

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 34-1

Septième édition — Seventh edition

1969

Modifiée selon les
Modification n° 1 1977
Modification n° 2 1979
Modification n° 3 1980

Amended in accordance with
Amendment No. 1 1977
Amendment No. 2 1979
Amendment No. 3 1980

Machines électriques tournantes

Première partie Valeurs nominales et caractéristiques de fonctionnement

Rotating electrical machines

Part 1 Rating and performance



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 34-1

Septième édition — Seventh edition

1969

Modifiée selon les
Modification n° 1 1977
Modification n° 2 1979
Modification n° 3 1980

Amended in accordance with
Amendment No 1 1977
Amendment No 2 1979
Amendment No 3 1980

Machines électriques tournantes

Première partie Valeurs nominales et caractéristiques de fonctionnement

Rotating electrical machines

Part 1 Rating and performance



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

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	6
PRÉFACE	6
Articles	
SECTION UN — DOMAINE D'APPLICATION	
1 Domaine d'application	8
SECTION DEUX — DÉFINITIONS	
2 Généralités	8
SECTION TROIS — SERVICE ET SERVICE NOMINAL	
4 Services types	12
5 Classes de service nominal	14
6 Désignation	16
7 Spécification du service nominal	18
8 Puissances nominales	18
9 Tensions nominales	20
10 Régimes nominaux	20
SECTION QUATRE — CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT	
11 Altitude, température et fluide de refroidissement	22
12 Conditions électriques	22
12.1 Alimentation électrique	22
12.2 Forme et symétrie des courants et des tensions	24
12.3 Variations de tension au cours du fonctionnement	26
12.4 Mise à la terre du neutre d'une machine	26
13 (Article supprimé lors de la Modification n° 2)	26
SECTION CINQ — ÉCHAUFFEMENT	
14 Conditions pendant l'essai d'échauffement	28
14.1 Température du fluide de refroidissement	28
14.2 Mesure de la température du fluide de refroidissement au cours des essais	28
15 Méthodes de mesure des échauffements	28
15.1 Échauffement d'un organe de machine	28
15.2 Méthodes de mesure des températures	28
15.3 Méthodes de mesure des températures d'enroulements	30
15.4 Méthode par thermomètre	30
15.5 Méthode par variation de résistance	32
15.6 Méthode de superposition	32
15.7 Détermination de l'échauffement des enroulements en cuivre par l'augmentation de la résistance	32
15.8 Méthode de mesure par indicateurs internes de température	32
15.9 Méthodes de mesure de température au moyen d'indicateurs internes de température	32
15.10 Correction pour mesures relevées après arrêt	34
15.11 Durée de l'essai d'échauffement en service continu	36
15.12 Essais d'échauffement pour les services autres que le service continu	36
16 Limites de températures et d'échauffements	36
16.1 Tableaux des températures et des échauffements	36
16.2 Enroulements statoriques de tension nominale supérieure à 11 000 V	38

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7
Clause	SECTION ONE — SCOPE
1 Scope	9
	SECTION TWO — DEFINITIONS
2 General	9
	SECTION THREE — DUTY AND RATING
4 Duty types	13
5 Rating	15
6 Designation	17
7 Assignment of ratings	19
8 Output ratings	19
9 Voltage ratings	21
10 General ratings	21
	SECTION FOUR — OPERATING CONDITIONS
11 Altitude, temperature and coolant	23
12 Electrical conditions	23
12 1 Electrical supply	23
12 2 Form and symmetry of currents and voltages	25
12 3 Voltage variations during operation	27
12 4 Machine neutral earthing	27
13 (This clause was deleted by Amendment No 2)	27
	SECTION FIVE — TEMPERATURE RISE
14 Conditions during temperature-rise test	29
14 1 Temperature of coolant	29
14 2 Measurement of coolant temperature during tests	29
15 Methods of measurement of temperature rise	29
15 1 Temperature rise of a part of a machine	29
15 2 Methods of measurement of temperatures	29
15 3 Methods of measuring temperatures of windings	31
15 4 Thermometer method	31
15 5 Resistance method	33
15 6 Superposition method	33
15 7 Determination of temperature rise of copper windings from increase in the resistance	33
15 8 Embedded temperature detector (E T D) method	33
15 9 Methods of temperature measurement by embedded temperature detectors	33
15 10 Correction of measurements taken after the machine has come to rest	35
15 11 Duration of temperature-rise test for continuous rating	37
15 12 Temperature-rise tests for ratings other than continuous rating	37
16 Limits of temperatures and temperature rises	37
16 1 Tables of temperatures and temperature rises	37
16 2 Stator windings for rated voltages in excess of 11 000 V	39

Articles	Pages
16 3 Correction des limites d'échauffement au niveau de la mer en fonction de la température du fluide de refroidissement et de l'altitude	46
16 4 Corrections destinées à tenir compte de la pureté de l'hydrogène au cours de l'essai	52
SECTION SIX — ESSAIS DIÉLECTRIQUES	
17 Essais diélectriques	52
SECTION SEPT — CARACTÉRISTIQUES DIVERSES	
18 Surintensité momentanée des génératrices	56
19 Excès momentané de couple des moteurs	58
20 Couple minimal pendant le démarrage	58
21 Survitesse	60
22 Déséquilibres de courant des machines synchrones	60
23 Courant de court-circuit	62
24 Epreuve de tenue au court circuit des génératrices à courant alternatif	64
SECTION HUIT — ESSAI DE COMMUTATION	
25 Essai de commutation pour machines à collecteur	66
SECTION NEUF — TOLÉRANCES	
26 Nomenclature des tolérances sur les grandeurs figurant dans les spécifications des machines électriques	66
SECTION DIX — PLAQUES SIGNALÉTIQUES	
27 Plaques signalétiques	70
SECTION ONZE — IRÉGULARITÉS DE LA FORME D'ONDE	
28 Prescriptions et essais	72
SECTION DOUZE — COORDINATION DES TENSIONS ET DES PUISSANCES	
29 Coordination des tensions et des puissances	76
SECTION TREIZE — PRESCRIPTIONS DE CONSTRUCTION	
30 Bornes de terre	76
FIGURES	80

Clause	Page
16.3 Adjustment to limits of temperature rise at sea level to take care of operating conditions of coolant temperature and altitude	47
16.4 Corrections to take account of hydrogen purity on test	53
SECTION SIX — DIELECTRIC TESTS	
17 Dielectric tests	53
SECTION SEVEN — MISCELLANEOUS CHARACTERISTICS	
18 Momentary excess current for generators	57
19 Momentary excess torque for motors	59
20 Pull-up torque	59
21 Overspeed	61
22 Unbalanced currents of synchronous machines	61
23 Short-circuit current	63
24 Short-circuit withstand test for a.c. generators	65
SECTION EIGHT — COMMUTATION TEST	
25 Commutation test for direct and alternating current commutator machines	67
SECTION NINE — TOLERANCES	
26 Schedule of tolerances on quantities involved in the rating of electrical machinery	67
SECTION TEN — RATING PLATES	
27 Rating plates	71
SECTION ELEVEN — IRREGULARITIES OF WAVEFORM	
28 Requirements and tests	73
SECTION TWELVE — CO-ORDINATION OF VOLTAGES AND OUTPUTS	
29 Co-ordination of voltages and outputs	77
SECTION THIRTEEN — CONSTRUCTIONAL REQUIREMENTS	
30 Earth terminals	77
FIGURES	80

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES

Première partie : Valeurs nominales et caractéristiques de fonctionnement

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux
- 3) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C E I dans la mesure où les conditions nationales le permettent
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 2 de la CEI Machines tournantes. Elle remplace la sixième édition de la Publication 34-1 de la CEI parue en 1960.

Elle fait partie d'une série de recommandations traitant des machines électriques tournantes, et dont les autres parties sont :

- Deuxième partie: Détermination du rendement des machines électriques tournantes, éditée comme Publication 34-2 de la CEI
- Troisième partie: Valeurs nominales et caractéristiques des turbo-machines triphasées à 50 Hz, éditée comme Publication 34-3 de la CEI
- Quatrième partie: Méthodes pour la détermination à partir d'essais des grandeurs des machines synchrones, éditée comme Publication 34-4 de la CEI
- Cinquième partie: Degrés de protection des enveloppes des machines tournantes, éditée comme Publication 34-5 de la CEI

Les travaux de révision commencèrent lors de la réunion tenue à Bucarest en 1962. Des projets furent discutés lors des réunions tenues à Leningrad en 1963, à Bruxelles en 1964 et à Tokyo en 1965. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en novembre 1966.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication de la première partie

Afrique du Sud	Hongrie
Allemagne	Israël
Australie	Italie
Autriche	Japon
Belgique	Pologne
Corée (République de)	Royaume-Uni
Corée (République Démocratique Populaire de)	Suède
Danemark	Suisse
Finlande	Tchécoslovaquie
France	Turquie
	Union des Républiques Socialistes Soviétiques

Cette publication est la septième édition dans laquelle les Modifications n° 1 (1977), n° 2 (1979) et n° 3 (1980) ont été incorporées.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ROTATING ELECTRICAL MACHINES

Part 1 : Rating and performance

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I E C on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense
- 3) In order to promote this international unification, the I E C expresses the wish that all National Committees, having as yet no national rules, when preparing such rules should use the I E C recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end

PREFACE

This Recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No 2, Rotating Machinery. It supersedes the 6th edition issued in 1960.

It constitutes part of a series of recommendations dealing with rotating electrical machinery, other parts being

Part 2: Determination of Efficiency of Rotating Electrical Machinery, issued as IEC Publication 34-2

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

Part 4: Methods for Determining Synchronous Machine Quantities from Tests, issued as IEC Publication 34-4

Part 5: Degrees of Protection by Enclosures for Rotating Machinery, issued as IEC Publication 34-5

Work on the revision started at the meeting held in Bucharest in 1962. Drafts were discussed at the meetings held in Leningrad in 1963, in Brussels in 1964 and in Tokyo in 1965. As a result of this latter meeting, a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in November 1966.

