration of the test shall be the time given in the rating.

7.7.3 *Rating for periodic duty*

Normally the rating for equivalent loading assigned by the manufacturer (see 4.2.6) shall be applied until thermal equilibrium has been reached. If a test on the actual duty is agreed the load cycle specified shall be applied and continued until practically identical temperature cycles are obtained. The criterion for this shall be that a straight line between the corresponding points of successive duty cycles on a temperature plot has a gradient of less than 2 K per hour. If necessary, measurements shall be taken at reasonable intervals over a period of time.

7.7.4 *Ratings for non-periodic duty and for duty with discrete constant loads*

The rating for equivalent loading assigned by the manufacturer (see 4.2.6) shall be applied until thermal equilibrium has been reached.

7.8 **Determination of the thermal equivalent time constant for machines of 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 the same manner as in 7.6.2.3. The value of the time constant is 1,44 times (i.e. $1/\ln 2$ times) the time taken by the machine to cool to one-half of the full load temperature rise, after its disconnection from the supply.

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 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 prévision de l'échauffement.

7.9 Mesurage de la température des paliers

L'une ou l'autre des méthodes par thermomètre ou par indicateur interne de température (IIT) est admise.

Le point de mesure doit être placé aussi près que possible de l'un des deux emplacements spécifiés au tableau 5.

Tableau 5 – Points de mesure

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⁾ La distance est mesurée à partir du point le plus proche de l'indicateur interne ou du thermomètre. ²⁾ Dans le cas d'une machine à rotor extérieur, le point A se trouve dans la partie fixe à une distance de la bague intérieure 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. ³⁾ La coquille du coussinet est la partie supportant le matériau du coussinet qui est pressé et fixé dans le logement. La zone de pression est la portion de circonférence qui supporte la combinaison du poids du rotor et des charges radiales.		

Il faut minimiser la résistance thermique entre l'indicateur interne de température et l'objet dont on mesure la température, par exemple, chaque interstice d'air doit être comblé par un produit conducteur de la 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, la différence de température entre les points de mesure A et B est approximativement 15 K.

7.10 Limites d'échauffement et de température

Des limites sont données pour marche aux conditions de fonctionnement sur site, définies à l'article 5, et aux caractéristiques assignées pour service continu (conditions de référence), suivies par des règles donnant les corrections à ces limites en cas de marche sur site avec d'autres conditions de fonctionnement et avec d'autres caractéristiques assignées. Des règles additionnelles donnent les corrections aux limites pendant l'essai thermique en cas de conditions de fonctionnement au site d'essai différentes de celles au site de fonctionnement.

Les limites sont stipulées par rapport au fluide de refroidissement de référence défini au tableau 3.

Une règle est donnée pour tenir compte de la pureté d'hydrogène.

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 winding, 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 predicting the temperature rise.

7.9 Measurement of bearing temperature

Either the thermometer method or the ETD method may be used.

The measuring point shall be as near as possible to one of the two locations specified in table 5.

Table 5 – Measuring points

Type of bearing	Measuring point	Location of measuring point
Ball or roller	A	In the bearing housing and not more than 10 mm ¹⁾ 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 not more than 10 mm ¹⁾ from the oil-film gap ²⁾
	B	Elsewhere in the bearing shell
¹⁾ The distance is measured to the nearest point of the ETD or the thermometer bulb. ²⁾ In the case of an 'inside out' machine, point A will be in the stationary part not more than 10 mm from the inner ring and point B on the outer surface of the stationary part as close as possible to the inner ring. ³⁾ The bearing shell is the part supporting the bearing material and which is secured in the housing. The pressure zone is the portion of the circumference which supports the combination of rotor weight and radial loads.		

The thermal resistance between the temperature detector and the object whose temperature is to be measured shall be minimized; for example, air gaps shall be packed with thermally 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 bushings and for ball and roller bearings with an inside diameter up to 150 mm, the temperature difference between points A and B may be assumed to be negligible. In the case of larger bearings, the temperature difference between measuring points A and B is approximately 15 K.

7.10 Limits of temperature and of temperature rise

Limits are given for operation under site operating conditions specified in clause 5 and at rating for continuous running duty (reference conditions), followed by rules for the adjustment of those limits when operating at site under other conditions and on other ratings. Further rules give adjustments to the limits during thermal testing when conditions at the test site differ from those at the operating site.

The limits are stated relative to the reference coolant specified in table 3.

A rule is given to allow for the purity of hydrogen coolant.

7.10.1 Enroulements à refroidissement indirect

Les échauffements aux conditions de référence ne doivent pas excéder les limites données au tableau 6 (refroidissement par air) ou au tableau 7 (refroidissement par hydrogène) selon le cas.

Pour des conditions différentes de fonctionnement sur site, pour des caractéristiques assignées autres que celles pour service continu et pour des tensions assignées supérieures à 11 000 V, les limites doivent être corrigées selon le tableau 8. (Voir aussi le tableau 9 pour une limite à la température de fluide de refroidissement qui est présumée dans le tableau 8.)

Dans le cas de mesures par thermomètre effectuées selon 7.6.1 d) la limite d'échauffement doit faire l'objet d'un accord mais ne doit pas dépasser:

- 65 K pour des enroulements avec système d'isolation de classe thermique A;
- 80 K pour des enroulements avec système d'isolation de classe thermique E;
- 90 K pour des enroulements avec système d'isolation de classe thermique B;
- 115 K pour des enroulements avec système d'isolation de classe thermique F;
- 140 K pour des enroulements avec système d'isolation de classe thermique H.

Si pour les enroulements à refroidissement indirect par air, les conditions de fonctionnement sur site d'essai diffèrent de celles sur site de fonctionnement, les limites corrigées données au tableau 10 doivent s'appliquer au site d'essai.

Si les limites corrigées données au tableau 10 conduisent à des températures admissibles au site d'essai que le constructeur juge excessives, la méthode d'essai et les limites doivent faire l'objet d'un accord.

Aucune correction pour le site d'essai n'est donnée pour les enroulements à refroidissement indirect par hydrogène car il est très improbable qu'ils soient essayés à pleine charge, ailleurs qu'à leur site de fonctionnement.

7.10.1 *Indirect cooled windings*

Temperature rises under reference conditions shall not exceed the limits given in table 6 (air coolant) or table 7 (hydrogen coolant) as appropriate.

For other operating site conditions, for ratings other than continuous running duty, and for rated voltages greater than 11 000 V, the limits shall be adjusted according to table 8. (See also table 9 for limit on coolant temperature which is assumed in table 8.)

In the case of thermometer readings made in accordance with 7.6.1d) the limit of temperature rise shall be agreed, but shall not exceed:

- 65 K for windings with insulation systems of thermal class A;
- 80 K for windings with insulation systems of thermal class E;
- 90 K for windings with insulation systems of thermal class B;
- 115 K for windings with insulation systems of thermal class F;
- 140 K for windings with insulation systems of thermal class H.

If, for windings indirectly cooled by air, conditions at the test site differ from those at the operating site, the adjusted limits given in table 10 shall apply at the test site.

If the adjusted limits given in table 10 lead to permissible temperatures at the test site which the manufacturer considers to be excessive, the testing procedure and the limits shall be agreed.

No adjustments at the test site are given for windings indirectly cooled by hydrogen, because it is very unlikely that they will be tested at rated load anywhere other than at the operating site.

Tableau 6 – Limites d'échauffement des enroulements à refroidissement indirect par l'air

Classification thermique		A			E			B			F			H		
Méthode de mesure		Th	R	IIT	Th	R	IIT	Th	R	IIT	Th	R	IIT	Th	R	IIT
Th = Thermomètre, R = Résistance, 0		K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
IIT = Indicateur interne de température																
Point	Partie de la machine															
1a)	Enroulements à courant alternatif de machines de puissance supérieure ou égale à 5 000 kW (ou KVA)	60	60	65 ¹⁾	–	–	–	–	80	85 ¹⁾	–	100	105 ¹⁾	–	125	130 ¹⁾
1b)	Enroulements à courant alternatif de machines de puissance supérieure à 200 kW (ou KVA), mais inférieure à 5 000 kW (ou KVA)	60	60	65 ¹⁾	–	75	–	–	80	90 ¹⁾	–	105	110 ¹⁾	–	125	130 ¹⁾
1c)	Enroulements à courant alternatif de machines de puissance inférieure ou égale à 200 kW (ou KVA) autres que ceux des points 1d) ou 1e) ²⁾	60	60	–	–	75	–	–	80	–	–	105	–	–	125	–
1d)	Enroulements à courant alternatif de machines de puissance inférieure à 600 W (ou VA) ²⁾	65	65	–	–	75	–	–	85	–	–	110	–	–	130	–
1e)	Enroulements à courant alternatif de machines qui sont refroidies naturellement, sans ventilateur (IC40) et/ou à enroulements enrobés ²⁾	65	65	–	–	75	–	–	85	–	–	110	–	–	130	–
2	Enroulements d'induit reliés à des collecteurs	50	60	–	65	75	–	70	80	–	85	105	–	105	125	–
3	Enroulements d'excitation à courant continu des machines à courant alternatif et à courant continu, autres que ceux du point 4	50	60	–	65	75	–	70	80	–	85	105	–	105	125	–
4a)	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	–	–	135	–
4b)	Enroulements fixes d'excitation à plus d'une couche des machines à courant continu	50	60	–	65	75	–	70	80	90	85	105	110	105	125	135
4c)	Enroulements d'excitation de faible résistance à une seule couche des machines à courant alternatif et à courant continu, et enroulements de compensation à plus d'une couche des machines à courant continu	60	60	–	75	75	–	80	80	–	100	100	–	125	125	–
4d)	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 ³⁾	65	65	–	80	80	–	90	90	–	140	110	–	135	135	–

1) Une correction peut être effectuée dans le cas des enroulements à courant alternatif à haute tension (voir point 4 du tableau 8)

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, B, E, 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 6 – Limits of temperature rise of windings indirectly cooled by air