The following countries voted explicitly in favour of publication of Part 1

Australia	Japan
Austria	Korea (Democratic People's Republic of)
Belgium	Korea (Republic of)
Czechoslovakia	Poland
Denmark	South Africa
Finland	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Hungary	Union of Soviet Socialist Republics
Israel	United Kingdom
Italy	

This publication is the seventh edition incorporating Amendments No 1 (1977), No 2 (1979) and No 3 (1980)

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES

Première partie : Valeurs nominales et caractéristiques de fonctionnement

SECTION UN — DOMAINE D'APPLICATION

1 Domaine d'application

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

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

Note — Si certains articles de cette norme doivent être modifiés pour permettre des applications spéciales, par exemple pour les matériels soumis à des rayonnements ou les matériels aérospatiaux, tous les autres restent valides, pour autant qu'ils ne soient pas en contradiction avec ces spécifications particulières

SECTION DEUX — DÉFINITIONS

2 Généralités

Pour les définitions de termes généraux employés dans la présente recommandation, il convient de se reporter au Chapitre 411 du Vocabulaire Electrotechnique International (Voir Publication 50(411) de la CEI)

Pour les besoins de la présente publication, les définitions suivantes sont applicables

2.1 *Service nominal*

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

2.2 *Valeur nominale*

Valeur numérique d'une grandeur entrant dans la définition du service nominal

2.3 *Puissance nominale*

Valeur numérique de la puissance entrant dans la définition du service nominal

2.4 *Régime*

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

2.5 *Fonctionnement à vide*

Etat de fonctionnement d'une machine tournant à sa vitesse normale au régime nominal sans qu'elle ait à fournir de la puissance

ROTATING ELECTRICAL MACHINES

Part 1 : Rating and performance

SECTION ONE — SCOPE

1 Scope

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

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

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

SECTION TWO — DEFINITIONS

2 General

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

For the purpose of this publication, the following definitions apply

2.1 Rating

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

2.2 Rated value

The numerical value of the quantity included in the rating

2.3 Rated output

The numerical value of the output included in the rating

2.4 Load

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

2.5 No-load

The state of a machine rotating at normal speed under rated condition except that no output is required of it

2 6 *Repos*

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

2 7 *Service*

Stipulation des régimes, y compris les périodes de fonctionnement à vide et de repos auxquels la machine est soumise, de leurs durées et de leur ordre de succession dans le temps

2 8 *Service type*

Service comprenant un ou plusieurs régimes constants pendant des durées spécifiées pouvant inclure le service temporaire

2 9 *Equilibre thermique*

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

2 10 *Facteur de marche*

Rapport entre le temps de fonctionnement en charge, y compris le démarrage et le freinage électrique, et la durée d'un cycle, exprimé en pour-cent

2 11 *Couple à rotor bloqué*

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

2 12 *Courant à rotor bloqué*

Valeur efficace mesurée en régime établi du courant absorbé par le moteur à l'arrêt lorsqu'il est alimenté à la tension et à la fréquence nominales

2 13 *Couple minimal pendant le démarrage (d'un moteur à courant alternatif)*

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

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

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

2 14 *Couple de décrochage (maximal) d'un moteur à courant alternatif*

Couple le plus élevé que le moteur peut développer en fonctionnement à la température de régime, à la tension et à la fréquence assignées, sans chute brutale de vitesse

Cette définition ne peut pas s'appliquer aux moteurs asynchrones dont le couple diminue continuellement quand la vitesse croît

Note — Le couple est la caractéristique moyenne habituelle qui ne tient pas compte des phénomènes transitoires

2 15 *Couple de décrochage synchrone*

Couple le plus élevé qu'une machine synchrone peut développer sans perte de synchronisme en fonctionnement à sa température de régime, à la tension, à la fréquence et à l'excitation assignées

2 6 *Rest and de-energized*

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

2 7 *Duty*

A statement of the loads including no-load and rest and de-energized periods to which the machine is subjected, including their duration and sequence in time

2 8 *Duty type*

A continuous, short-time or conventional periodic duty consisting of one or more sets of loads remaining constant for the duration specified

2 9 *Thermal equilibrium*

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

2 10 *Cyclic duration factor*

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

2 11 *Locked rotor torque*

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

2 12 *Locked rotor current*

The measured steady-state root mean square current taken from the line with the motor at rest, with rated voltage and frequency applied

2 13 *Pull-up torque (of an a c motor)*

The smallest torque developed by the motor between zero speed and the speed which corresponds to the pull-out torque when the motor is supplied at the rated voltage and frequency

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

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

2 14 *Breakdown torque of an a c motor*

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

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

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

2 15 *Pull-out torque of a synchronous motor*

The maximum sustained torque which the machine will develop at operating temperature and at synchronous speed with rated voltage applied at rated frequency and with rated excitation

2 16 *Fluide de refroidissement*

Fluide (liquide ou gaz) grâce auquel la chaleur est transportée

Note. — Pour d'autres définitions concernant les modes et les fluides de refroidissement, se référer à la Publication 34-6 de la C E I: Sixième partie: modes de refroidissement des machines tournantes

2 17 *Isolation supplémentaire*

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

SECTION TROIS — SERVICE ET SERVICE NOMINAL

- 3 L'indication du service doit être donnée par l'acheteur avec toute la précision possible. Dans certains cas où la charge ne varie pas ou bien varie de façon prévisible, elle peut être indiquée numériquement ou à l'aide de graphiques représentant les variations en fonction du temps des grandeurs variables. Lorsque la suite réelle des valeurs dans le temps est indéterminée, on doit indiquer une suite fictive, au moins aussi sévère que la suite réelle ou bien la choisir parmi l'un des services types énumérés à l'article 4.

L'attribution du service nominal doit être faite par le constructeur en vue de définir les possibilités de la machine. Que la machine porte ou non l'indication du service type défini à l'article 4, elle doit porter une plaque donnant la valeur des grandeurs qui lui sont attribuées par le constructeur, conformément à la définition du service nominal donnée à l'article 2. En outre, étant donné que les machines électriques ont des échauffements qui sont fonction du temps et que ces échauffements sont limités conformément à la présente recommandation, le terme «service nominal» doit être complété par un qualificatif indiquant la durée pendant laquelle la machine peut fonctionner tout en satisfaisant à la présente recommandation. Lorsqu'une machine est construite en vue d'un usage général, elle doit pouvoir assurer son service nominal indéfiniment et le qualificatif doit l'indiquer. Lorsqu'une machine est construite en vue de fonctionner à un ou plusieurs régimes variables comprenant des périodes de fonctionnement à vide ou des périodes de repos, ceci doit également être indiqué par un qualificatif approprié.

Le constructeur attribue le service nominal à la machine en se basant sur ses connaissances, son expérience et son jugement; en outre, une certaine période d'exploitation et d'entretien par le constructeur au lieu d'installation est habituellement prévue; il suffit donc normalement, dans le cas où un essai est spécifié, d'essayer la machine aux valeurs du service nominal équivalent. Dans les cas, cependant, où l'acheteur désire que la machine soit essayée dans les conditions du service réel ou estimé, un accord entre le constructeur et l'acheteur doit être conclu à ce sujet, étant bien entendu qu'une telle procédure n'est pas d'une application générale. Il faut reconnaître que des essais s'étendant sur une période limitée ne peuvent pas à eux seuls assurer qu'une machine fonctionnera sans incident pendant des années et qu'en définitive l'expérience et la conscience professionnelle du constructeur représentent la meilleure garantie pour l'acheteur. Il convient d'en tenir compte lorsque l'on recherche un accord sur les essais.

4 **Service types ***

Les services-types sont classés comme suit

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

2 16 **Coolant**

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

Note — For other definitions concerning cooling and coolants, reference should be made to IEC Publication 34 6; Part 6 Methods of cooling rotating machinery

2 17 **Supplementary insulation**

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

SECTION THREE — DUTY AND RATING

- 3 The declaration of duty shall be made by the purchaser as accurately as possible. In certain cases, where the load does not vary or where it varies in a predeterminable manner, it may be declared numerically or with the aid of time-sequence graphs of the variable quantities. Where the true time-sequence is indeterminate, a fictitious time-sequence, not less onerous than the true one, shall be nominated or selected from the duty types listed in Clause 4.

The assignment of rating shall be made by the manufacturer to signify the capabilities of the machine. Irrespective of whether the machine carries an indication of the duty as described in Clause 4, it shall carry a plate giving the values of the quantities assigned to it by the manufacturer in accordance with the definition of rating given in Clause 2. In addition, since electrical machines have a time-rate of temperature rise and since the rise of temperature in accordance with this Recommendation is limited, a qualifying term shall precede the term “rating” to give an indication of the duration for which the machine may be run at the assigned values while complying with the Recommendation. Where a machine is manufactured for general purposes, it shall be capable of supplying its rating indefinitely and the qualifying term shall signify this. Where a machine is manufactured with the intention that it will be used to supply varying loads or loads including periods of no-load or periods where the machine will be in a state of rest and de-energized, the qualifying term shall signify this.

Since the rating is assigned to the machine by the manufacturer from his knowledge, experience and best estimate, and since a certain maintenance period on site is usually agreed, it will normally be sufficient to test a machine, where a test is required, to the equivalent rating. In cases, however, where a purchaser wishes to have the machine tested to the actual or estimated duty, this should be arranged by agreement between manufacturer and purchaser bearing in mind that such a procedure is not generally applicable. It should be recognized that no tests over a restricted period of time can, of themselves, ensure that a machine will run trouble-free over a period of years and that in the long-run, the experience and integrity of the manufacturer is the purchaser's main safeguard. This should be taken into account when agreement for tests is being reached.

4 **Duty types ***

The duty types are classified as follows

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

4 1 *Service continu (S1)*

Service consistant en un fonctionnement à régime constant d'une durée suffisante pour que l'équilibre thermique soit atteint (voir figure 1, page 80)

4 2 *Service temporaire (S2)*

Service à régime constant pendant un temps déterminé, moindre que celui requis pour atteindre l'équilibre thermique, suivi d'un repos d'une durée suffisante pour rétablir à 2 deg C près l'égalité de température avec celle du milieu refroidissant (voir figure 2, page 81)

4 3 *Service intermittent périodique (S3) **

Service composé d'une suite de cycles identiques comprenant chacun un temps de fonctionnement à un régime constant et un temps de repos (voir figure 3, page 82) et tels qu'au cours de chacun d'eux le courant de démarrage n'influence pas l'échauffement d'une façon marquée

4 4 *Service intermittent périodique à démarrage (S4) **

Service composé d'une suite de cycles identiques comprenant chacun un temps appréciable de démarrage, un temps de fonctionnement à régime constant et un temps de repos (voir figure 4, page 83)

4 5 *Service intermittent périodique à freinage électrique (S5) **

Service composé d'une suite de cycles identiques comprenant chacun un temps de démarrage, un temps de fonctionnement à régime constant, un temps de freinage électrique rapide et un temps de repos (voir figure 5, page 84)

4 6 *Service ininterrompu périodique à charge intermittente (S6) **

Service composé d'une suite de cycles identiques comprenant chacun un temps de fonctionnement à régime constant et un temps de fonctionnement à vide Il n'existe pas de temps de repos (voir figure 6, page 85)

4 7 *Service ininterrompu périodique à freinage électrique (S7) **

Service composé d'une suite de cycles identiques comprenant chacun un temps de démarrage, un temps de fonctionnement à régime constant et un temps de freinage électrique Il n'existe pas de temps de repos (voir figure 7, page 86)

4 8 *Service ininterrompu à changement de vitesse périodique (S8) **

Service composé d'une suite de cycles identiques comprenant chacun un temps de fonctionnement à régime constant correspondant à une vitesse de rotation déterminée, suivi d'un ou plusieurs temps de fonctionnement à d'autres régimes correspondant à des vitesses de rotation différentes (réalisées par exemple par changement du nombre de pôles dans le cas des moteurs à induction) Il n'existe pas de temps de repos (voir figure 8, page 87)

5 **Classes de service nominal**

En spécifiant le service nominal, le constructeur devra choisir l'une des classes, définies ci-après dans les paragraphes 5 1 à 5 4

* La période est en général de trop courte durée pour que l'équilibre thermique soit atteint (voir le paragraphe 5 4)

4 1 *Continuous running duty type (S1)*

Operation at constant load of sufficient duration for thermal equilibrium to be reached (see Figure 1, page 80)

4 2 *Short-time duty type (S2)*

Operation at constant load during a given time, less than that required to reach thermal equilibrium, followed by a rest and de-energized period of sufficient duration to re-establish machine temperatures within 2 deg C of the coolant (see Figure 2, page 81)

4 3 *Intermittent periodic duty type (S3) **

A sequence of identical duty cycles, each including a period of operation at constant load and a rest and de-energized period (see Figure 3, page 82) In this duty type, the cycle is such that the starting current does not significantly affect the temperature rise

4 4 *Intermittent periodic duty type with starting (S4) **

A sequence of identical duty cycles, each cycle including a significant period of starting, a period of operation at constant load and a rest and de-energized period (see Figure 4, page 83)

4 5 *Intermittent periodic duty type with electric braking (S5) **

A sequence of identical duty cycles, each cycle consisting of a period of starting, period of operation at constant load, a period of rapid electric braking and a rest and de-energized period (see Figure 5, page 84)

4 6 *Continuous-operation periodic duty type (S6) **

A sequence of identical duty cycles, each cycle consisting of a period of operation at constant load and a period of operation at no-load There is no rest and de-energized period (see Figure 6, page 85)

4 7 *Continuous-operation periodic duty type with electric braking (S7) **

A sequence of identical duty cycles, each cycle consisting of a period of starting, a period of operation at constant load and a period of electric braking There is no rest and de-energized period (see Figure 7, page 86)

4 8 *Continuous-operation periodic duty type with related load/speed changes (S8) **

A sequence of identical duty cycles, each cycle consisting of a period of operation at constant load corresponding to a predetermined speed of rotation, followed by one or more periods of operation at other constant loads corresponding to different speeds of rotation (carried out for example by means of a change of the number of poles in the case of induction motors) There is no rest and de-energized period (see Figure 8, page 87)

5 **Rating**

In assigning the rating, the manufacturer shall select one of the following for the rating classes defined in Sub-clauses 5 1 to 5 4

* The period is generally too short for thermal equilibrium to be obtained (see Sub-clause 5 4)

5 1 *Service nominal continu maximal*

Stipulation par le constructeur de la charge et des conditions dans lesquelles la machine peut fonctionner pendant une durée illimitée tout en satisfaisant aux prescriptions de la présente recommandation

5 2 *Service nominal temporaire*

Stipulation par le constructeur de la durée, de la charge et des conditions dans lesquelles la machine peut fonctionner pendant une durée limitée, en partant de la température ambiante, tout en satisfaisant aux prescriptions de la présente recommandation. Les durées préférentielles pour le service nominal temporaire sont 10 min, 30 min, 60 min et 90 min

5 3 *Service nominal continu équivalent*

Stipulation par le constructeur, à des fins d'essais, de la charge et des conditions dans lesquelles la machine peut fonctionner jusqu'à ce que l'équilibre thermique soit atteint réalisant ainsi l'équivalence avec l'un des services types énumérés à l'article 4 tout en satisfaisant aux prescriptions de la présente recommandation

5 4 *Service nominal cyclique*

Stipulation par le constructeur des charges et des conditions dans lesquelles la machine peut fonctionner suivant des cycles tout en satisfaisant aux prescriptions de la présente recommandation

Si ce genre de service nominal est appliqué, il doit correspondre à l'un des services types définis à l'article 4

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

15 %, 25 %, 40 %, 60 %

Afin de permettre au constructeur de choisir le service nominal approprié, l'acheteur doit donner des détails complets sur le service demandé

5 5 *Facteur d'inertie (FI) — Constante d'énergie cinétique*

La constante d'énergie cinétique du moteur (H) (voir Publication 34-4 de la CEI) à la vitesse nominale et la constante d'énergie cinétique de la charge (H) à la vitesse nominale doivent être spécifiées. Cette dernière peut être donnée sous la forme du facteur d'inertie (FI) qui est le rapport du moment d'inertie total de la charge (rapporté à l'arbre du moteur), augmenté du moment d'inertie du moteur, au moment d'inertie du moteur

6 **Désignation**

Le service type est désigné par l'une des abréviations indiquées à l'article 4. Pour le service S2, l'abréviation est suivie de la durée du service. Pour les services S3 et S6, les abréviations sont suivies de l'indication du facteur de marche

Exemples S2 60 min
 S3 25 %
 S6 40 %

5.1 *Maximum continuous rating*

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

5.2 *Short-time rating*

The statement of the load, time and conditions assigned to the machine by the manufacturer at which the machine may be operated for a limited period, starting at the ambient temperature, while complying with the requirements of this Recommendation. The preferred times for short-time ratings are 10 min, 30 min, 60 min, 90 min

5.3 *Equivalent continuous rating*

The statement of the load and conditions assigned to the machine, for test purposes, by the manufacturer at which the machine may be operated until thermal equilibrium is reached, and which is considered to be equivalent to one of the duty types listed in Clause 4 while complying with the requirements of this Recommendation

5.4 *Duty-type ratings*

Statement of the loads and conditions assigned to the machine by the manufacturer at which the machine may be operated on duty cycles while complying with the requirements of this Recommendation

This class of rating if applied shall correspond to one of the duty types described in Clause 4

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%

To enable the manufacturer to properly assign the duty cycle rating, the purchaser shall provide full details of the required duty

5.5 *Factor of inertia (FI) — Stored energy constant*

The motor stored energy constant (H) (see IEC Publication 34-4) at rated speed, and the load stored energy constant (H) at rated speed shall be stated. The latter may be given in the form of a factor of inertia (FI) which is the ratio of the total load moment of inertia (referred to the motor shaft) plus the motor moment of inertia, to the motor moment of inertia

6 **Designation**

A duty type is designated by means of the abbreviations given in Clause 4. For the duty type S2, the abbreviation is followed by an indication of the duration of the duty. For duty types S3 and S6, the abbreviations are followed by the cyclic duration factor

Examples S2 60 min
 S3 25 %
 S6 40 %

<i>Exemples</i>	S4	25%	moteur H 2	charge H 4
	ou S4	25%	moteur H 2	FI 3

<i>Exemples</i>	S7	moteur H 1	charge H 5
	ou S7	moteur H 1	FI 6

Exemples						
S8	moteur H 1	charge H 9	24 kW	740 tr/min	30%	
	moteur H 1	charge H 9	60 kW	1 460 tr/min	30%	
	moteur H 1	charge H 9	45 kW	980 tr/min	40%	
	ou S8	moteur H 1	FI 10	24 kW	740 tr/min	30%
	moteur H 1	FI 10	60 kW	1 460 tr/min	30%	
	moteur H 1	FI 10	45 kW	980 tr/min	40%	

Le service nominal doit être spécifié conformément aux prescriptions de la présente section et marqué sur la plaque signalétique conformément à la section dix

~~Pour les machines prévues pour plusieurs services nominaux, la machine doit être conforme à tous points de vue à la présente recommandation pour chaque service nominal~~

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

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

• Pour toute machine, la puissance nominale normale, exprimée en kilowatts, doit être choisie parmi la série R40 des nombres normaux, arrondis en conformité avec la Recommandation ISO/R 497

Si une publication spécifique de la CEI s'applique à une certaine machine, les puissances nominales doivent être conformes à toute série éventuellement spécifiée dans cette norme

81 *Génératrices de courant continu*

La puissance nominale est la puissance utile aux bornes, exprimée en watts (W)

For the duty types S4 and S5, the abbreviations are followed by the indication of the cyclic duration factor, and the motor stored energy constant (H) and the load stored energy constant (H) or the motor stored energy constant (H) and the factor of inertia (FI)

Examples S4 25% motor H 2 load H 4
or S4 25% motor H 2 FI 3

For the duty type S7, the abbreviation is followed by the motor stored energy constant (H) and the load stored energy constant (H) or the motor stored energy constant (H) and the factor of inertia (FI)

Examples : S7 motor H 1 load H 5
or S7 motor H 1 FI 6

For the duty-type S8, the abbreviation is followed by the motor stored energy constant (H) and the load stored energy constant (H) or the motor stored energy constant (H) and the factor of inertia (FI) together with the load, speed and cyclic duration factor for each steady speed condition

<i>Examples</i>	S8	motor H 1	load H 9	24 kW	740 rev/min	30 %
		motor H 1	load H 9	60 kW	1 460 rev/min	30 %
		motor H 1	load H 9	45 kW	980 rev/min	40 %
or S8	motor H 1	FI 10	24 kW	740 rev/min	30 %	
		FI 10	60 kW	1 460 rev/min	30 %	
		FI 10	45 kW	980 rev/min	40 %	

7 Assignment of ratings

Ratings shall be assigned in accordance with the recommendations of this Section and marked on the rating plate in accordance with Section Ten

For machines with multiple sets of ratings, the machine shall comply with this Recommendation in all respects at each set of ratings

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

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

For all machines the preferred output ratings, expressed in kilowatts, shall be taken from the R40 series of preferred numbers, rounded-off in accordance with ISO Recommendation R 497

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

8 Output ratings

8.1 D C generators

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

8 2 *Alternateurs*

La puissance nominale est la puissance électrique apparente aux bornes, exprimée en volt-ampères (VA) complétée par l'indication du facteur de puissance

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

8 3 *Moteurs*

La puissance nominale est la puissance mécanique disponible sur l'arbre, exprimée en watts (W)

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

8 4 *Compensateurs synchrones*

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

9 **Tensions nominales**

9 1 *Tension nominale*

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

9 2 *Génératrices prévues pour fonctionner dans une plage de tensions d'étendue relativement faible*

Génératrices de courant continu

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

Alternateurs

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

10 **Régimes nominaux**

10 1 *Moteurs à plusieurs vitesses*

Pour les moteurs à plusieurs vitesses, un régime nominal particulier doit être stipulé pour chaque vitesse

10 2 *Moteurs à vitesse variable*

Pour les moteurs à vitesse variable, un régime nominal particulier doit être stipulé pour la vitesse la plus élevée et la vitesse la plus basse de la plage spécifiée. Si des régimes nominaux à des valeurs intermédiaires de la vitesse présentent de l'importance, ils doivent être spécifiés

8 2 *A C generators*

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

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

8 3 *Motors*

The mechanical power available at the shaft, expressed in watts (W)

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

8 4 *Synchronous condensers*

The rating at the terminals shall be expressed in volt-amperes reactive (var) in both the under-excited and over-excited conditions

9 **Voltage ratings**

9 1 *Rated voltage*

The voltage between lines at the terminals of the machines at rated output

9 2 *Generators rated for operation over a relatively small specified range of voltages*

D C generators

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

A C generators

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

10 **General ratings**

10 1 *Ratings for multi-speed motors*

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

10 2 *Ratings for variable-speed motors*

For a variable-speed motor definite ratings shall be assigned for the highest and lowest speed in the range specified. If ratings at intermediate speeds are important, they shall be specified

SECTION QUATRE — CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT

11 Altitude, température et fluide de refroidissement

Sauf accord contraire entre le constructeur et l'acheteur, les machines doivent être établies pour les conditions d'utilisation suivantes

11.1 Altitude

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

Les machines destinées à fonctionner dans des emplacements où l'altitude est supérieure à 1 000 m font l'objet du paragraphe 16.3

Pour les machines destinées à fonctionner dans des emplacements où, en raison de l'altitude élevée, la température du fluide de refroidissement est faible, voir le paragraphe 16.3

11.2 Température du fluide de refroidissement

La température de l'air de refroidissement est sujette à des variations saisonnières mais ne dépasse pas 40 °C

Les machines destinées à fonctionner avec un fluide de refroidissement dont la température maximale diffère de 40 °C font l'objet du paragraphe 16.3

Pour les machines munies d'hydropourfroidisseurs, la température de l'eau à l'entrée du réfrigérant est supposée ne pas dépasser 25 °C

11.3 Caractéristiques du gaz employé comme fluide de refroidissement dans les machines refroidies à l'hydrogène

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

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

Pour calculer le rendement conformément à la Publication 34-2 de la CEI, la composition type du mélange gazeux doit être de 98 % d'hydrogène et 2 % d'air en volume, à des valeurs établies de pression et de température du fluide refroidi, sauf accord contraire entre le constructeur et l'acheteur. Les pertes par ventilation doivent être calculées pour la densité correspondante