Thermal classification		A			E			B			F			H		
Method of measurement		Th	R	ETD	Th	R	ETD	Th	R	ETD	Th	R	ETD	Th	R	ETD
Th = Thermometer, R = Resistance, ETD = Embedded temperature detector		K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
Item	Part of machine															
1a)	AC windings of machines having outputs of 5000 kW (or kVA) or more		60	65 ¹⁾	–	–	–	–	80	85 ¹⁾	–	100	105 ¹⁾	–	125	130 ¹⁾
1b)	AC windings of machines having outputs above 200 kW (or kVA), but less than 5000 kW (or kVA)		60	65 ¹⁾	–	75	–	–	80	90 ¹⁾	–	105	110 ¹⁾	–	125	130 ¹⁾
1c)	AC windings of machines having outputs of 200 kW (or kVA) or less, other than those in items 1d) or 1e) ²⁾		60	–	–	75	–	–	80	–	–	105	–	–	125	–
1d)	AC windings of machines having rated outputs of less than 600 W (or VA) ²⁾		65	–	–	75	–	–	85	–	–	110	–	–	130	–
1e)	AC windings which are self-cooled without fan (IC 4b) and/or with encapsulated windings ²⁾		65	–	–	75	–	–	85	–	–	110	–	–	130	–
2	Windings of armatures having commutators	50	60	–	65	75	–	70	80	–	85	105	–	105	125	–
3	Field windings of a.c. and d.c. machines	50	60	–	65	75	–	70	80	–	85	105	–	105	125	–
4a)	Field windings of synchronous machines with cylindrical rotors having d.c. excitation winding embedded in slots except synchronous induction motors		–	–	–	–	–	–	90	–	–	110	–	–	135	–
4b)	Stationary field windings of d.c. machines having more than one layer	50	60	–	65	75	–	70	80	90	85	105	110	105	125	135
4c)	Low-resistance field windings of a.c. and d.c. machines and compensating windings of d.c. machines having more than one layer	60	60	–	75	75	–	80	80	–	100	100	–	125	125	–
4d)	Single-layer windings of a.c. and d.c. machines with exposed bare or varnish metal surfaces and single-layer compensating windings of d.c. machines ³⁾	65	65	–	80	80	–	90	90	–	110	110	–	135	135	–

1) An adjustment for high-voltage a.c. windings may be applicable to these items, see table 8, item 4.

2) With application of the superposition test method to windings of machines rated at 200 kW (or kVA) or less with insulation classes A, B, E 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.

Tableau 7 – Limites d'échauffement des enroulements à refroidissement indirect par hydrogène

Classification thermique		A		E		B		F	
Méthode de mesure		Résistance	IIT	Résistance	IIT	Résistance	IIT	Résistance	IIT
IIT = Indicateur interne de température		K	K	K	K	K	K	K	K
Point									
1	Enroulements à courant alternatif de machines de puissance égale ou supérieure à 5 000 kW (ou kVA) ou dont la longueur du noyau axial est égale ou supérieure à 1 m Pression absolue d'hydrogène ²⁾ ≤ 150 kPa (1,5 bar) > 150 kPa ≤ 200 kPa (2,0 bar) > 200 kPa ≤ 300 kPa (3,0 bar) > 300 kPa ≤ 400 kPa (4,0 bar) > 400 kPa	— — — — —	— — — — —	— — — — —	— — — — —	— — — — —	85 ¹⁾ 80 ¹⁾ 78 ¹⁾ 73 ¹⁾ 70 ¹⁾	— — — — —	105 ¹⁾ 100 ¹⁾ 98 ¹⁾ 93 ¹⁾ 90 ¹⁾
2a)	Enroulements à courant alternatif de machine de puissance inférieure à 5 000 kW (ou KVA) et dont la longueur du noyau axial est inférieure à 1 m	60	65 ¹⁾	75	80 ¹⁾	80	85 ¹⁾	100	105 ¹⁾
2b)	Enroulements d'excitation à courant continu des machines à courant alternatif et à courant continu autres que celles des points 3 et 4	80	—	75	—	80	—	105	—
3	Enroulements d'excitation à courant continu des turbo-machines	—	—	—	—	85	—	105	—
4a)	Enroulements d'excitation de faible résistance, à plus d'une couche, et enroulements de compensation	60	—	75	—	80	—	100	—
4b)	Enroulements à une couche avec surfaces exposées nues ou en métal vernis ³⁾	65	—	80	—	90	—	110	—

1) Une correction peut être effectuée dans le cas des enroulements à courant alternatif à haute tension (voir point 4 du tableau 8).

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

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

Table 7 – Limits of temperature rise of windings indirectly cooled by hydrogen

Item	Thermal classification Method of measurement ETD = Embedded temperature detector	A		E		B		F	
		Resistance K	ETD K	Resistance K	ETD K	Resistance K	ETD K	Resistance K	ETD K
1	AC windings of machines having outputs of 5000 kW (or kVA) or more and having a core length of 1 m or more Absolute hydrogen pressure ²⁾ $\leq 150 \text{ kPa (1.5 bar)}$ $> 150 \text{ kPa} \leq 200 \text{ kPa (2.0 bar)}$ $> 200 \text{ kPa} \leq 300 \text{ kPa (3.0 bar)}$ $> 300 \text{ kPa} \leq 400 \text{ kPa (4.0 bar)}$ $> 400 \text{ kPa}$	– – – – –	– – – – –	– – – – –	– – – – –	– – – – –	85 ¹⁾ 80 ¹⁾ 78 ¹⁾ 73 ¹⁾ 70 ¹⁾	– – – – –	105 ¹⁾ 100 ¹⁾ 98 ¹⁾ 93 ¹⁾ 90 ¹⁾
2a)	AC windings of machines having outputs of less than 5000 kW (or kVA), or having a core length of less than 1 m	60	65 ¹⁾	75	80 ¹⁾	80	85 ¹⁾	100	105 ¹⁾
2b)	DC field windings of a.c. and d.c. machines other than those in items 3 and 4	80	–	75	–	80	–	105	–
3	Field windings of turbo type machines having d.c. excitation	–	–	–	–	85	–	105	–
4a)	Low-resistance field windings of more than one layer and compensating windings	60	–	75	–	80	–	100	–
4b)	Single-layer windings with exposed bare or varnished metal surfaces ³⁾	65	–	80	–	90	–	110	–

1) An adjustment for high-voltage a.c. windings may be applicable to these items, see table 8 item 4.

2) This is the only item where the limit of temperature rise is dependant on hydrogen pressure.

3) Also includes multi-layer field windings provided that the underlayers are each in contact with the circulating primary coolant.

Tableau 8 – Corrections aux limites des échauffements sur le site de fonctionnement des enroulements à refroidissement indirect pour tenir compte de conditions de fonctionnement et de caractéristiques assignées qui ne sont pas les conditions de référence

Point	Conditions de fonctionnement ou caractéristiques assignées		Corrections aux limites d'échauffement ($\Delta\theta$) des tableaux 6 et 7
1	Température maximale de l'air ambiant ou de l'air à l'entrée de la machine (θ_c)	$0\text{ °C} \leq \theta_c < 40\text{ °C}$ $40\text{ °C} < \theta_c \leq 60\text{ °C}$ $\theta_c < 0\text{ °C}$ ou $\theta_c > 60\text{ °C}$	Peuvent être augmentées par accord, mais cette augmentation ne doit dépasser ni la différence de température entre la température du fluide de refroidissement et 40 °C, ni un maximum de 30 K. Réduites de la différence entre la température du fluide de refroidissement et 40 °C. Par accord.
2	Température maximale de l'eau à l'entrée des hydro-réfrigérants (θ_w)	$5\text{ °C} \leq \theta_w \leq 25\text{ °C}$ $\theta_w > 25\text{ °C}$	Augmentées de 10 K et peuvent être augmentées en plus d'une quantité ne dépassant pas la différence de température entre la température de l'eau de refroidissement et 25 °C. Augmentées de 10 K et diminuées de la différence de température entre la température maximale de l'eau de refroidissement et 25 °C.
3	Altitude (H)	$1000\text{ m} < H \leq 4000\text{ m}$ et température maximale de l'air ambiant non spécifiée $H > 4000\text{ m}$	Pas de correction. 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 ne dépasseront en conséquence pas 40 °C plus les échauffements des tableaux 6 et 7¹⁾ Par accord
4	Tension assignée (U_N)	$11\text{ kV} < U_N \leq 17\text{ kV}$ $U_N > 17\text{ kV}$	$\Delta\theta$, pour les indicateurs internes de températures (IIT) doivent être réduites de 1 K par tranche (ou fraction de tranche) de 1 kV au-dessus de 11 kV. $\Delta\theta$, pour les indicateurs internes de température (IIT) doivent être réduites de 6 K et en plus réduites de $0,5\text{ K}$ par tranche (ou fraction de tranche) de 1 kV au-dessus de 17 kV.
5 ²⁾	Caractéristiques assignées pour service temporaire (S2), avec puissance assignée inférieure à 5000 kW (kVA)		Augmentées de 10 K
6 ²⁾	Caractéristiques assignées pour service non périodique (S9)		$\Delta\theta$, peuvent être dépassées pendant de courtes périodes lors du fonctionnement de la machine
7 ²⁾	Caractéristiques assignées pour service avec charges constantes distinctes (S10)		$\Delta\theta$, peuvent être dépassées pendant des périodes distinctes lors du fonctionnement de la machine.
¹⁾ 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 1000 m, la température ambiante maximale présumée du site de fonctionnement, basée sur température ambiante maximale de 40 °C pour des altitudes inférieures ou égales à 1000 m, sera celle qui est indiquée au tableau 9 (basé sur les limites d'échauffement des points 1b) et 1c) du tableau 6). ²⁾ Uniquement pour les enroulements refroidis par air.			