12 Conditions électriques

12.1 Alimentation électrique

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

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

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

SECTION FOUR — OPERATING CONDITIONS

11 **Altitude, temperature and coolant**

Machines shall be designed for the following site conditions, unless agreed otherwise between the manufacturer and the purchaser

11.1 *Altitude*

Height above sea level not exceeding 1 000 m

Machines intended for service on sites where the altitude is in excess of 1 000 m are covered by Sub-clause 16.3

For machines intended for service on a site where the coolant temperature is low, by reason of high altitude, see Sub-clause 16.3

11.2 *Temperature of the coolant*

The temperature of the cooling air is subject to seasonal variations but does not exceed 40 °C

Machines intended for service with a maximum temperature of coolant other than 40 °C are covered by Sub-clause 16.3

For machines having water-cooled heat exchangers, the temperature of the water at the intake to the heat exchangers should be assumed not to exceed 25 °C

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

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

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

For calculating efficiency in accordance with IEC Publication 34-2, the standard composition of the gaseous mixture shall be 98% hydrogen and 2% air by volume, at the specified values of pressure and re-cooled temperature, unless otherwise agreed between the manufacturer and the purchaser. Windage losses shall be calculated at the corresponding density

12 **Electrical conditions**

12.1 *Electrical supply*

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

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

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

12 2 Forme et symétrie des courants et des tensions

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

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

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

- a)* La tension est considérée comme pratiquement sinusoïdale si, lorsqu'on alimente un moteur à courant alternatif sous la charge nominale, la forme de l'onde est telle que la différence entre sa valeur instantanée et la valeur instantanée de la composante fondamentale n'excède pas 5 % de l'amplitude de cette dernière. Pendant les essais d'échauffement spécifiés dans la section cinq, cette différence d'amplitude ne doit pas excéder 2,5 %.
- b)* Un système de tensions polyphasé est estimé former un système pratiquement symétrique si la tension de la composante inverse ne dépasse pas 1 % de la tension de la composante directe pendant une longue période, ou 1,5 % pendant une courte période n'excédant pas quelques minutes, et si la tension de la composante homopolaire n'excède pas 1 % de la tension des composantes directes.

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

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

12 2 2 Dans le cas d'une génératrice de courant alternatif, le circuit sur lequel elle débite est supposé être pratiquement non déformant et pratiquement symétrique comme défini aux points *a)* et *b)* ci-dessous.

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

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

12 2 Form and symmetry of currents and voltages

Machines shall be so designed as to be capable of operating under the conditions detailed in Sub-clauses 12 2 1, 12 2 2 (see also Clause 22) or 12 2 3 as appropriate

12 2 1 In the case of an a c motor, the supply voltage is assumed to be virtually sinusoidal as defined in item *a*) below In the case of a polyphase motor, the supply voltages are also assumed to form a virtually balanced system as defined in Item *b*) below

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

- (*a*) The voltage is considered to be virtually sinusoidal, if, when supplying an a c motor at rated load, the waveform is such that the difference between the instantaneous value and the instantaneous value of the fundamental component does not exceed 5% of the amplitude of the latter In temperature-rise testing, as specified in Section Five, such amplitude difference shall not exceed 2 5%
- (*b*) A polyphase voltage system is deemed to form a virtually balanced system if the negative sequence component of the system of voltages does not exceed 1% over a long period, or 1 5% for a short period not exceeding a few minutes, and the voltage of the zero-sequence component does not exceed 1% of the voltage of the positive-sequence components

In temperature-rise testing as specified in Section Five, the voltage component of the negative-sequence system shall be less than 0 5% of the positive-sequence system, the influence of the zero-sequence system being eliminated By agreement between the manufacturer and the purchaser, the negative-sequence component of the system of currents may be measured instead of the negative-sequence component of the voltages, and this shall not exceed 2 5% of the positive-sequence components of the system of currents

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

12 2 2 In the case of an a c generator, the circuit which it supplies is assumed to be virtually non-deforming and virtually balanced as defined in Items *a*) and *b*) below

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

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

- 12 2 3 Dans le cas d'un moteur à courant continu alimenté par un convertisseur statique de puissance, la forme de l'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 est plus difficile qu'avec un moteur à courant continu alimenté par une source de courant continu pur

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

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

12 3 *Variations de tension au cours du fonctionnement*

Les génératrices conformes aux présentes règles doivent pouvoir fournir, à leur vitesse assignée, à leur puissance assignée (et à leur facteur de puissance assigné dans le cas de génératrices à courant alternatif) une tension pouvant varier entre 95 % et 105 % de leur tension assignée

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

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

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

Note — Les machines ne doivent pas être soumises en service à des charges dépassant la charge assignée ou à des conditions s'éloignant des conditions assignées, à moins que l'on ne soit informé qu'elles conviennent à un tel usage

12 4 *Mise à la terre du neutre d'une machine*

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

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

Note — La mise à la terre ou l'interconnexion de points neutres de machines ne doit jamais être effectuée sans consultation des constructeurs des machines, à cause des dangers de circulation de courants homopolaires de toute fréquence dans certaines conditions de fonctionnement et des risques d'incidents mécaniques aux enroulements au moment de défauts entre phase et neutre

13 **Article supprimé lors de la Modification n° 2**

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

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

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

12.3 *Voltage variations during operation*

Generators complying with these requirements shall be capable of supplying their rated output at rated speed (and at rated power-factor in the case of a c generators) at a voltage that may vary between 95% and 105% of their rated voltage.

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

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

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

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

12.4 *Machine neutral earthing*

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

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

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

SECTION CINQ — ÉCHAUFFEMENT

14 Conditions pendant l'essai d'échauffement

14 1 Température du fluide de refroidissement

L'essai de la machine peut s'effectuer à une température quelconque convenable du fluide de refroidissement. Si la température du fluide de refroidissement au cours des essais d'échauffement diffère de plus de 30 deg C de la température spécifiée (ou calculée conformément au paragraphe 16 3 10) pour le fonctionnement au lieu d'installation, les corrections indiquées au paragraphe 16 3 doivent être effectuées.

14 2 Mesure de la température du fluide de refroidissement au cours des essais

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

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

14 2 1 Machines ouvertes refroidies par l'air ou le gaz environnant

La température de l'air ou du gaz environnant est mesurée au moyen de thermomètres répartis autour et à mi-hauteur de la machine, à une distance de 1 m à 2 m à l'abri de tout rayonnement de chaleur et des courants d'air.

14 2 2 Machines fermées à réfrigérants séparés et à canalisations d'air

La température du fluide de refroidissement est mesurée à son entrée dans la machine.

14 2 3 Machines fermées à réfrigérants intérieurs

La température du fluide de refroidissement est mesurée à la sortie des réfrigérants. Dans le cas des machines munies d'hydro-réfrigérants, la température de l'eau est mesurée à son entrée dans le réfrigérant.

15 Méthodes de mesure des échauffements

15 1 Échauffement d'un organe de machine

L'échauffement d'un organe de machine est la différence entre la température de cet organe, mesurée par la méthode appropriée, conformément aux paragraphes 15 3 à 15 7, et la température du fluide de refroidissement, mesurée conformément aux paragraphes 14 1 et 14 2.

15 2 Méthodes de mesure des températures

Trois méthodes sont admises pour déterminer la température des enroulements et des autres parties.

- a) méthode par thermomètre;
- b) méthode par variation de résistance;
- c) méthode par indicateurs internes de température.

SECTION FIVE — TEMPERATURE RISE

14 Conditions during temperature-rise test

14 1 *Temperature of coolant*

A machine may be tested at any convenient value of coolant temperature. If the temperature of the coolant during the temperature-rise tests differs by more than 30 deg C from that specified (or assumed from Sub-clause 16 3 10) for operation on site, the corrections given in Sub-clause 16 3 shall be made.

14 2 *Measurement of coolant temperature during tests*

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

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

14 2 1 *Open machines cooled by ambient air or gas*

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

14 2 2 *Closed machines with external coolers and with ventilation ducts*

The temperature of the coolant is measured at the intake of the machine.

14 2 3 *Closed machines with internal coolers*

The temperature of the coolant is measured at the outlet of the heat exchangers. In the case of machines having water cooled heat exchangers, the temperature of the water shall be measured at the intake to the cooler.

15 Methods of measurement of temperature rise

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

The temperature rise of a part of a machine is the difference in temperature between that part of the machine measured by the appropriate method in accordance with Sub-clause 15 3 to 15 7, and the coolant measured in accordance with Sub-clauses 14 1 and 14 2.

15 2 *Methods of measurement of temperatures*

Three methods of determining the temperature of windings and other parts are recognized.

- a) thermometer method,
- b) resistance method,
- c) embedded temperature detector method.

15 3 Méthodes de mesure des températures d'enroulements

Pour mesurer la température des enroulements statoriques à courant alternatif de turbo-machines de puissance nominale égale ou supérieure à 5 000 kW (ou kVA), de machines à pôles saillants et de machines à induction de puissance nominale égale ou supérieure à 5 000 kW (ou kVA), ou dont la longueur axiale de noyau est égale ou supérieure à 1 m, la méthode de mesure à appliquer est la méthode par variation de résistance ou la méthode par indicateurs internes de température. Sauf accord contraire entre le constructeur et l'acheteur, c'est la méthode par indicateurs internes de température qui est appliquée.

Pour les enroulements d'excitation, la méthode préférée est la méthode par variation de résistance.

Pour les enroulements statoriques de machines autres que les grosses machines mentionnées ci-dessus ou des machines n'ayant qu'un faisceau par encoche, la méthode par indicateurs internes de température n'est pas admise et c'est la méthode par variation de résistance qui doit être appliquée avec les mêmes limites d'échauffement.

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

La méthode par thermomètre est applicable dans les cas où ni la méthode par indicateurs internes de température, ni celle par variation de résistance ne sont applicables.

L'emploi de la méthode par thermomètre est aussi admis dans les cas suivants :

- a) Lorsqu'il est impossible de déterminer l'échauffement par variation de résistance comme, par exemple, dans le cas des bobines de commutation et enroulements compensateurs de faible résistance et, de façon générale, dans le cas des enroulements de faible résistance, notamment lorsque la résistance des jonctions et connexions représente une proportion importante de la résistance totale.
- b) Enroulements en une seule couche, tournants ou fixes.
- c) Lorsque pour des raisons de fabrication en série, la méthode par thermomètre est utilisée seule, bien que la méthode par variation de résistance soit possible.

Note — Il n'est pas prévu que des mesures soient faites concurremment par thermomètre et par variation de résistance et les valeurs d'échauffement données dans le tableau I pour la méthode par thermomètre et la méthode par variation de résistance ne doivent pas être utilisées pour un contrôle mutuel.

Si l'acheteur désire qu'une mesure au thermomètre soit faite en plus de la mesure par variation de résistance, l'échauffement déterminé au moyen du thermomètre, placé au point accessible le plus chaud, doit faire l'objet d'un accord particulier, mais ne doit en aucun cas dépasser :

- 65 deg C pour des enroulements à isolation de la classe A ;
- 80 deg C pour des enroulements à isolation de la classe E ;
- 90 deg C pour des enroulements à isolation de la classe B ;
- 110 deg C pour des enroulements à isolation de la classe F ;
- 135 deg C pour des enroulements à isolation de la classe H

15 4 Méthode par thermomètre

Cette méthode consiste à mesurer la température au moyen de thermomètres appliqués sur les surfaces accessibles de la machine achevée. Le terme thermomètre comprend également les couples thermoélectriques non noyés et les thermomètres à résistance, sous réserve qu'ils soient utilisés en des points accessibles aux thermomètres à réservoir ordinaires.

15 3 *Methods of measuring temperatures of windings*

For measuring the temperature of a c stator windings of turbine-type machines having a rated output of 5 000 kW (or kVA) or more, of salient pole machines and induction machines having a rated output of 5 000 kW (or kVA) or more, or a core length of 1 m or more, the method of measurement shall be by resistance or by embedded temperature detectors. The embedded temperature detector method shall be used, unless otherwise agreed between the manufacturer and the purchaser.

For field windings, the preferred method is by the increase of resistance of the winding.

For stator windings of machines other than the larger machines referred to above or machines having only one coil side per slot, the embedded temperature detector method is not recognized, and the resistance method shall be used with the same limits of temperature rise.

Note — For checking the temperature of such a winding 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 much more closely the temperature of the winding and is therefore better for check tests, although the temperature there may be rather low. The relation between the temperature measured at that place to the temperature measured by resistance should be determined by a temperature-rise test and a suitable limit for the temperature measured by embedded detector corresponding to the allowed temperature by resistance should be agreed upon.

The thermometer method is applicable in the cases in which neither the embedded temperature detector method nor the resistance method is applicable.

The employment of the thermometer method is also recognized in the following cases:

- a) When it is not practicable to determine the temperature rise by the resistance method, as, for example, with low-resistance commutating coils and compensating windings, and, in general, with the case of low-resistance windings, especially when the resistance of joints and connections forms a considerable portion of the total resistance.
- b) Single-layer windings, revolving or stationary.
- c) When for reasons of manufacture in quantity, the thermometer method is used alone, although the resistance method would be possible.

Note — It is not intended that measurements by both thermometer method and the resistance method shall be required, and the figures of temperature rise given in Table I for the thermometer method and for the resistance method are not to be used as a check against one another.

If the purchaser wishes to have a thermometer reading taken in addition to the values determined by the resistance method, the temperature rise determined by thermometer, when placed at the hottest accessible spot, shall be the subject of special agreement, but it shall in no case exceed:

- 65 deg C if the windings are according to Class A;
- 80 deg C if the windings are according to Class E;
- 90 deg C if the windings are according to Class B;
- 110 deg C if the windings are according to Class F;
- 135 deg C if the windings are according to Class H.

15 4 *Thermometer method*

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

Lorsque des thermomètres à réservoir sont employés en des points où existent des champs magnétiques intenses variables ou mobiles, des thermomètres à alcool doivent être employés de préférence aux thermomètres à mercure

15 5 *Méthode par variation de résistance*

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

15 6 *Méthode de superposition*

Dans le cas des machines à courant alternatif et sur accord préalable, les mesures de résistance peuvent être effectuées sans interruption de l'essai par la méthode de superposition qui consiste à appliquer aux enroulements un courant continu de faible intensité se superposant au courant de charge

15 7 *Détermination de l'échauffement des enroulements en cuivre par l'augmentation de la résistance*

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

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

dans laquelle:

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

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

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

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

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

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

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

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

Note — Pour les métaux autres que le cuivre, on remplace le nombre 235 de la formule ci dessus par l'inverse du coefficient de température de la résistance à 0 °C pour le métal considéré

15 8 *Méthode de mesure par indicateurs internes de température*

On entend par indicateurs internes de température, soit des thermomètres à résistance, soit des couples thermoélectriques introduits dans la machine pendant la construction en des points qui sont inaccessibles lorsque la machine est en fonctionnement

15 9 *Méthodes de mesure de température au moyen d'indicateurs internes de température*

Lorsque cette méthode est appliquée, les indicateurs doivent être convenablement répartis entre les enroulements de la machine

When bulb thermometers are employed in places where there is a strong varying or moving magnetic field, alcohol thermometers should be used in preference to mercury thermometers

15 5 *Resistance method*

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

15 6 *Superposition method*

In the case of an a c machine, and after previous agreement, resistance measurements may be made without interruption of the test by the method of superposition which consists of applying to the windings a small d c measuring current superposed upon the load current

15 7 *Determination of temperature rise of copper windings from increase in the resistance*

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

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

where:

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

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

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

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

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

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

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

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

Note — For materials other than copper, replace the number 235 in the above formula with the reciprocal of the temperature coefficient of resistance at 0 °C for the material

15 8 *Embedded temperature detector (E T D) method*

Embedded temperature detectors are resistance thermometers or thermocouples built into the machine during construction at points which are inaccessible after the machine is completed

15 9 *Methods of temperature measurement by embedded temperature detectors*

When the E T D method is used, the detectors shall be suitably distributed throughout the machine windings

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

Dans le cas des machines visées au paragraphe 15 3, premier alinéa, le nombre d'indicateurs internes sera au moins égal à six

15 9 1 Deux faisceaux par encoche

Lorsque l'enroulement comprend deux faisceaux par encoche, les indicateurs doivent être placés entre les tubes isolants à l'intérieur des encoches

15 9 2 Plus de deux faisceaux par encoche

Lorsque l'enroulement comprend plus de deux faisceaux par encoche, chaque indicateur de température doit être placé entre les tubes isolants aux endroits présumés les plus chauds

15 10 Correction pour mesures relevées après arrêt

15 10 1 Dans le cas où la température ne peut être relevée qu'après l'arrêt de la machine, il y a lieu de tracer la courbe de refroidissement en déterminant les premiers points le plus rapidement possible. Il peut se présenter deux éventualités

- a) Si l'organe considéré se refroidit régulièrement à partir de l'arrêt, on peut déduire la température maximale à la fin de l'essai par extrapolation de la courbe de refroidissement en fonction du temps
- b) Si après l'arrêt des mesures successives accusent des températures augmentant d'abord pour diminuer seulement plus tard, l'extrapolation prévue ci-dessus devient inapplicable. On admet alors que la température maximale est la température relevée la plus élevée, sauf si au voisinage des points de mesure se trouvent d'autres points du même organe pour lesquels un échauffement plus élevé qu'au point de mesure est admissible. Dans ce dernier cas, on se borne à adopter la première des lectures effectuées

15 10 2 L'extrapolation n'est effectuée que si la température est mesurée après les intervalles de temps suivants, comptés à partir de l'instant de la coupure :

Puissances nominales kW (ou kVA)	Secondes après la coupure
De 0 à 50 inclus	30
Plus de 50 à 200 inclus	90
Plus de 200	Doit faire l'objet d'un accord particulier

15 10 3 Pour les machines à un faisceau par encoche, la méthode par variation de résistance peut être appliquée si la machine arrive suffisamment vite à l'arrêt, par exemple dans les 90 s qui suivent la coupure. S'il faut à la machine plus de 90 s pour arriver à l'arrêt après la coupure, la méthode de superposition (voir paragraphe 15 6) peut être employée si un accord est intervenu à ce sujet

15 10 4 Dans le cas des machines à grande inertie, l'emploi de la méthode d'extrapolation nécessite un accord entre le constructeur et l'acheteur

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

For the machines described in the first paragraph of Sub-clause 15 3, the number of embedded temperature detectors shall be not less than six

15 9 1 *Two coil-sides per slot*

When the winding has two coil-sides per slot, each detector shall be located between the insulated coil-sides within the slot

15 9 2 *More than two coil-sides per slot*

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

15 10 *Correction of measurements taken after the machine has come to rest*

15 10 1 In the case when the temperature can be measured only after the machine has come to rest, the cooling curve is plotted by determining the first points as rapidly as possible. Two possibilities may arise

- a) If the part considered cools down evenly from the moment of shutdown, the maximum temperature at the end of the test may be deduced by extrapolation of the cooling curve
- b) If after shutdown successive measurements reveal temperatures that increase first only to decrease later, the extrapolation laid down above becomes inapplicable. It is then accepted that the maximum temperature will be taken as the highest temperature measured, unless in the vicinity of the measuring points, there are other points of the same part for which a higher temperature rise is permissible than at the measuring point. In this latter case, it is sufficient to take the first of the readings which have been taken

15 10 2 Extrapolation is carried out only when the first measurement of temperature is made after the following periods from the instant of switching off the power

Rating kW (or kVA)	Delay after switching off power seconds
0-50 inclusive	30
Above 50 to 200 inclusive	90
Above 200	Subject to special agreement

15 10 3 For machines with one coil-side per slot, the resistance method may be used if the machine comes to a standstill sufficiently quickly, e.g. within 90 s after switching off the power. If the machine takes longer than 90 s to come to rest after switching off the power, the superposition method (see Sub-clause 15 6) may be used if previously agreed

15 10 4 In the case of machines with considerable inertia, the extrapolation method should only be used by agreement between the manufacturer and the purchaser

15 11 *Durée de l'essai d'échauffement en service continu*

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

15 12 *Essais d'échauffement pour les services autres que le service continu*

15 12 1 *Service temporaire (S2)*

La durée de l'essai est celle spécifiée pour le service. A la fin de l'essai, les limites d'échauffement spécifiées dans le tableau I ne doivent pas être dépassées.

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

15 12 2 *Autres services (S3 à S8)*

L'essai est interrompu quand l'équilibre thermique est atteint. Les mesures de températures doivent être effectuées à la fin de la période de plus grande valeur de charge dans chaque cycle de façon à s'assurer que l'équilibre thermique est atteint. Au milieu de la période de plus grande valeur de charge dans le dernier cycle de fonctionnement, l'échauffement ne doit pas dépasser les limites spécifiées au tableau I.

16 **Limites de températures et d'échauffements**

16.1 *Tableaux des températures* et des échauffements*

Le tableau I donne les limites des échauffements admissibles au-dessus de la température du fluide de refroidissement pour les machines refroidies à l'air et isolées avec des matières des classes A, E, B, F et H.

Pour les matières de la classe Y, les limites de l'échauffement admissible sont de 15 deg C inférieures à celles de la classe A.

Aucune limite d'échauffement n'est fixée jusqu'à présent pour les matières de la classe C.

Dans le cas des machines comportant des réfrigérants refroidis par de l'eau, les échauffements sont mesurés par rapport à la température du fluide de refroidissement primaire à sa sortie des réfrigérants. Toutefois, les échauffements peuvent, sur accord entre les parties, être mesurés par rapport à l'eau si la température de l'eau à l'entrée dans le réfrigérant ne dépasse pas 25 °C. Les échauffements limites du tableau sont alors augmentés de 10 deg C. Si la température de l'eau à l'entrée dépasse 25 °C, ce sont les règles du paragraphe 16.3 qui s'appliquent au fluide de refroidissement primaire. Pour les turbo-machines, il convient de se référer en outre à la Publication 34-3 de la CEI.

* Toutes les valeurs du tableau III représentent des températures, alors que celles des tableaux I et II représentent des échauffements.

15 11 *Duration of temperature-rise test for continuous rating*

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

15 12 *Temperature-rise tests for ratings other than continuous rating*

15 12 1 *Short-time rating (or duty type S2)*

Duration of the test is that specified for the rating. At the end of the test, the temperature-rise limits specified in Table I shall not be exceeded.

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

15 12 2 *Other types of rating (or duty types S3 to S8)*

The tests shall be terminated when thermal equilibrium has been reached. Temperature measurements shall be made at the end of the period of the greatest load value in each cycle for the purpose of checking that thermal equilibrium has been reached. At the middle of the period of greatest load value in the last cycle of operation, the temperature rise shall not be in excess of the limits specified in Table I.