Table 8 – Adjustments to limits of temperature rise at the operating site of indirect cooled windings to take account of non-reference operating conditions and ratings

Item	Operating conditions or rating		Adjustment to limit of temperature rise ($\Delta\theta$) in tables 6 and 7
1	Maximum temperature at ambient air or of the air at inlet to the machine (θ_c)	$0\text{ }^{\circ}\text{C} \leq \theta_c < 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ $40\text{ }^{\circ}\text{C} < \theta_c \leq 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\theta_c < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ or $\theta_c > 60\text{ }^{\circ}\text{C}$	May be increased by agreement but this increase shall not exceed either the amount by which the coolant temperature is less than $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, or a maximum of 30 K . Reduced by the amount by which the coolant temperature exceeds $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. By agreement.
2	Maximum temperature at the water at inlet to water-cooled heat exchangers (θ_w)	$5\text{ }^{\circ}\text{C} \leq \theta_w \leq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ $\theta_w > 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	Increase by 10 K and may be further increased by an amount not exceeding the amount by which the cooling temperature exceeds $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Increased by 10 K and reduced by the amount by which the maximum cooling water temperature exceeds $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.
3	Altitude (H)	$1000\text{ m} < H \leq 4000\text{ m}$ and maximum ambient air temperature not specified $H > 4000\text{ m}$	No adjustment. It shall be assumed that the reduced cooling resulting from altitude is compensated by a reduction of maximum ambient temperature below $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ and that the total temperature will therefore not exceed $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ plus the table 6 and 7 temperature rises. ¹⁾ By agreement.
4	Rated stator winding voltage (U_N)	$11\text{ kV} < U_N \leq 17\text{ kV}$ $U_N > 17\text{ kV}$	$\Delta\theta$ for embedded temperature detectors (ETD) shall be reduced by 1 K for each 1 kV (or part thereof) above 11 kV . $\Delta\theta$ for embedded temperature detectors (ETD) shall be reduced by 6 K and an additional $0,5\text{ K}$ for each 1 kV (or part thereof) above 17 kV .
5 ²⁾	Rating for short-time duty (S2), with rated output less than 5000 kW (kVA)		Increased by 10 K .
6 ²⁾	Rating for non-periodic duty (S9)		$\Delta\theta$ may be exceeded for short periods during the operation of the machine.
7 ²⁾	Rating for duty with discrete loads (S10)		$\Delta\theta$ may be exceeded for discrete periods during the operation of the machine.
¹⁾ Assuming the necessary decrease in ambient temperature is 1% of the limiting rises for every 100 m of altitude above 1000 m , the assumed maximum ambient air temperature at the operating site based on a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ maximum ambient temperature for altitudes less than 1000 m will be as shown in table 9 (based on the limiting rises for items 1b) and 1c) of table 6). ²⁾ For air-cooled windings only.			

Tableau 9 – Températures ambiantes maximales présumées

	Classification thermique				
	A	E	B	F	H
Altitude m	Température °C				
1000	40	40	40	40	40
2000	34	33	32	30	28
3000	28	26	24	19	15
4000	22	19	16	9	3

7.10.2 Enroulements à refroidissement direct

Les températures aux conditions de référence ne doivent pas excéder les limites données au tableau 11.

Pour des conditions différentes de fonctionnement sur site, les limites doivent être corrigées selon le tableau 12.

Si les conditions de fonctionnement sur site d'essai diffèrent de celles sur site de fonctionnement, les limites corrigées données au tableau 13 doivent s'appliquer au site d'essai.

Si les limites corrigées données au tableau 13 conduisent à des températures au site d'essai que le constructeur considère être excessives, la méthode d'essai et les limites doivent faire l'objet d'un accord.

7.10.3 Corrections pour tenir compte de la pureté de l'hydrogène au cours de l'essai

Pour les enroulements à refroidissement direct ou indirect par hydrogène, aucune correction ne doit être effectuée sur les limites d'échauffement ou de température totale, si la proportion de l'hydrogène est comprise entre 95 % et 100 %.

7.10.4 Enroulements continuellement fermés sur eux-mêmes, circuits magnétiques et tous éléments de structure (à l'exclusion des paliers), qu'ils soient ou non en contact direct avec une isolation

L'échauffement ou la température ne doit pas être préjudiciable à l'isolation de cette partie ou de toute autre partie avoisinante.

7.10.5 Collecteurs et bagues, ouverts ou enfermés, et leurs balais et porte-balais

La température ou l'échauffement de tout collecteur, bague, balai ou porte-balais ne doit pas être préjudiciable à l'isolation de cette partie ou de toute autre partie avoisinante.

La température ou l'échauffement d'un collecteur ou de bagues ne doit pas dépasser le niveau qui permet d'assurer le passage du courant dans toute la plage de fonctionnement, pour la combinaison de la qualité des balais et du matériau du collecteur ou des bagues.

Table 9 – Assumed maximum ambient temperature

	Thermal class				
	A	E	B	F	H
Altitude m	Temperature °C				
1000	40	40	40	40	40
2000	34	33	32	30	28
3000	28	26	24	19	15
4000	22	19	16	9	3

7.10.2 Direct cooled windings

Temperatures under reference conditions shall not exceed the limits given in table 11.

For other operating site conditions the limits shall be adjusted according to table 12.

If conditions at the test site differ from those at the operating site, the adjusted limits given in table 13 shall apply at the test site.

If the adjusted limits given in table 13 lead to temperatures at the test site which the manufacturer considers to be excessive, the testing procedure and the limits shall be agreed.

7.10.3 Adjustments to take account of hydrogen purity on test

For windings directly or indirectly cooled by hydrogen, no adjustment shall be made to limits of temperature rise or of total temperature if the proportion of hydrogen in the coolant is between 95 % and 100 %.

7.10.4 Permanently short-circuited windings, magnetic cores and all structural components (other than bearings) whether or not in contact with insulation

The temperature rise or the temperature shall not be detrimental to the insulation of that part or to any other part adjacent to it.

7.10.5 Commutators and sliprings, open or enclosed and their brushes and brushgear

The temperature rise or temperature of any commutator, slipring, brush or brushgear shall not be detrimental to the insulation of that part or any adjacent part.

The temperature rise or temperature of a commutator or slipring shall not exceed that at which the combination of brush grade and commutator or slipring material can handle the current over the full operating range.

Tableau 10 – Limites corrigées des échauffements sur le site d'essai ($\Delta\theta_T$) des enroulements à refroidissement indirect par air pour tenir compte des conditions de fonctionnement sur le site d'essai

Point	Conditions de fonctionnement sur le site d'essai		Limites corrigées sur le site d'essai $\Delta\theta_T$
1	Différence de température de fluide de refroidissement de référence entre site d'essai (θ_{cT}) et site de fonctionnement (θ_c)	Valeur absolue de $(\theta_c - \theta_{cT}) \leq 30$ K	$\Delta\theta_T = \Delta\theta$
		Valeur absolue de $(\theta_c - \theta_{cT}) > 30$ K	Par accord
2	Différence d'altitude entre site d'essai (H_T) et site de fonctionnement (H)	$1000 \text{ m} < H \leq 4000 \text{ m}$ $H_T < 1000 \text{ m}$	$\Delta\theta_T = \Delta\theta \left(1 - \frac{(H - 1000 \text{ m})}{10\,000 \text{ m}} \right)$
		$H < 1000 \text{ m}$ $1000 \text{ m} < H_T \leq 4000 \text{ m}$	$\Delta\theta_T = \Delta\theta \left(1 + \frac{(H_T - 1000 \text{ m})}{10\,000 \text{ m}} \right)$
		$1000 \text{ m} < H \leq 4000 \text{ m}$ $1000 \text{ m} < H_T \leq 4000 \text{ m}$	$\Delta\theta_T = \Delta\theta \left(1 - \frac{(H_T - H)}{10\,000 \text{ m}} \right)$
		$H > 4000 \text{ m}$ ou $H_T > 4000 \text{ m}$	Par accord

1) $\Delta\theta$ est donné au tableau 6 et est corrigé, le cas échéant, conformément au tableau 8.

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 1000 m. Si une correction est nécessaire, il convient qu'elle fasse l'objet d'un accord.

Table 10 – Adjusted limits of temperature rise at the test site ($\Delta\theta_T$) for windings indirectly cooled by air to take account of test site operating conditions

Item	Test condition		Adjusted limit at test site $\Delta\theta_T$
1	Difference of reference coolant temperatures of test site (θ_{cT}) and operating site (θ_c)	Absolute value of $(\theta_c - \theta_{cT}) \leq 30 \text{ K}$	$\Delta\theta_T = \Delta\theta$
		Absolute value of $(\theta_c - \theta_{cT}) > 30 \text{ K}$	By agreement
2	Difference of altitudes of test site (H_T) and operating site (H)	$1000 \text{ m} < H \leq 4000 \text{ m}$ $H_T < 1000\text{m}$	$\Delta\theta_T = \Delta\theta \left(1 - \frac{(H - 1000 \text{ m})}{10\,000 \text{ m}} \right)$
		$H < 1000\text{m}$ $1000 \text{ m} < H_T \leq 4000 \text{ m}$	$\Delta\theta_T = \Delta\theta \left(1 + \frac{(H_T - 1000 \text{ m})}{10\,000 \text{ m}} \right)$
		$1000 \text{ m} < H \leq 4000 \text{ m}$ $1000 \text{ m} < H_T \leq 4000 \text{ m}$	$\Delta\theta_T = \Delta\theta \left(1 - \frac{(H_T - H)}{10\,000 \text{ m}} \right)$
		$H > 4000 \text{ m}$ or $H_T > 4000 \text{ m}$	By agreement
1) $\Delta\theta$ is given in table 6 and adjusted if necessary in accordance with table 8. 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 1000 m. If an adjustment is necessary, it should be by agreement.			

Tableau 11 – Limites des températures des enroulements à refroidissement direct et de leurs fluides de refroidissement

Classification thermique		B			F		
Méthode de mesure		Thermomètre °C	Résistance °C	IIT °C	Thermomètre °C	Résistance °C	IIT °C
Point	Partie de la machine						
1	Fluide de refroidissement à la sortie des enroulements à courant alternatif refroidis directement. Il est préférable d'utiliser ces valeurs, plutôt que celles du point 2, pour la définition des caractéristiques assignées						
1a)	Gaz (air, hydrogène, hélium, etc.)	110	—	—	130	—	—
1b)	Eau	90	—	—	90	—	—
2	Enroulements à courant alternatif						
2a)	Refroidis par un gaz	—	—	120 ¹⁾	—	—	145 ¹⁾
2b)	Refroidis par un liquide						
3	Enroulements d'excitation des turbo-machines						
3a)	Refroidis par un gaz sortant du rotor par le nombre suivant de zones de sortie ²⁾						
	1 et 2	—	100	—	—	115	—
	3 et 4	—	105	—	—	120	—
	6	—	110	—	—	125	—
	8 à 14	—	115	—	—	130	—
	plus de 14	—	120	—	—	135	—
3b)	Refroidis par un liquide	L'observation des températures maximales du fluide de refroidissement spécifiées au point 1b) assure que la température aux points chauds de l'enroulement n'est pas excessive.					
4	Enroulements d'excitation à courant continu des machines à courant alternatif et à courant continu, autres que ceux du point 3						
4a)	Refroidis par un gaz	—	130	—	—	150	—
4b)	Refroidis par un liquide	L'observation des températures maximales du fluide de refroidissement spécifiées au point 1b) assure que la température aux points chauds de l'enroulement n'est pas excessive.					

1) Aucune correction n'est à effectuer à ces points dans le cas d'enroulements à courant alternatif à haute tension, voir point n° 2 du tableau 12.

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

Table 11 – Limits of temperature of directly cooled machines and their coolants

Thermal classification		B			F		
Method of measurement		Thermo- meter °C	Resistance °C	ETD °C	Thermo- meter °C	Resistance °C	ETD °C
Item	Part of the machine						
1	Coolant at the outlet of direct-cooled a.c. windings. These temperatures are preferred to the values given in item 2 as the basis of rating.						
1a)	Gas (air, hydrogen, helium, etc.)	110	—	—	130	—	—
1b)	Water	90	—	—	90	—	—
2	AC windings						
2a)	Gas cooled	—	—	120 ¹⁾	—	—	145 ¹⁾
2b)	Liquid cooled						
3	Field windings of turbine type machines						
3a)	Cooled by gas leaving the rotor through the following number of outlet regions ²⁾						
	1 and 2	—	100	—	—	115	—
	3 and 4	—	105	—	—	120	—
	6	—	110	—	—	125	—
	8 to 14	—	115	—	—	130	—
	above 14	—	120	—	—	135	—
3b)	Liquid cooled	Observance of the maximum coolant temperature given in item 1b) 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.						
4a)	Gas cooled	—	130	—	—	150	—
4b)	Liquid cooled	Observance of the maximum coolant temperature given in item 1b) will ensure that the hotspot temperature of the winding is not excessive.					

¹⁾ No adjustment in the case of high-voltage a.c. windings is applicable to these items, see table 12, item 2.

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

Tableau 12 – Corrections aux limites de température sur le site de fonctionnement pour les enroulements à refroidissement direct par air ou hydrogène pour tenir compte de conditions de fonctionnement et de caractéristiques assignées qui ne sont pas les conditions de référence

Point	Conditions de fonctionnement ou caractéristiques assignées		Corrections aux limites de température du tableau 11
1	Température du fluide de refroidissement de référence (θ_c)	$0\text{ °C} \leq \theta_c < 40\text{ °C}$	Réduites de la différence entre 40 °C et θ_c . Cependant par accord, une réduction inférieure peut être effectuée, sous réserve que si $\theta_c < 10\text{ °C}$, la réduction soit au moins égale à la différence entre 10 °C et θ_c .
		$40\text{ °C} \leq \theta_c < 60\text{ °C}$	Pas de correction
		$\theta_c < 0\text{ °C}$ ou $\theta_c > 60\text{ °C}$	Par accord
2	Tension assignée de l'enroulement statorique (U_N)	$U_N > 11\text{ kV}$	Pas de correction. 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.

Tableau 13 – Limites corrigées de température sur le site d'essai θ_T pour les enroulements à refroidissement direct par air pour tenir compte des conditions de fonctionnement sur le site d'essai

Point	Conditions de fonctionnement sur le site d'essai		Limites corrigées de température sur le site d'essai θ_T
1	Différence de température de fluide de refroidissement entre site d'essai (θ_{cT}) et site de fonctionnement (θ_c)	Valeur absolue de $(\theta_c - \theta_{cT}) \leq 30\text{ K}$	$\theta_T = \theta$
		Valeur absolue de $(\theta_c - \theta_{cT}) > 30\text{ K}$	Par accord
2	Différence d'altitude entre site d'essai (H_T) et site de fonctionnement (H)	$1000\text{ m} < H \leq 4000\text{ m}$ $H_T < 1000\text{ m}$	$\theta_T = (\theta - \theta_c) \left(1 - \frac{H - 1000\text{ m}}{10\,000\text{ m}} \right) + \theta_{cT}$
		$H < 1000\text{ m}$ $1000\text{ m} < H_T \leq 4000\text{ m}$	$\theta_T = (\theta - \theta_c) \left(1 + \frac{H_T - 1000\text{ m}}{10\,000\text{ m}} \right) + \theta_{cT}$
		$1000\text{ m} < H \leq 4000\text{ m}$ $1000\text{ m} < H_T \leq 4000\text{ m}$	$\theta_T = (\theta - \theta_c) \left(1 - \frac{H_T - H}{10\,000\text{ m}} \right) + \theta_{cT}$
		$H > 4000\text{ m}$ ou $H_T > 4000\text{ m}$	Par accord
NOTE – θ est donné au tableau 11 et est corrigé, le cas échéant, conformément au tableau 12.			

Table 12 – Adjustments to limits of temperature at the operating site for windings directly cooled by air or hydrogen to take account of non-reference operating conditions and ratings

Item	Operating condition or rating		Adjustment to limit of temperature in table 11
1	Reference coolant temperature (θ_c)	$0\text{ }^{\circ}\text{C} \leq \theta_c < 40\text{ }^{\circ}\text{C}$	Reduced by the amount of the difference between $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ and θ_c . However, by agreement, a smaller reduction may be applied, provided that for $\theta_c < 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ the reduction is made at least equal to the difference between $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ and θ_c .
		$40\text{ }^{\circ}\text{C} \leq \theta_c \leq 60\text{ }^{\circ}\text{C}$	No adjustment
		$\theta_c < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ or $\theta_c > 60\text{ }^{\circ}\text{C}$	By agreement
2	Rated stator winding voltage (U_N)	$U_N > 11\text{ kV}$	No adjustment The heat flow is mainly towards the coolant inside the conductors and not through the main insulation of the winding.

Table 13 – Adjusted limits of temperature at the test site θ_T for windings directly cooled by air to take account of test site operating conditions

Item	Test condition		Adjusted limit of temperature at test site θ_T
1	Difference of reference coolant temperatures of test site (θ_{cT}) and operating site (θ_c)	Absolute value of $(\theta_c - \theta_{cT}) \leq 30 \text{ K}$	$\theta_T = \theta$
		Absolute value of $(\theta_c - \theta_{cT}) > 30 \text{ K}$	By agreement
2	Difference of altitudes of test site (H_T) and operating site (H)	$1000 \text{ m} < H \leq 4000 \text{ m}$ $H_T < 1000 \text{ m}$	$\theta_T = (\theta - \theta_c) \left(1 - \frac{H - 1000 \text{ m}}{10\,000 \text{ m}} \right) + \theta_{cT}$
		$H < 1000 \text{ m}$ $1000 \text{ m} < H_T \leq 4000 \text{ m}$	$\theta_T = (\theta - \theta_c) \left(1 + \frac{H_T - 1000 \text{ m}}{10\,000 \text{ m}} \right) + \theta_{cT}$
		$1000 \text{ m} < H \leq 4000 \text{ m}$ $1000 \text{ m} < H_T \leq 4000 \text{ m}$	$\theta_T = (\theta - \theta_c) \left(1 - \frac{H_T - H}{10\,000 \text{ m}} \right) + \theta_{cT}$
		$H > 4000 \text{ m}$ or $H_T > 4000 \text{ m}$	By agreement
NOTE – θ is given in table 11 and adjusted if necessary in accordance with table 12.			

Section 8: Autres caractéristiques de fonctionnement et essais

8.1 Essais diélectriques

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 thermique 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, 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 14.

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 14, ou d'environ 1 s à 120 % de la tension normale d'essai du tableau 14, 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 14.

Pour les moteurs à courant continu alimentés par convertisseurs statiques de puissance, on doit utiliser pour déterminer la tension diélectrique d'essai du tableau 14 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.

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 1000 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.

Section 8: Other performance and tests

8.1 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 thermal test is carried out, the dielectric test shall be carried out immediately after that 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 wave form.

The test shall be commenced at a voltage of not more than one-half of the full test voltage. The voltage shall then be increased to the full value steadily or in steps of not more than 5 % of the full value, the time allowed for the increase of the voltage from half to full value being not less than 10 s. The full test voltage shall then be maintained for 1 min in accordance with the value specified in table 14.

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 in table 14 or of approximately 1 s at 120 % of the normal test voltage in table 14, 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 14.

To determine the dielectric test voltage from table 14 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.