16 **Limits of temperatures and temperature rises**

16 1 *Tables of temperatures * and temperature rises*

Table I gives the limits of permissible temperature rise above the coolant temperature for air-cooled machines insulated with materials in Classes A, E, B, F and H.

For Class Y materials, the limits of permissible temperature rise are 15 deg C lower than for Class A.

For Class C materials, no limits of temperature rise have yet been assigned.

In the case of machines having water-cooled heat exchangers, the temperature rises shall be measured above the temperature of the primary coolant at the outlet from heat exchangers. However, the temperature rises may, by agreement between the parties, be measured with respect to the water if the temperature of the water at the intake of the heat exchanger does not exceed 25 °C. The temperature-rise limits of the table are then increased by 10 deg C. If the water inlet temperature exceeds 25 °C, the provisions of Sub-clause 16 3 shall apply to the primary coolant conditions. For turbine-type machines, further reference should be made to IEC Publication 34-3.

* In Table III, all figures are total temperatures, whereas in Tables I and II the figures are temperature rises.

Pour les machines fonctionnant en service temporaire, les limites d'échauffement données dans le tableau I peuvent être, sur accord entre le constructeur et l'acheteur, dépassées de 10 deg C. Il convient toutefois de prendre des précautions pour appliquer cette disposition aux machines dans lesquelles d'autres effets peuvent occasionner des difficultés avant que la limite à court terme de la stabilité thermique de l'isolation ne soit atteinte, par exemple effet de dilatation et de contraction dans les machines de grande longueur.

Note — Cet échauffement supplémentaire est indépendant de ceux qui sont permis par ailleurs (par exemple au paragraphe 12.3).

Pour les machines possédant des enroulements indirectement refroidis par hydrogène, quand la température de ce fluide de refroidissement à la sortie de l'échangeur de chaleur ne dépasse pas 40 °C, le tableau II donne les limites d'échauffements admissibles au-dessus de la température de l'hydrogène de refroidissement.

Pour les machines ayant des parties actives directement refroidies par un gaz ou un liquide, le tableau III donne les limites des températures admissibles.

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

16.2 Enroulements statoriques de tension nominale supérieure à 11 000 V

a) Machines refroidies à l'air

Pour les enroulements statoriques à pleine isolation de tension nominale supérieure à 11 000 V, les limites d'échauffement doivent être réduites de

a₁) par tranche (ou fraction de tranche) de 1 000 V jusqu'à 17 000 V inclus:

- 1,5 °C en cas de mesure par thermomètre,
- 1 °C en cas de mesure par indicateur interne de température;

a₂) au-dessus de 17 000 V, une réduction supplémentaire de 0,5 °C, en cas de mesure par thermomètre ou par indicateur interne de température, est faite par tranche (ou fraction de tranche) de 1 000 V.

b) Machines à refroidissement indirect par l'hydrogène

Pour les enroulements statoriques de tension nominale supérieure à 11 000 V, la limite d'échauffement doit être réduite de:

- 1 °C par tranche (ou fraction de tranche) de 1 000 V jusqu'à 17 000 V inclus;
- 0,5 °C en plus par tranche (ou fraction de tranche) de 1 000 V, au-dessus de 17 000 V.

For machines operating on a short-time duty, the limits of temperature rise given in Table I may, by agreement between the manufacturer and the purchaser, be exceeded by 10 deg C. Care should however be taken in applying this provision to machines where other effects may give rise to difficulties before the short-time temperature-withstand limit of the insulation is reached, e.g. expansion and contraction effects in long machines.

Note — This excess temperature rise is independent of those permitted by other clause (e.g. Sub-clause 12.3).

For machines having windings indirectly cooled by hydrogen, when the temperature of this coolant at the outlet of the heat exchanger does not exceed 40 °C, Table II gives the limits of permissible temperature rise above the temperature of the hydrogen coolant.

For machines having active parts directly cooled by gas or liquid, Table III gives the limits of permissible temperature.

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

16.2 Stator windings for rated voltages in excess of 11 000 V

a) Air-cooled machines

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

- a₁) each 1 000 V (or part thereof) up to and including 17 000 V:
 - 1.5 °C when measurements are made by thermometer,
 - 1 °C when measurements are made by embedded temperature detector,
- a₂) each 1 000 V (or part thereof) above 17 000 V, additional 0.5 °C when measurement is made by thermometer or embedded temperature detector.

b) Machines indirectly cooled by hydrogen

For stator windings for rated voltages in excess of 11 000 V, the temperature-rise limits shall be reduced by the following amount:

- 1 °C per 1 000 V (or part thereof) up to and including 17 000 V,
- Additional 0.5 °C per 1 000 V (or part thereof) above 17 000 V.

TABEAU 1

Limites des chauffements des machines refroidies à l'air

N°	Organe de la machine	Classe d'isolation											
		A			E			B			F		
		Méthode			Méthode			Méthode			Méthode		
		Thermo- mètre	Résistance	I.L.T. paragraphe 12.9	Thermo- mètre	Résistance	I.L.T. paragraphe 12.9	Thermo- mètre	Résistance	I.L.T. paragraphe 12.9	Thermo- mètre	Résistance	I.L.T. paragraphe 12.9
		deg C	deg C	deg C	deg C	deg C	deg C	deg C	deg C	deg C	deg C	deg C	deg C
1	Enroulements, à courant alternatif de machines de puissance égale ou supérieure à 500 kW (ou kVA) et dont la longueur du noyau axial est égale ou supérieure à 1 m. <i>Note.</i> — La méthode par indicateurs internes de température peut être employée pour les machines de puissance inférieure à 500 kW (ou kVA) et dont la longueur du noyau axial est inférieure à 1 m, mais les limites d'échauffement données sous le présent numéro restent valables.	—	60	60 *	—	70	70 *	—	80	80 *	—	100	100 *
2	Enroulements à courant alternatif de machines de puissance inférieure à 500 kW (ou kVA) et dont la longueur du noyau axial est inférieure à 1 m.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
a)	Enroulements d'excitation à courant continu des machines à courant alternatif et à courant continu, autres que ceux des points 3 et 4.	50 *	60	—	65 *	75	—	70 *	80	—	85 *	100	—
b)	Enroulements d'induits reliés à des collecteurs.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
c)	Enroulements d'induits reliés à des collecteurs.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	Enroulements de champ de machines synchrones à rotor cylindrique ayant un enroulement partiel d'excitation à courant continu, logé dans des encoches, sauf ceux des moteurs asynchrones synchronisés.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	Enroulements d'excitation de faible résistance, à plus d'une couche.	60	60	—	75	75	—	80	80	—	100	100	—
a)	Enroulements de machines à courant continu.	65	65	—	80	80	—	90	90	—	110	110	—
b)	Enroulements à une couche avec surfaces exposées nues ou en métal verni ☉.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	Enroulements isolés continuellement fermés sur eux-mêmes.	60	—	—	75	—	—	80	—	—	100	—	—
6	Enroulements non isolés continuellement fermés sur eux-mêmes.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7	Noyau magnétique et autres parties, non en contact avec les enroulements.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	Noyau magnétique et autres parties en contact avec les enroulements.	60	—	—	75	—	—	80	—	—	100	—	—
9	Collecteurs et bagues, protégés ou non **.	60	—	—	70	—	—	80	—	—	90 ***	—	—

Les chauffements de ces parties ne doivent en aucun cas atteindre une valeur telle qu'il y ait risque de détérioration pour les matances avoisinantes isolantes ou non.

☉ Une correction doit être faite dans le cas des enroulements à courant alternatif à haute tension (voir paragraphe 16.2).

** Comprend également les enroulements d'excitation à plusieurs couches à condition que les couches inférieures soient chacune en contact avec le fluide de refroidissement qui circule.

*** Les déchauffements du point 9 sont admissibles à condition qu'il soit fait usage d'une isolation appropriée à l'enroulement, sauf dans le cas où le collecteur ou la bague collectrice est au voisinage d'enroulements, auquel cas l'échauffement ne doit pas dépasser celui qui est spécifié pour la classe d'isolation du noyau d'échauffement. Les limites d'échauffement indiquées ne s'appliquent qu'aux machines à refroidissement à l'air.

*** Il peut être nécessaire de prendre des précautions spéciales pour le choix de la qualité des matériaux dans le cas où on applique les limites de 90 deg C et 100 deg C.

TABLE I
Limits of temperature rise of air-cooled machines

No.	Part of machine	Class of insulation											
		A			B			F			H		
		Method	Thermometer	E.T.D. up to 150 deg C	Method	Thermometer	E.T.D. up to 150 deg C	Method	Thermometer	E.T.D. up to 150 deg C	Method	Thermometer	E.T.D. up to 150 deg C
1	A.C. windings of machines having output of 5 000 kW (or kVA) or more, or having a core length of 1 m or more. Note.—The E.T.D. method may be used for machines having output of 5 000 kW (or kVA) and having a core length less than 1 m but the limits of temperature rise given in this item shall apply	Resistance deg C	—	60 *	Resistance deg C	—	70 *	Resistance deg C	—	100	Resistance deg C	—	125 *
2	A.C. windings of machines having output less than 5 000 kW (or kVA) and having a core length less than 1 m	Resistance deg C	50 *	—	Resistance deg C	70 *	—	Resistance deg C	80	—	Resistance deg C	100	—
a)	Field windings of a.c. and d.c. machines having d.c. excitation other than those in items 3 and 4	Resistance deg C	—	—	Resistance deg C	—	—	Resistance deg C	—	—	Resistance deg C	—	—
b)	Windings of armatures having commutators	Resistance deg C	—	—	Resistance deg C	—	—	Resistance deg C	—	—	Resistance deg C	—	—
c)	Field windings of synchronous machines with cylindrical rotors having a rotating d.c. excitation winding embedded in slots, except synchronous induction motors	Resistance deg C	—	—	Resistance deg C	—	—	Resistance deg C	—	—	Resistance deg C	—	—
3	Field windings of synchronous machines with cylindrical rotors having a rotating d.c. excitation winding embedded in slots, except synchronous induction motors	Resistance deg C	—	—	Resistance deg C	—	—	Resistance deg C	—	—	Resistance deg C	—	—
4	Low-voltage field windings of more than one layer, and commutator windings	Resistance deg C	60	—	Resistance deg C	75	—	Resistance deg C	80	—	Resistance deg C	100	—
a)	Low-voltage field windings of more than one layer, and commutator windings	Resistance deg C	60	—	Resistance deg C	75	—	Resistance deg C	80	—	Resistance deg C	100	—
b)	Single-layer windings with exposed bare or varnished metal surfaces	Resistance deg C	65	—	Resistance deg C	80	—	Resistance deg C	90	—	Resistance deg C	110	—
5	Permanently short-circuited unsaltered windings	Resistance deg C	60	—	Resistance deg C	75	—	Resistance deg C	80	—	Resistance deg C	100	—
6	Permanently short-circuited unsaltered windings	Resistance deg C	60	—	Resistance deg C	75	—	Resistance deg C	80	—	Resistance deg C	100	—
7	Magnetic core and other parts in contact with windings	Resistance deg C	60	—	Resistance deg C	75	—	Resistance deg C	80	—	Resistance deg C	100	—
8	Magnetic core and other parts in contact with windings	Resistance deg C	60	—	Resistance deg C	75	—	Resistance deg C	80	—	Resistance deg C	100	—
9	Commutators and slip-rings ** open or enclosed	Resistance deg C	60	—	Resistance deg C	70	—	Resistance deg C	80	—	Resistance deg C	100 ***	—

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

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

Also includes multiple layer field windings provided that the under layers are each in contact with the circulating coolant.