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 1000 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 14 – Essais diélectriques

Point	Machine ou élément de la machine	Tension d'essai (valeur efficace)
1	Enroulements isolés de machines tournantes de puissance assignée inférieure à 1 kW (ou 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 assignée inférieure à 10 000 kW (ou kVA) à l'exception de ceux des points 1 et 4 à 8 ²⁾	1000 V + deux fois la tension assignée avec un minimum de 1500 V ¹⁾
3	Enroulements isolés de machines tournantes de puissance assignée égale ou supérieure à 10 000 kW (ou kVA) à l'exception de ceux des points 4 à 8 ²⁾	
	Tension assignée ¹⁾ – inférieure ou égale à 24 000 V – supérieure à 24 000 V	1000 V + deux fois la tension assignée Soumis à accord
4	Enroulements d'excitation séparée des machines à courant continu	1000 V + deux fois la tension assignée maximale d'excitation avec un minimum de 1500 V
5	Enroulements d'excitation des génératrices synchrones, des moteurs synchrones et des compensateurs synchrones	
5a)	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 1500 V 4000 V + deux fois la tension assignée d'excitation
5b)	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 1500 V et un maximum de 3500 V
5c)	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	1000 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 1500 V 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)	
6a)	Pour moteurs non réversibles ou pour moteurs réversibles à partir de l'arrêt seulement	1000 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
6b)	Pour les moteurs qui peuvent être inversés ou freinés en inversant l'alimentation primaire lorsque le moteur est en fonctionnement	1000 V + quatre fois la tension secondaire en circuit ouvert à l'arrêt comme défini au point 6a)

Table 14 – Dielectric tests

Item	Machine or part	Test voltage (r.m.s.)
1	Insulated windings of rotating machines of rated output 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 rated output less than 10 000 kW (or kVA) with the exception of those in Item 1 and Items 4 to 8 ²⁾	1000 V + twice the rated voltage with a minimum of 1500 V ¹⁾
3	Insulated windings of rotating machines of rated output 10 000 kW (or kVA) or more with the exception of those in Items 4 to 8 ²⁾ Rated voltage ¹⁾ : - up to and including 24 000 V - above 24 000 V	1000 V + twice the rated voltage Subject to agreement
4	Separately excited field windings of d.c. machines	1000 V + twice the maximum rated circuit voltage with a minimum of 1500 V
5	Field windings of synchronous generators, synchronous motors and synchronous condensers.	
5a)	Rated field voltage: - up to, and including 500 V, - above 500 V.	Ten times the rated field voltage with a minimum of 1500 V 4000 V + twice the rated field voltage
5b)	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 1500 V and a maximum of 3500 V.
5c)	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	1000 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 1500 V 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)	
6a)	For non-reversing motors or motors reversible from standstill only	1000 V + twice the open-circuit standstill voltage as measured between slip-rings or secondary terminals with rated voltage applied to the primary windings
6b)	For motors to be reversed or braked by reversing the primary supply while the motor is running	1000 V + four times the open-circuit standstill secondary voltage as defined in Item 6a)

Tableau 14 (fin)

Point	Machine ou élément de la machine	Tension d'essai (valeur efficace)
7	Excitatrices (sauf exceptions ci-dessous)	Comme les enroulements auxquels elles sont connectées
	<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	1000 V + deux fois la tension assignée de l'excitatrice avec un minimum de 1500 V
	<i>Exception 2</i> – enroulement à excitation séparée des excitatrices (voir point 4)	
8	Groupe constitué 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 ⁴⁾
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. 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.		

8.2 Surintensité occasionnelle

8.2.1 Généralités

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. 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, 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. 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.

NOTE – Pour les machines synchrones, l'aptitude à fonctionner avec composante inverse de courant en régime de défaut est indiquée en 6.2.3.

8.2.2 Alternateurs

Les alternateurs dont la puissance assignée est inférieure ou égale à 1200 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 1200 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, mais cette période ne doit pas être inférieure à 15 s.

Table 14 (concluded)

Item	Machine or part	Test voltage (r.m.s.)
7	Exciters (except as below)	As for the windings to which they are connected
	<i>Exception 1:</i> Exciters of synchronous motors (including synchronous induction motors) if connected to earth or disconnected from the field windings during starting	1000 V + twice the rated exciter voltage, with a minimum of 1500 V
	<i>Exception 2:</i> Separately excited field windings of exciters (see Item 4)	
8	Assembled group of machines and apparatus	A repetition of the tests in Items 1 to 7 above should be avoided if possible, but if a test on an assembled group of several pieces of new apparatus, each one of which has previously passed its high-voltage test, is made, the test voltage to be applied to such an assembled group shall be 80 % of the lowest test voltage appropriate for any part of the group ⁴⁾

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 agreement.
³⁾ The voltage occurring between the terminals of the field windings, or sections thereof, under the specified starting conditions, may be measured at any convenient reduced supply voltage, and the voltage so measured shall be increased in the ratio of the specified starting supply voltage to the test supply voltage.
⁴⁾ For windings of one or more machines connected together electrically, the voltage to be considered is the maximum voltage that occurs in relation to earth.

8.2 Occasional excess current

8.2.1 General

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. 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, 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. 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.

NOTE – For the capability of synchronous machines concerning the occasional negative-sequence component of current under fault conditions, see 6.2.3.

8.2.2 Generators

AC 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.

AC 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, but this period shall be not less than 15 s.

8.2.3 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.

8.2.4 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 min ⁻¹ : | 45 s; |
| 2) puissance assignée > 1 kW par min ⁻¹ : | 30 s. |

8.3 Excès momentané de couple des moteurs

8.3.1 Moteurs à induction polyphasés et moteurs à courant continu (sauf les moteurs qui font l'objet de 8.3.2)

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.

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 7.8, peut être utilisée. De plus, dans le cas d'une machine à collecteur, il convient de prêter attention aux limites de possibilité de commutation.

8.3.2 Moteurs à induction pour applications particulières

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.

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 8.3.1, mais doit être au moins égal à 50 % de cette valeur.

Dans le cas des moteurs à induction de type spécial ayant des propriétés intrinsèques spéciales de démarrage, par exemple les moteurs destinés au fonctionnement à fréquence variable ou les moteurs à induction alimentés par convertisseurs statiques, la valeur de l'excès de couple doit faire l'objet d'un accord.

8.2.3 AC 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.

8.2.4 Commutator machines

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

- 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 min^{-1} : 45 s;
 - 2) rated output > 1 kW per min^{-1} : 30 s.

8.3 Momentary excess torque for motors

8.3.1 Polyphase induction motors and d.c. motors (excluding motors in 8.3.2)

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 – For an approximate determination of the changes in temperature due to the course of the current-related losses, the thermal equivalent time constant, determined according to 7.8 may be used. In addition, in the case of a commutator machine, attention should be given to the limits of commutation capability.

8.3.2 Induction motors for specific applications

Motors intended for specific applications that require a high torque (for example for hoisting) shall be the subject of agreement.

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 8.3.1, but not less than 50 %.

In the case of special types of induction motors with special inherent starting properties, for example motors intended for use at variable frequency or induction motors supplied from static converters, the value of the excess torque shall be the subject of agreement.

8.3.3 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 %.

8.3.4 Autres moteurs

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

8.4 Couple minimal pendant le démarrage

Sauf spécification contraire, le couple minimal pendant le démarrage sous pleine tension des moteurs à induction à cage ne doit pas être inférieur aux valeurs suivantes:

Moteurs triphasés à une seule vitesse:

- de puissance inférieure à 100 kW: 0,5 fois le couple assigné et 0,5 fois le couple à rotor bloqué;
- de puissance égale ou supérieure à 100 kW: 0,3 fois le couple assigné et 0,5 fois le couple à rotor bloqué;
- pour les moteurs à induction à cage de tension inférieure ou égale à 690 V, voir aussi la CEI 34-12.

Moteurs monophasés et moteurs triphasés à plusieurs vitesses: 0,3 fois le couple assigné.

8.5 Survitesse

Les machines doivent être conçues de façon à supporter les vitesses spécifiées dans le tableau 15.

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 (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.

8.3.3 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.

8.3.4 Other motors

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

8.4 Pull-up torque

Unless otherwise specified, the pull-up torque of cage induction motors under full voltage shall not be less than the following values:

Single-speed three-phase motors:

- for output less than 100 kW: 0,5 times the rated torque and 0,5 times the locked-rotor torque;
- for output equal to or greater than 100 kW: 0,3 times the rated torque and 0,5 times the locked-rotor torque;
- for cage induction motors for voltage up to and including 690 V, see also IEC 34-12.

Single-phase and multi-speed three-phase motors: 0,3 times the rated torque.

8.5 Overspeed

Machines shall be designed to withstand the speeds specified in table 15.

An overspeed test is not normally considered necessary but can be performed when this is specified and has been agreed. (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.

Tableau 15 – Survitesses

Point	Type de machines	Prescription de survitesse
1	Machines à courant alternatif Toutes les machines autres que celles qui sont spécifiées ci-après:	1,2 fois la vitesse assignée maximale
1a)	Alternateurs entraînés par une turbine hydraulique et machines auxiliaires de tous types couplées directement (électriquement ou mécaniquement) à la machine principale	Sauf spécification contraire, vitesse d'emballage du groupe, mais au moins 1,2 fois la vitesse assignée maximale
1b)	Machines pouvant, dans certaines circonstances être entraînées par la charge	Vitesse d'emballage spécifiée du groupe, mais au moins 1,2 fois la vitesse maximale
1c)	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 s'en dissocier accidentellement, l'expression «vitesse à vide» doit être interprétée «vitesse correspondant à la charge la plus faible possible»
2	Machines à courant continu	
2a)	Moteurs à excitation shunt ou séparée	1,2 fois la vitesse assignée maximale, ou 1,15 fois la vitesse à vide correspondante la plus grande des deux valeurs
2b)	Moteurs à excitation composée ayant une plage de vitesse inférieure ou égale à 35%	1,2 fois la vitesse assignée maximale ou 1,15 fois la vitesse à vide correspondante sans toutefois dépasser 1,5 fois la vitesse assignée maximale la plus grande des deux valeurs
2c)	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 fonctionnement 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.
2d)	Moteurs à excitation par aimant permanent	Survitesse comme spécifiée au point 2a) sauf si le moteur a aussi un enroulement en série; dans ce cas, il doit pouvoir supporter les survitesses spécifiées points 2b) et 2c) selon les cas
2e)	Génératrices	1,2 fois la vitesse assignée

8.6 Courant de court-circuit des machines synchrones

Sauf spécification contraire, la valeur de crête du courant de court-circuit des machines synchrones, comprenant les 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.

La vérification peut être effectuée par le calcul ou par un essai sous une tension au moins égale à 0,5 fois la tension assignée.

Table 15 – Overspeeds

Item	Machine type	Overspeed
1	AC machines All machines other than those specified below:	1,2 times the maximum rated speed
1a)	Water-turbine driven generators, and 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
1b)	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.
1c)	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
2	DC machines	
2a)	Shunt and separately excited motor	1,2 times the highest rated speed or 1,15 times the corresponding no-load speed, whichever is greater
2b)	Compound excited 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
2c)	Compound excited motors having speed regulation greater than 35% and series 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
2d)	Permanent-magnet excited motors	Overspeed as specified in Item 2a) unless the motor has a series winding and, in such a case, they shall withstand the overspeeds specified in Items 2b) or 2c) as appropriate
2e)	Generators	1,2 times the rated speed

8.6 Short-circuit current for synchronous machines

Unless otherwise specified, the peak value of the short-circuit current for synchronous machines, including 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.

Verification may be carried out by calculation or by means of a test at a voltage of 0,5 times the rated voltage or above.

8.7 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 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 8.1, tableau 14) sont satisfaites après l'essai de court-circuit. Pour les turbo-machines triphasées, voir CEI 34-3.

8.8 Essai de commutation pour machines à collecteur

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 en 8.2 et 8.3 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 thermique est effectué, l'essai de commutation doit être effectué immédiatement après la fin de cet essai.

8.9 Facteur harmonique téléphonique (FHT) pour machines synchrones

8.9.1 Généralités

Les prescriptions de 8.9.2 et 8.9.3 ne s'appliquent qu'aux machines synchrones de puissance égale ou supérieure à 300 kW (ou kVA) destinées à être raccordées à des réseaux fonctionnant à des fréquences nominales de $16\frac{2}{3}$ Hz à 100 Hz inclus en vue de réduire au minimum les interférences entre les lignes de transport et les circuits adjacents.

8.9.2 Limites

Lorsqu'il est vérifié en circuit ouvert à la vitesse et à la tension assignées, le facteur harmonique téléphonique (FHT) de la tension entre bornes de phase, mesuré conformément aux méthodes de 8.9.3 ne doit pas dépasser les valeurs suivantes:

<i>Puissance assignée de la machine</i>	<i>FHT</i>
300 kW (ou kVA) < P_N ≤ 1000 kW (ou kVA)	5 %
1000 kW (ou kVA) < P_N ≤ 5000 kW (ou kVA)	3 %
5000 kW (ou kVA) < P_N	1,5 %

NOTES

1 Il n'est pas spécifié de valeurs limites pour les harmoniques individuels car il est considéré que les machines qui satisfont aux conditions ci-dessus fonctionnent de façon satisfaisante.

2 Lorsque la machine synchrone doit être raccordée au réseau de façon inhabituelle (par exemple lorsque le neutre de la machine est mis à la terre et que la machine n'est pas reliée au réseau par l'intermédiaire d'un transformateur), il est recommandé qu'il y ait accord concernant les prescriptions de la forme d'onde.

8.7 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, in order to take into account the impedance of the transformer which may be placed between the machines and the system. In this latter case, it may also be agreed that the test be made at 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 8.1, table 14) are met after the short-circuit test. For three-phase turbine-type machines, see IEC 34-3.

8.8 Commutation test for commutator machines

A d.c. or a.c. commutator machine shall be capable of operating from no-load to operation with the excess current or excess torque specified in 8.2 and 8.3 respectively 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 thermal test is made, the commutation test shall be made immediately after completion of that test.

8.9 Telephone harmonic factor (THF) for synchronous machines

8.9.1 General

The requirements of 8.9.2 and 8.9.3 apply only to synchronous machines of 300 kW (or kVA) or above, intended for connection to power networks operating at nominal frequencies of $16\frac{2}{3}$ Hz to 100 Hz inclusive, with a view to minimizing interference between power lines and adjacent circuits.

8.9.2 Limits

When tested on open-circuit and at rated speed and voltage, the telephone harmonic factor (THF) of the line-to-line terminal voltage as measured according to the methods laid down in 8.9.3 shall not exceed the following values:

Rated output of the machine	THF
300 kW (or kVA) < $P_N \leq 1000$ kW (or kVA)	5 %
1000 kW (or kVA) < $P_N \leq 5000$ kW (or kVA)	3 %
5000 kW (or kVA) < P_N	1,5 %

NOTES

1 Limiting values of individual harmonics are not specified as it is considered that machines which meet the above requirements will be operationally satisfactory.

2 Where the synchronous machine is to be connected to the system in an unusual manner (e.g., where the star point of the machine is connected to earth and the machine is not linked to the system via a transformer), the waveform requirements should be agreed.

8.9.3 Essais

Les alternateurs doivent être soumis à des essais de type ayant pour objet de vérifier leur conformité à 8.9.2. La gamme des fréquences de mesure doit couvrir tous les harmoniques de la fréquence assignée à 5000 Hz.

On mesure soit le FHT directement à l'aide d'un appareil de mesure associé à un réseau spécialement établi à cet effet, soit chaque harmonique individuel, le FHT étant calculé à partir des valeurs mesurées par la formule suivante:

$$\text{FHT (\%)} = \frac{100}{U} \times \sqrt{E_1^2 \times \lambda_1^2 + E_2^2 \times \lambda_2^2 + E_3^2 \times \lambda_3^2 + \dots + E_n^2 \times \lambda_n^2}$$

où

E_n est la valeur efficace de l'harmonique de rang n de la tension entre bornes de phase;

U est la valeur efficace de la tension entre bornes de phase de la machine;

λ_n est le facteur de pondération pour la fréquence correspondant à l'harmonique de rang n .

Les valeurs numériques du facteur de pondération pour les différentes fréquences doivent être obtenues à partir du tableau 16; la courbe de la figure 13 peut être utilisée pour faciliter l'interpolation.

8.9.3 Tests

Type tests shall be carried out on a.c. generators to verify compliance with 8.9.2. The range of frequencies measured shall cover all harmonics from rated frequency up to 5000 Hz.

Either the THF may be measured directly by means of a meter and associated network specially designed for the purpose, or each individual harmonic shall be measured and from the measured values the THF shall be computed using the following formula:

$$\text{THF (\%)} = \frac{100}{U} \times \sqrt{E_1^2 \times \lambda_1^2 + E_2^2 \times \lambda_2^2 + E_3^2 \times \lambda_3^2 + \dots + E_n^2 \times \lambda_n^2}$$

where

E_n is the r.m.s. value of the nth harmonic of the line-to-line terminal voltage;

U is the r.m.s. value of the line-to-line terminal voltage of the machine;

λ_n is the weighting factor for frequency corresponding to the nth harmonic.

Numerical values of the weighting factor for different frequencies shall be obtained from table 16; the curve in figure 13 may be used as an aid to interpolation.

Tableau 16 – Facteurs de pondération

Fréquence Hz	Facteur de pondération	Fréquence Hz	Facteur de pondération
16,66	0,000 001 17	2050	1,79
50	0,000 044 4	2100	1,81
100	0,001 12	2150	1,82
150	0,006 65	2200	1,84
200	0,023 3	2250	1,86
250	0,055 6	2300	1,87
300	0,111	2350	1,89
350	0,165	2400	1,90
400	0,242	2450	1,91
450	0,327	2500	1,93
500	0,414	2550	1,93
550	0,505	2600	1,94
600	0,595	2650	1,95
650	0,691	2700	1,96
700	0,790	2750	1,96
750	0,895	2800	1,97
800	1,000		
850	1,10	2850	1,97
900	1,21	2900	1,97
950	1,32	2950	1,97
1000	1,40	3000	1,97
1050	1,46	3100	1,94
1100	1,47	3200	1,89
1150	1,49	3300	1,83
1200	1,50	3400	1,75
1250	1,53	3500	1,65
1300	1,55	3600	1,51
1350	1,57	3700	1,35
1400	1,58	3800	1,19
1450	1,60	3900	1,04
1500	1,61	4000	0,890
1550	1,63	4100	0,740
1600	1,65	4200	0,610
1650	1,66	4300	0,496
1700	1,68	4400	0,398
1750	1,70	4500	0,316
1800	1,71	4600	0,252
1850	1,72	4700	0,199
1900	1,74	4800	0,158
1950	1,75	4900	0,125
2000	1,77	5000	0,100

Table 16 – Weighting factors

Frequency Hz	Weighting factor	Frequency Hz	Weighting factor
16,66	0,000 001 17	2 050	1,79
50	0,000 044 4	2 100	1,81
100	0,001 12	2 150	1,82
150	0,006 65	2 200	1,84
200	0,023 3	2 250	1,86
250	0,055 6	2 300	1,87
300	0,111	2 350	1,89
350	0,165	2 400	1,90
400	0,242	2 450	1,91
450	0,327	2500	1,93
500	0,414	2550	1,93
550	0,505	2600	1,94
600	0,595	2650	1,95
650	0,691	2700	1,96
700	0,790	2750	1,96
750	0,895	2800	1,97
800	1,000		
850	1,10	2850	1,97
900	1,21	2900	1,97
950	1,32	2950	1,97
1000	1,40	3000	1,97
1050	1,46	3100	1,94
1100	1,47	3200	1,89
1150	1,49	3300	1,83
1200	1,50	3400	1,75
1250	1,53	3500	1,65
1300	1,55	3600	1,51
1350	1,57	3700	1,35
1400	1,58	3800	1,19
1450	1,60	3900	1,04
1500	1,61	4000	0,890
1550	1,63	4100	0,740
1600	1,65	4200	0,610
1650	1,66	4300	0,496
1700	1,68	4400	0,398
1750	1,70	4500	0,316
1800	1,71	4600	0,252
1850	1,72	4700	0,199
1900	1,74	4800	0,158
1950	1,75	4900	0,125
2000	1,77	5000	0,100

Section 9: Plaques signalétiques

9.1 Généralités

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.

9.2 Marquage

Pour les machines de puissance assignée inférieure ou égale à 750 W (VA) et dont les dimensions ne relèvent pas du domaine de la CEI 72, ainsi que pour les machines incorporées, pour usage spécial, de puissance assignée inférieure ou égale à 3 kW (kVA), les indications 1, 2, 11 et 12 doivent au moins figurer comme marquage minimal.

Dans tous les autres cas, la ou les plaques signalétiques doivent porter les indications de la liste ci-après, pour autant qu'elles sont applicables. Il n'est pas nécessaire que toutes les indications figurent sur la même plaque. Les symboles littéraux des unités et grandeurs doivent être conformes à la CEI 27-1 et à la CEI 27-4.

Si le constructeur donne plus d'informations, il n'est pas nécessaire de les porter sur la ou les plaques signalétiques.

Les indications sont numérotées pour en faciliter la référence, mais l'ordre dans lequel elles apparaissent sur la ou les plaques signalétiques n'est pas normalisé. Les indications peuvent être combinées de façon convenable.

- 1) Nom du constructeur ou marque
- 2) Numéro de série du constructeur ou marque d'identification

NOTE – Une marque d'identification unique peut être utilisée pour identifier chaque élément d'un groupe de machines qui ont fait l'objet de la même conception électrique et mécanique et sont produites en un lot unique utilisant la même technologie.