** The temperature rise in item 9 is permitted only when the insulation adjacent to the temperature rise is not used, except where the commutator or slip-ring is adjacent to windings in which case the temperature rise should not exceed that for the winding insulation class. The values of temperature rise are given only for reference and are not intended to be used for design purposes.

*** Special precautions may be necessary in using temperature rises of 90 deg C and 100 deg C in the choice of brush grades.

Limites des échauffements des machines à refroidissement indirect par hydrogène

N°	Organe de la machine	Classe d'isolation											
		A			E			H			F		
		Méthode		Thermomètre 15,5 deg C	Méthode		Thermomètre 15,5 deg C	Méthode		Thermomètre 15,5 deg C	Méthode		Thermomètre 15,5 deg C
		Résistance	L.T. par rapport 15,5		Résistance	L.T. par rapport 15,5		Résistance	L.T. par rapport 15,5				
											deg C	deg C	
1	Enroulements à courant alternatif de machines de puissance égale ou supérieure à 500 kW (ou kVA) et dont la longueur du noyau axial est égale ou supérieure à 1 m <i>Pression absolue d'hydrogène</i> $\leq 150 \text{ kPa (1,5 bar)}$ $> 200 \text{ kPa}$ $\leq 300 \text{ kPa (3,0 bar)}$ $> 400 \text{ kPa}$ $\leq 500 \text{ kPa (5,0 bar)}$ $> 600 \text{ kPa}$ $\leq 700 \text{ kPa (7,0 bar)}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2	Enroulements à courant alternatif de machines de puissance inférieure à 500 kW (ou kVA) et dont la longueur du noyau axial est inférieure à 1 m $\leq 150 \text{ kPa (1,5 bar)}$ $> 200 \text{ kPa}$ $\leq 300 \text{ kPa (3,0 bar)}$ $> 400 \text{ kPa}$ $\leq 500 \text{ kPa (5,0 bar)}$ $> 600 \text{ kPa}$ $\leq 700 \text{ kPa (7,0 bar)}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
3	Enroulements d'excitation à courant continu des machines à courant continu et des collecteurs	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
4	Enroulements d'excitation à courant continu des machines à courant alternatif et courant continu autres que celles des Nos 3 et 4	60	60*	—	75	75*	—	80	80*	—	100	100*	
5	Enroulements d'induit reliés à des collecteurs	60	60	—	75	—	—	80	—	—	100	—	
6	Enroulements d'excitation à courant continu des turbo-machines	—	—	—	—	—	—	85	—	—	105	—	
7	Enroulements d'excitation de faible résistance, à plus d'une couche, enroulements de compensation	60	—	—	75	—	—	80	—	—	100	—	
8	Enroulements à une couche avec surfaces exposées nues ou en métal verni *	65	—	—	80	—	—	90	—	—	110	—	
9	Enroulements isolés contreuellement fermés sur eux-mêmes	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
10	Enroulements de compensation	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
11	Enroulements non isolés contreuellement fermés sur eux-mêmes	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
12	Enroulements non isolés contreuellement fermés sur eux-mêmes	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
13	Noyau magnétique et autres parties, non en contact avec les enroulements	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
14	Noyau magnétique et autres parties, en contact avec les enroulements	60	60	75	—	75	80	—	80	100	—	100	
15	Collecteurs et bagues protégés ou non **	60	—	70	—	—	80	—	—	90***	—	—	

Les échauffements de ces parties ne doivent en aucun cas atteindre une valeur telle qu'il y ait risque de dégradation pour les matières isolantes ou non sur les enroulements ou les parties voisines

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

Une correction doit être faite dans le cas d'enroulements à courant alternatif à haute tension (voir paragraphe 16.2).

• Comprend également les enroulements d'excitation à plusieurs pôles, à condition que les couches inférieures soient chauffées en contact avec le fluide de refroidissement primaire qui circule.

** Les échauffements du point 9 sont admissibles à condition qu'il soit fait usage d'une isolation appropriée à l'échauffement, sauf dans le cas où le collecteur ou la bague collectrice est au voisinage d'enroulements, auquel cas l'échauffement ne doit pas dépasser celui qui est spécifié pour la classe d'isolation de l'enroulement. Les valeurs d'échauffement indiquées ne s'appliquent qu'aux mesures faites à l'aide de thermomètres à réservoir.

*** Il peut être nécessaire de prendre des précautions spéciales pour le choix de la qualité des billes dans le cas où on applique la limite de 90 deg C.

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

[illegible]

Il importe de noter que la température mesurée par l'indicateur interne de température ne donne pas d'indication sur la température des points chauds de l'enroulement ni sur la température maximale du fluide de refroidissement. Les points chauds du fluide de refroidissement ne sont pas la température admissible au l'enroulement n'est pas dépassée. La limite de la température admissible des enroulements statiques à toutou pour objet de fournir une garantie contre un enroulement excessif d'isolation. Les températures des points chauds du fluide de refroidissement internes peuvent être utilisées pour contrôler le fonctionnement du système de refroidissement de l'enroulement statique.

La ventilation du zone est caractérisée par le nombre de zones de fluide de refroidissement du rotor. Les zones spéciales de fluide de refroidissement dans les fers de bobines sont complètes à raison d'une série à chaque entailler. Les zones complètes de deux courants sont complètes dans deux zones.

Les températures du point 9 sont admissibles à condition qu'il soit pas d'indication appropriée à l'échauffement, dans le cas où le collecteur ou la bague collective est au voisinage d'enroulements, auquel cas la température ne doit pas dépasser celle qui est spécifiée pour la classe d'isolation de l'enroulement. Les bobines de température indiquées ne s'appliquent qu'aux mesures faites à l'aide de thermistances à réservoir.

Il peut être nécessaire de prendre des précautions spéciales pour le choix de la qualité des balais dans le cas où on applique une température de 130 °C.

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

N°	Organe de la machine	Classe d'isolation											
		A			E			B			F		
		Méthode			Méthode			Méthode			Méthode		
		Thermo- mètre	Résistance	L.I.T. voir paragraphe 15.9	Thermo- mètre	Résistance	L.I.T. voir paragraphe 15.9	Thermo- mètre	Résistance	L.I.T. voir paragraphe 15.9	Thermo- mètre	Résistance	L.I.T. voir paragraphe 15.9
		deg C	deg C	deg C	deg C	deg C	deg C	deg C	deg C	deg C	deg C	deg C	deg C
1	Fluide de refroidissement à la sortie des parties actives refroidies directement a) Gaz b) Eau ou huile c) Autres liquides												
2	Enroulements à courant alternatif a) Refroidis par un gaz b) Refroidis par un liquide } voir paragraphe 15.9												
3	Enroulements d'excitation des turbo-machines a) Refroidis par un gaz sortant du rotor par le nombre suivant de zones de sortie **: 1 et 2 3 et 4 6 8 et plus b) Refroidis par un liquide												
4	Enroulements d'excitation à courant continu des machines à courant alternatif et à courant continu, autres que ceux du point 3 a) refroidis par un gaz b) refroidis par un liquide												
5	Enroulements isolés continuellement fermés sur eux-mêmes												
6	Enroulements non isolés continuellement fermés sur eux-mêmes												
7	Noyau magnétique et autres parties, non en contact avec les enroulements												
8	Noyau magnétique et autres parties, en contact avec les enroulements												
9	Collecteurs et bagues, protégés ou non ***												

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

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

*** Les températures du point 9 sont admissibles à condition qu'il soit fait usage d'une isolation appropriée à l'échauffement, sauf dans le cas où le collecteur ou la bague collectrice est au voisinage d'enroulements, auquel cas la température ne doit pas dépasser celle qui est spécifiée pour la classe d'isolation de l'enroulement. Les valeurs de température indiquées ne s'appliquent qu'aux mesures faites à l'aide de thermomètres à réservoir.

**** Il peut être nécessaire de prendre des précautions spéciales pour le choix de la qualité des balais dans le cas où on applique une température de 130 °C.

Les valeurs pour ces classes sont à l'étude

La température de ces parties ne doit en aucun cas atteindre une valeur telle qu'il y ait risque de détérioration pour les matières isolantes ou non sur les enroulements ou les parties voisines

L'observation des températures maximales du fluide de refroidissement spécifiées au point 1 assure que la température admissible aux points chauds de l'enroulement n'est pas dépassée

Les valeurs pour cette classe sont à l'étude

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

No.	Part of machine	Class of insulation											
		A			E			B			F		
		Method			Method			Method			Method		
		Thermo- meter	Resistance	E.T.D. see Sub-clause 15.9	Thermo- meter	Resistance	E.T.D. see Sub-clause 15.9	Thermo- meter	Resistance	E.T.D. see Sub-clause 15.9	Thermo- meter	Resistance	E.T.D. see Sub-clause 15.9
		deg C	deg C	deg C	deg C	deg C	deg C	deg C	deg C	deg C	deg C	deg C	deg C
1	Coolant at the outlet of directly-cooled active parts												
a)	Gas												
b)	Water or oil												
c)	Other liquids												
2	A.C. windings												
a)	Gas cooled												
b)	Liquid cooled												
3	Field windings of turbine-type machines												
a)	Cooled by gas leaving the rotor through the following number of gas outlet regions **												
	1 and 2												
	3 and 4												
	6												
	8 and above												
b)	Liquid cooled												
4	Field windings of a.c. and d.c. machines having d.c. excitation other than that in item 3												
a)	gas cooled												
b)	liquid cooled												
5	Permanently short-circuited insulated windings												
6	Permanently short-circuited uninsulated windings												
7	Magnetic core and other parts not in contact with windings												
8	Magnetic core and other parts in contact with windings												
9	Commutators and slip-rings *** open or enclosed												

* It is important to note that the temperature measured by E.T.D. is no indication of the hot spot temperature of the stator winding. Observation of maximum coolant temperatures given in item 1 will ensure that the permissible hot spot temperature of the winding is not exceeded. The limit of permissible temperature of the stator windings however is intended to be a safeguard against excessive heating of the insulation from the core. The readings of the E.T.D. temperatures may be used to monitor the operation of the cooling system of the stator winding.

** 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 of two axially opposed cooling flows are to be counted as two regions.

*** The temperatures in item 9 are permissible provided that insulation appropriate to the temperature rise is used, except where the commutator or slip-ring is adjacent to windings in which case the temperature should not exceed that for the winding insulation class. The values of temperatures given apply only to measurements made by bulb thermometers.

**** Special precautions may be necessary in using a temperature of 130 °C in the choice of brush grades.

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

Values for these classes are under consideration

Values for this class are under consideration

16 3 *Correction des limites d'échauffement au niveau de la mer en fonction de la température du fluide de refroidissement et de l'altitude*

Aucune correction n'est apportée aux limites d'échauffement du tableau I lorsque la température du fluide de refroidissement spécifiée est de 40 °C et que l'altitude ne dépasse pas 1 000 m

Le présent paragraphe et ses subdivisions s'appliquent aux machines dont le fonctionnement dépend du refroidissement par l'air ou un autre gaz à la pression atmosphérique lorsque la température du fluide de refroidissement, si elle est spécifiée, diffère de 40 °C ou que l'altitude est supérieure à 1 000 m. Lorsque l'altitude est supérieure à 4 000 m, la correction tenant compte de l'altitude doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.