- 3) Information permettant d'identifier l'année de fabrication. Celle-ci doit être marquée sur la plaque signalétique ou donnée sur une feuille de données séparée à fournir avec la machine.

NOTE – Si cette information peut être obtenue du constructeur à partir des indications données au point 2, elle peut être omise à la fois de la plaque signalétique et de la feuille de données séparée.

- 4) Code machine du constructeur
- 5) Pour les machines à courant alternatif, nombre de phases
- 6) Référence numérique de la ou des normes de caractéristiques assignées et de caractéristiques de fonctionnement qui sont applicables (CEI 34-X et/ou norme(s) nationale(s) équivalente(s)). Si CEI 34 est indiqué, ceci implique la conformité avec toutes les normes correspondantes de la série 34 de la CEI.
- 7) Degré de protection procuré par les enveloppes (Code IP) conformément à la CEI 34-5.
- 8) Classification thermique, ou limite d'échauffement et, si nécessaire, méthode de mesure, suivie dans le cas d'une machine à hydoréfrigérant de «P» ou «S», selon que l'échauffement est mesuré par rapport au fluide de refroidissement respectivement primaire ou secondaire, voir 7.2.

Section 9: Rating plates

9.1 General

Every electrical machine shall be provided with a 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.

9.2 Marking

For machines with rated outputs up to and including 750 W (VA) and dimensions not covered by IEC 72 and for special-purpose built-in machines with rated outputs up to and including 3 kW (kVA), items 1, 2, 11 and 12 shall be marked as a minimum.

In all other cases, rating plate(s) shall be durably marked with the items in the following list, as far as they apply. The items need not all be on the same plate. Letter symbols for units and quantities shall be in accordance with IEC 27-1 and IEC 27-4.

If the manufacturer gives more information, this need not necessarily be marked on the rating plate(s).

The items are numbered for convenient reference, but the order in which they appear on the rating plate(s) is not standardized. Items may be suitably combined.

- 1) The manufacturer's name or mark.
- 2) The manufacturer's serial number, or identification mark.

NOTE – A single identification mark may be used to identify each member of a group of machines which are made to the same electrical and mechanical design and are produced in one batch using the same technology.

- 3) Information to identify the year of manufacture. This shall be marked on the rating plate or be given on a separate data sheet to be provided with the machine.

NOTE – If this information can be obtained from the manufacturer by quoting the data specified in item 2, it may be omitted from both the rating plate and the separate data sheet.

- 4) The manufacturer's machine code.
- 5) For a.c. machines, the number of phases.
- 6) The number(s) of the rating and performance standard(s) which are applicable (IEC 34-X and/or equivalent national standard(s)). If IEC 34 is marked, this implies compliance with all the other relevant standards of the IEC 34 series.
- 7) The degree of protection provided by the enclosures (IP code) in accordance with IEC 34-5.
- 8) The thermal classification, or the limit of temperature rise and, if necessary, the method of measurement, followed in the case of a machine with a water-cooled heat exchanger by 'P' or 'S', depending on whether the temperature rise is measured above the primary or secondary coolant respectively, see 7.2.

9) Classe(s) de caractéristiques assignées de la machine, si celle-ci est conçue pour d'autres caractéristiques que celles pour service continu S1, voir 4.2.

10) Puissance(s) assignée(s), voir 4.5.

11) Tension(s) assignée(s) ou plage de tensions assignées.

Deux tensions assignées différentes X et Y doivent être indiquées par X/Y et une plage de tensions assignées de X à Y doit être indiquée par X – Y.

12) Pour les machines à courant alternatif la fréquence assignée ou une plage de fréquence assignée.

Pour les moteurs universels, la fréquence assignée doit être suivie du symbole approprié:

par exemple $\sim 50 \text{ Hz}$ /--- ou c.a. 50 Hz/c.c.

13) Courant(s) assigné(s).

14) Vitesse(s) assignée(s) ou plage de vitesses assignées.

15) Pour les machines à courant alternatif triphasé à plus de trois points de connexion, instructions pour le raccordement au moyen d'un schéma ou d'un texte. Ces instructions doivent soit figurer sur une plaque près de la boîte à bornes soit être fournies dans la boîte.

16) Survitesse admissible, si différente de celle spécifiée en 8.5.

17) Pour les machines à courant continu à excitation séparée ou à excitation shunt et pour les machines synchrones, tension d'excitation assignée et courant d'excitation assigné.

18) Pour les machines à courant alternatif, facteur(s) de puissance assigné(s).

19) Pour les machines à induction à rotor bobiné, tension entre bagues à circuit ouvert et courant rotorique assignés.

20) Pour les moteurs à courant continu dont l'induit est prévu pour être alimenté par convertisseurs statiques de puissance, code d'identification du convertisseur statique de puissance conformément à la CEI 971. En variante, pour des moteurs ne dépassant pas 5 kW, facteur de forme assigné et tension alternative assignée aux bornes d'entrée du convertisseur statique de puissance, si celle-ci est supérieure à la tension directe assignée du circuit d'induit du moteur.

21) Température maximale de l'air ambiant, si différente de 40 °C.

Température maximale de l'eau de refroidissement, si différente de 25 °C.

22) Température minimale de l'air ambiant, si différente de celle spécifiée en 5.4.

23) Altitude pour laquelle la machine est conçue (si supérieure à 1000 m au dessus du niveau de la mer).

24) Pour les machines refroidies par hydrogène, pression de l'hydrogène à la puissance assignée.

25) Lorsque spécifié, masse totale approchée de la machine, si supérieure à 30 kg.

26) Pour les machines prévues pour fonctionner dans un seul sens de rotation, sens de rotation, indiqué par une flèche. Il n'est pas nécessaire de placer cette flèche sur la plaque signalétique, mais elle doit être distinguée aisément.

Si l'enroulement d'une machine est partiellement ou totalement réparé ou modifié par une autre personne que le constructeur, une plaque supplémentaire doit être prévue pour indiquer le nom du réparateur, l'année de la réparation et les modifications effectuées.

9) The class(es) of rating of the machine if designed for other than rating for continuous running duty S1, see 4.2.

10) The rated output(s), see 4.5.

11) The rated voltage(s) or range of rated voltage.

Two different rated voltages X and Y, shall be indicated by X/Y and a range of rated voltages from X to Y shall be indicated by X – Y.

12) For a.c. machines the rated frequency or range of rated frequencies.

For universal motors, the rated frequency shall be followed by the appropriate symbol:

e.g. ~ 50 Hz/--- or a.c. 50 Hz/d.c.

13) The rated current(s).

14) The rated speed(s) or range of rated speeds.

15) For three-phase a.c. machines with more than three connecting points, connecting instructions by means of a diagram or text. These instructions shall be on a plate mounted near the terminal box or be provided inside the box.

16) The permissible overspeed, if other than specified in 8.5.

17) For d.c. machines with separate excitation or with shunt excitation and for synchronous machines, the rated field voltage and the rated field current.

18) For a.c. machines, the rated power factor(s).

19) For wound-rotor induction machines, the rated open-circuit voltage between slip-rings and the rated slip-ring current.

20) For d.c. motors with armatures intended to be supplied by static power converters, the identification code of the static power converter in accordance with IEC 971. Alternatively for motors not exceeding 5 kW, the rated form factor and the rated alternating voltage at the input terminals of the static power converter, when this exceeds the rated direct voltage of the motor armature circuit.

21) The maximum ambient air temperature, if other than 40 °C.

The maximum water coolant temperature, if other than 25 °C.

22) The minimum ambient air temperature if other than specified in 5.4.

23) The altitude for which the machine is designed (if exceeding 1000 m above sea-level).

24) For hydrogen-cooled machines, the hydrogen pressure at rated output.

25) When specified, the approximate total mass of the machine, if exceeding 30 kg.

26) For machines suitable for operation in only one direction of rotation, the direction of rotation, indicated by an arrow. This arrow need not be on the rating plate, but it shall be easily visible.

If the winding of a machine is partially or totally repaired or changed by other than the manufacturer, an additional plate shall be provided to indicate the repair contractor's name, the year of repair and the changes made.

Section 10: Prescriptions diverses

10.1 Mise à la terre des machines

Les machines doivent comporter des dispositifs permettant de raccorder un conducteur de protection ou un conducteur de terre, de tels dispositifs étant identifiés par le symbole ou la légende appropriés. Cette prescription ne s'applique pas aux machines munies d'une isolation supplémentaire, aux machines de tension assignée inférieure à 50 V en courant alternatif ou 120 V en courant continu (voir CEI 364-4-41, article 411 et CEI 449), ni aux machines à installer dans des ensembles à isolation supplémentaire.

Dans le cas des machines de tension assignée supérieure à 50 V en courant alternatif ou 120 V en courant continu, mais ne dépassant pas 1000 V en courant alternatif ou 1500 V en courant continu, la borne du conducteur de terre doit être située à proximité des bornes de raccordement des conducteurs de phase, à l'intérieur de la boîte de connexions éventuelle. Les machines de puissance assignée supérieure à 100 kW doivent également comporter une borne de terre montée sur la carcasse.

Les machines de tension assignée supérieure à 1000 V en courant alternatif ou 1500 V en courant continu doivent avoir une borne de terre sur la carcasse, par exemple une languette de fer et, en outre, le cas échéant, un point de connexion à l'intérieur de la boîte de connexions pour raccorder une gaine conductrice de câble.

La borne de terre doit être conçue de manière à assurer une bonne liaison avec le conducteur de terre, sans détérioration du conducteur ou de la borne. Les parties conductrices accessibles qui ne font pas partie du circuit d'utilisation doivent être raccordées les unes aux autres et à la borne de terre, par une liaison électrique de bonne qualité. Si tous les paliers et l'enroulement rotorique d'une machine sont isolés, l'arbre doit être relié électriquement à la borne de terre, à moins d'un accord entre le constructeur et l'acheteur sur d'autres moyens de protection.

Si la boîte de connexions est équipée d'une borne de terre, le conducteur de terre est supposé être du même métal que les conducteurs de phase.

Si une borne de terre est placée sur la carcasse, le conducteur de terre peut, sur accord, être d'un autre métal (en acier par exemple). Dans ce cas, la conception de la borne doit être étudiée en tenant compte de la conductivité de l'âme du conducteur.

La borne de terre doit être conçue pour admettre un conducteur de terre de la section de l'âme conforme au tableau 17 ci-dessous. Si un câble plus gros est utilisé, il est recommandé que sa section se rapproche autant que possible d'une des autres valeurs de ce tableau.

Pour d'autres sections de conducteurs de phase, le conducteur de terre ou de protection doit avoir une section au moins équivalente à:

- celle du conducteur de phase pour des sections inférieures à 25 mm²;
- 25 mm² pour des sections comprises entre 25 mm² et 50 mm²;
- 50 % de celle du conducteur de phase pour des sections supérieures à 50 mm².

La borne de terre doit être identifiée conformément à la CEI 445.

Section 10 : Miscellaneous requirements

10.1 Earthing of machines

Machines shall be provided with means for connecting a protective conductor or an earth conductor, such means being identified by the appropriate symbol or legend. This requirement does not apply to machines with supplementary insulation, to machines with rated voltages up to and including 50 V a.c. or 120 V d.c. (see IEC 364-4-41, clause 411 and IEC 449), or to machines for assembling in apparatus with supplementary insulation.

In the case of machines having rated voltages greater than 50 V a.c. or 120 V d.c., but not exceeding 1000 V a.c. or 1500 V d.c., the terminal for the earth conductor shall be situated in the vicinity of the terminals for the line conductors, being placed in the terminal box if one is provided. Machines having rated outputs in excess of 100 kW shall have, in addition, an earth terminal fitted on the frame.

Machines for rated voltages greater than 1000 V a.c. or 1500 V d.c. shall have an earth terminal on the frame, for example an iron strap, and in addition, a means inside the terminal box for connecting a conducting cable sheath, if any.

The earth terminal shall be designed to ensure a good connection with the earth conductor without any damage to the conductor or terminal. Accessible conducting parts which are not part of the operating circuit shall have a good electrically conducting connection with each other and with the earth terminal. When all bearings and the rotor winding of a machine are insulated, the shaft shall be electrically connected to the earth terminal, unless the manufacturer and the purchaser agree to alternative means of protection.

When an earth terminal is provided in the terminal box, it shall be assumed that the earth conductor is made of the same metal as the live conductors.

When an earth terminal is provided on the frame, the earth conductor may, by agreement, be made of another metal (e.g. steel). In this case, in designing the terminal, proper consideration shall be given to the conductivity of the conductor.

The earth terminal shall be designed to accommodate an earth conductor of cross-sectional area in accordance with table 17. If an earth conductor larger than the size given in the table is used, it is recommended that it should correspond as nearly as possible to one of the other sizes listed.

For other cross-sectional areas of live conductors, the earth or protective conductor shall have a cross-sectional area at least equivalent to:

- that of the live conductor for cross-sectional areas less than 25 mm²;
- 25 mm² for cross-sectional areas between 25 mm² and 50 mm²;
- 50 % of that of the live conductor for cross-sectional areas exceeding 50 mm².

The earth terminal shall be identified in accordance with IEC 445.

Tableau 17 – Section des conducteurs de terre

Section du conducteur de phase mm ²	Section du conducteur de terre ou de protection mm ²
4	4
6	6
10	10
16	16
25	25
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

10.2 Clavette(s) de bout d'arbre

Quand un bout d'arbre d'une machine est prévu avec une ou plusieurs rainures de clavettes, il est recommandé que chaque rainure soit pourvue d'une clavette entière de forme et de longueur normales.

Table 17 – Cross-sectional areas of earth conductors

Cross-sectional area of the live conductor mm ²	Cross-sectional area of the earth or protective conductor mm ²
4	4
6	6
10	10
16	16
25	25
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

10.2 Shaft-end key(s)

When a machine shaft end is provided with one or more keyways, each should be provided with a full key of normal shape and length.

Section 11: Tolérances

11 Tolérances

Les tolérances doivent être conformes aux spécifications du tableau 18.

Tableau 18 – Nomenclature des tolérances sur les valeurs des grandeurs

Point	Article	Tolérance
1	Rendement η	
1a)	Par sommation des pertes: – machines de puissance inférieure ou égale à 50 kW (ou kVA) – machines de puissance supérieure à 50 kW (ou kVA)	–15 % de $(1 - \eta)$ –10 % de $(1 - \eta)$
1b)	Par rapport de la puissance utile à la puissance absorbée	–15 % de $(1 - \eta)$
2	Pertes totales (applicables aux machines de puissance supérieure à 50 kW ou kVA)	+10 % des pertes totales
3	Facteur de puissance, $\cos \phi$, pour les machines à induction	$-1/6 (1 - \cos \phi)$ Minimum de la valeur absolue 0,02 Maximum de la valeur absolue 0,07
4	Vitesse des moteurs à courant continu (à pleine charge et à la température de fonctionnement)	
4a)	Moteurs à excitation shunt ou séparée	$1000 P_N/n_N^* < 0,67 \pm 15 \%$ $0,67 \leq 1000 P_N/n_N < 2,5 \pm 10 \%$ $2,5 \leq 1000 P_N/n_N < 10 \pm 7,5 \%$ $10 \leq 1000 P_N/n_N \pm 5 \%$
4b)	Moteurs à excitation série	$1000 P_N/n_N < 0,67 \pm 20 \%$ $0,67 \leq 1000 P_N/n_N < 2,5 \pm 15 \%$ $2,5 \leq 1000 P_N/n_N < 10 \pm 10 \%$ $10 \leq 1000 P_N/n_N \pm 7,5 \%$
4c)	Moteurs à excitation composée	Les tolérances sont les mêmes que celles du point 4b) sauf accord contraire
5	Variation de vitesse des moteurs shunt ou à excitation composée à courant continu (entre la charge nulle et la pleine charge)	$\pm 20 \%$ de la variation garantie avec un minimum de $\pm 2 \%$ de la vitesse assignée
6	Variation de tension des génératrices à courant continu, à excitation shunt ou séparée, en tout point de la caractéristique	$\pm 20 \%$ 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)	$\pm 20 \%$ de la variation de tension garantie avec un minimum de $\pm 3 \%$ 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.)

Section 11: Tolerances

11 Tolerances

Tolerances shall be as specified in table 18.

Table 18 – Schedule of tolerances on values of quantities

Item	Quantity	Tolerance
1	Efficiency η	
1a)	By summation of losses	
	– machines up to 50 kW (or kVA)	–15 % of $(1 - \eta)$
	– machines above 50 kW (or kVA)	–10 % of $(1 - \eta)$
1b)	By input-output test	–15 % of $(1 - \eta)$
2	Total losses (applicable to machines above 50 kW or kVA)	+10 % of the total losses
3	Power-factor, $\cos \phi$, for induction machines	–1/6 $(1 - \cos \phi)$ Minimum absolute value 0,02 Maximum absolute value 0,07
4	Speed of d.c. motors (at full load and at working temperature)	
4a)	Shunt and separately excited motors	$1000 P_N/n_N^* < 0,67 \pm 15 \%$ $0,67 \leq 1000 P_N/n_N < 2,5 \pm 10 \%$ $2,5 \leq 1000 P_N/n_N < 10 \pm 7,5 \%$ $10 \leq 1000 P_N/n_N \pm 5 \%$
4b)	Series motors	$1000 P_N/n_N < 0,67 \pm 20 \%$ $0,67 \leq 1000 P_N/n_N < 2,5 \pm 15 \%$ $2,5 \leq 1000 P_N/n_N < 10 \pm 10 \%$ $10 \leq 1000 P_N/n_N \pm 7,5 \%$
4c)	Compound excited motors	Tolerances as for item 4b) unless otherwise agreed
5	Variation of speed of d.c. shunt and compound excited motors (from no-load to full load)	$\pm 20 \%$ of the guaranteed variation with a minimum of $\pm 2 \%$ of the rated speed
6	Inherent voltage regulation of d.c. generators, shunt or separately excited at any point on the characteristic	$\pm 20 \%$ of the guaranteed regulation at that point
7	Inherent voltage regulation of compound excited generators (at the rated power-factor in the case of alternating current)	$\pm 20 \%$ of the guaranteed regulation, with a minimum of $\pm 3 \%$ 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.)

Tableau 18 (fin)

Point	Article	Tolérance
8 a)	Glissement des moteurs à induction (à pleine charge et à la température de fonctionnement) $P_N < 1 \text{ kW}$ $P_N \geq 1 \text{ kW}$	$\pm 30 \%$ du glissement garanti $\pm 20 \%$ du glissement garanti
8 b)	Vitesse des moteurs à courant alternatif à collecteur 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
9	Courant à rotor bloqué des moteurs à induction à cage avec tout dispositif de démarrage spécifié	+20 % du courant garanti
10	Couple à rotor bloqué des moteurs à induction à cage	+25 % du couple garanti –15 % du couple garanti (+25 % peut être dépassé sur accord)
11	Couple minimal pendant le démarrage des moteurs à induction à cage	–15 % du couple garanti
12	Couple maximal pendant le démarrage des moteurs à induction (couple de décrochage)	–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 8.3.
13	Courant à rotor bloqué des moteurs synchrones	+20 % de la valeur garantie
14	Couple à rotor bloqué des moteurs synchrones	+25 % de la valeur garantie –15 % de la valeur garantie (+25 % peut être dépassé sur accord)
15	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 8.3.3.
16	Valeur de crête du courant de court-circuit d'un alternateur dans des conditions spécifiées	$\pm 30 \%$ de la valeur garantie
17	Courant de court-circuit permanent d'un alternateur dans des conditions spécifiées	$\pm 15 \%$ de la valeur garantie
18	Moment d'inertie	$\pm 10 \%$ de la valeur garantie
NOTES 1 Lorsqu'une tolérance est spécifiée seulement dans un sens, la valeur n'est pas limitée dans l'autre sens. 2 Des garanties ne sont pas nécessairement données sur toutes les grandeurs ou l'une quelconque d'entre celles indiquées dans le présent tableau. Les offres concernant des garanties sujettes à des tolérances devront le stipuler et les tolérances devront être conformes à ce tableau. 3 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.		