Les conditions de service dans lesquelles s'appliquent les dispositions des paragraphes 16 3 1 à 16 3 10 sont résumées dans le tableau IV

TABLEAU IV
Corrections pour les conditions de service

Température du fluide de refroidissement	Altitude m	
	De 0 à 1 000	De 1 000 à 4 000
	Paragraphe	Paragraphe
Moins de 30 °C	16 3 1	16 3 5
30 °C à 39 °C	16 3 2	16 3 6
40 °C	—	16 3 7
40 °C à 60 °C	16 3 3	16 3 8
Plus de 60 °C	16 3 4	16 3 9
Non spécifiée	—	16 3 10

- 16 3 1 Lorsqu'une machine est destinée à fonctionner avec un fluide de refroidissement à une température toujours inférieure à 30 °C, les limites d'échauffement du tableau I sont, sauf spécification contraire, augmentées de 10 deg C
- 16 3 2 Lorsqu'une machine est destinée à fonctionner avec un fluide de refroidissement à une température toujours inférieure à 40 °C, mais au moins égale à 30 °C, les limites d'échauffement du tableau I peuvent être augmentées d'une quantité égale à la différence entre la température spécifiée ou indiquée du fluide et 40 °C. Les limites d'échauffement sont arrondies au degré Celsius
- 16 3 3 Lorsqu'une machine est destinée à fonctionner avec un fluide de refroidissement à une température supérieure à 40 °C, mais ne dépassant pas 60 °C, les limites d'échauffement du tableau I sont réduites d'une quantité égale à la différence entre la température spécifiée ou indiquée du fluide et 40 °C. Les limites d'échauffement sont arrondies au degré Celsius
- 16 3 4 Lorsqu'une machine est destinée à fonctionner avec un fluide de refroidissement à une température supérieure à 60 °C, les limites d'échauffement font l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur

16 3 *Adjustment to limits of temperature rise at sea level to take care of operating conditions of coolant temperature and altitude*

No adjustment is made to the temperature-rise limits given in Table I when the stated coolant temperature is 40 °C and the altitude does not exceed 1 000 m.

This sub-clause and its paragraphs apply to machines dependent on cooling by air or other gas at atmospheric pressure, where the temperature of the coolant, when specified, is other than 40 °C or where the altitude is greater than 1 000 m. Where the altitude is greater than 4 000 m, the correction for altitude shall be by agreement between manufacturer and purchaser.

The site conditions under which the provisions of Sub-clauses 16 3 1 to 16 3 10 apply are summarized in Table IV.

TABLE IV
Adjustment for site conditions

Coolant temperature	Altitude m	
	0 to 1 000	Above 1 000 and up to 4 000
	Sub-clause number	Sub-clause number
Less than 30 °C	16 3 1	16 3 5
30 °C to 39 °C	16 3 2	16 3 6
40 °C	—	16 3 7
40 °C to 60 °C	16 3 3	16 3 8
Greater than 60 °C	16 3 4	16 3 9
Unspecified	—	16 3 10

16 3 1 Where a machine is designed to operate with a coolant at a temperature always less than 30 °C, the permissible temperature rises will be increased above the values given in Table I by 10 deg C, unless otherwise agreed.

16 3 2 Where a machine is designed to operate with a coolant at a temperature always less than 40 °C but not less than 30 °C, the permissible temperature rises may be increased above the values given in Table I by the amount by which the specified or stated cooling medium temperature is less than 40 °C. The permissible rises will be taken to the nearest whole Celsius degree.

16 3 3 Where a machine is designed to operate with a coolant at a temperature exceeding 40 °C but not exceeding 60 °C, the permissible temperature rises will be reduced below the values given in Table I by the amount by which the specified or stated cooling medium temperature exceeds 40 °C. The permissible correction factor will be taken to the nearest whole Celsius degree.

16 3 4 Where a machine is designed to operate with a coolant at a temperature greater than 60 °C, the permissible rises will be by agreement between manufacturer and purchaser.

- 16 3 5 Lorsqu'une machine est destinée à fonctionner avec un fluide de refroidissement à une température inférieure à 30 °C et à une altitude comprise entre 1 000 m et 4 000 m, les corrections spécifiées au paragraphe 16 3 1 pour le fluide de refroidissement, et au paragraphe 16 3 7 pour l'altitude, sont toutes deux effectuées
- 16 3 6 Lorsqu'une machine est destinée à fonctionner avec un fluide de refroidissement à une température comprise entre 30 °C et 40 °C et à une altitude comprise entre 1 000 m et 4 000 m, les corrections spécifiées au paragraphe 16 3 2 pour le fluide de refroidissement, et au paragraphe 16 3 7 pour l'altitude, sont toutes deux effectuées
- 16 3 7 Lorsqu'il est spécifié que la température du fluide de refroidissement au lieu d'installation est de 40 °C et que l'altitude est comprise entre 1 000 m et 4 000 m, les limites d'échauffement du point 1 du tableau I sont réduites de 1 % par tranche de 100 m au-dessus de 1 000 m. En opérant les calculs, il est commode d'utiliser, pour chaque classe d'isolation, des accroissements d'altitude qui correspondent à 1 deg C, ce qui évite d'appliquer des corrections par fraction de degré aux différentes valeurs du tableau I. Ces accroissements d'altitude sont indiqués dans le tableau V. Les fractions d'accroissement comptent comme accroissements entiers.

TABLEAU V
Accroissements d'altitude

	Classe d'isolant				
	A	E	B	F	H
Echauffement du point 1 du tableau I	60	70	80	100	125
1 % de l'échauffement par tranche de 100 m	0,6	0,7	0,8	1,0	1,25
Accroissement d'altitude en mètres par deg C	167	143	125	100	80

- 16 3 8 Lorsqu'une machine est destinée à fonctionner avec un fluide de refroidissement à une température comprise entre 40 °C et 60 °C et à une altitude comprise entre 1 000 m et 4 000 m, les corrections spécifiées au paragraphe 16 3 3 pour le fluide de refroidissement, et au paragraphe 16 3 7 pour l'altitude, sont toutes deux effectuées
- 16 3 9 Lorsqu'une machine est destinée à fonctionner avec un fluide de refroidissement à une température supérieure à 60 °C et à une altitude comprise entre 1 000 m et 4 000 m, les limites d'échauffement font l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur
- 16 3 10 Lorsque la température du fluide de refroidissement au lieu d'installation n'est pas spécifiée et que l'altitude spécifiée est comprise entre 1 000 m et 4 000 m, on admet que la diminution du pouvoir de refroidissement est compensée par celle de la température du fluide de refroidissement. Il n'y a donc pas à faire de correction aux limites d'échauffement du tableau I.

Le tableau VI indique, arrondies en degrés Celsius, quelques températures ambiantes ainsi adoptées (correspondant à une température ambiante de 40 °C au-dessous de 1 000 m). La diminution de la température avec l'altitude correspond à une réduction de 1 % par tranche de 100 m des échauffements du point 1 du tableau I.

- 16 3 5 When a machine is designed to operate with a coolant at a temperature less than 30 °C and at an altitude above 1 000 m and up to 4 000 m, the corrections specified in Sub-clause 16 3 1, for coolant, and in Sub-clause 16 3 7, for altitude, will both be applied
- 16 3 6 When a machine is designed to operate with a coolant at a temperature between 30 °C and 40 °C, and at an altitude above 1 000 m and up to 4 000 m, the corrections specified in Sub-clause 16 3 2, for coolant, and in Sub-clause 16 3 7, for altitude, will both be applied
- 16 3 7 Where the coolant temperature at site is specified as 40 °C and the altitude is above 1 000 m and up to 4 000 m, the reduction in permissible temperature rises will be calculated at the rate of 1% of the temperature-rise values for item 1 of Table I per 100 m of altitude above 1 000 m. In making the calculations, it will be found convenient to use, for each class of insulation, increments of altitude which correspond to 1 deg C, since this will avoid the inconvenience of applying fractional degree corrections to the various values of Table I. These increments are shown in Table V. Parts of increments should be regarded as whole increments.

TABLE V
Altitude increments

	Class of insulation				
	A	E	B	F	H
Temperature rise for item 1 from Table I	60	70	80	100	125
1% temperature rise per 100 m	0.6	0.7	0.8	1.0	1.25
Altitude increment in metres per deg C	167	143	125	100	80

- 16 3 8 When a machine is designed to operate with a coolant temperature between 40 °C and 60 °C and at an altitude above 1 000 m and up to 4 000 m, the corrections specified in Sub-clause 16 3 3, for coolant, and in Sub-clause 16 3 7, for altitude, will both be applied
- 16 3 9 When a machine is designed to operate with a coolant temperature greater than 60 °C and at an altitude above 1 000 m and up to 4 000 m, the permissible temperature rises will be by agreement between the manufacturer and purchaser
- 16 3 10 Where the coolant temperature at site is unspecified, and the specified altitude is above 1 000 m and up to 4 000 m, it is assumed that the reduced cooling resulting from altitude is compensated for by a reduction in coolant temperature. No adjustment to the permissible temperature rises in Table I will therefore be made.

Table VI shows, to the nearest Celsius degree, some assumed ambient temperatures (based on a 40 °C ambient below 1 000 m). The decrease of temperature with altitude is based on a 1% reduction of the permitted temperature rises for item 1 from Table I per 100 m.

TABLEAU VI

Températures ambiantes adoptées

Altitude m	Température du fluide de refroidissement en °C				
	Classe d'isolant				
	A	E	B	F	H
1 000	40	40	40	40	40
2 000	34	33	32	30	28
3 000	28	26	24	20	15
4 000	22	19	16	10	3

Les conditions d'essais dans lesquelles s'appliquent les dispositions des paragraphes 16 3 11 à 16 3 13 sont résumées dans le tableau VII

TABLEAU VII

Corrections pour les conditions des essais

Température du fluide de refroidissement	Altitude m	
	De 0 à 1 000	De 1 000 à 4 000
Ne différant pas de plus de 30 °C de la température spécifiée	Paragraphe 16 3 11	*
Inférieure de plus de 30 °C à la température spécifiée	16 3 12	*
Supérieure de plus de 30 °C à la température spécifiée	16 3 13	*

* La présente recommandation ne prévoit pas de règles pour les essais effectués à une altitude supérieure à 1 000 m

16 3 11 Lorsque la température du fluide de refroidissement à l'entrée de la machine au cours de l'essai d'échauffement ne diffère pas de plus de 30 deg C de la température spécifiée ou de la température adoptée pour le fonctionnement au lieu d'installation, conformément au paragraphe 16 3 10, il ne doit pas être apporté d'autre correction à la limite d'échauffement pour l'essai

16 3 12 Lorsque la température du fluide de refroidissement à l'entrée de la machine au cours de l'essai d'échauffement est inférieure de plus de 30 deg C à la température spécifiée ou à la température adoptée pour le fonctionnement au lieu d'installation, conformément au paragraphe 16 3 10, la limite d'échauffement pour l'essai doit être égale à la limite d'échauffement corrigée conformément aux paragraphes 16 3 1 à 16 3 9, puis réduite suivant un pourcentage numériquement égal au cinquième de la différence entre les températures, exprimée en degrés Celsius

TABLE VI

Assumed ambient temperatures

Altitude m	Coolant temperature °C				
	Class of insulation				
	A	E	B	F	H
1 000	40	40	40	40	40
2 000	34	33	32	30	28
3 000	28	26	24	20	15
4 000	22	19	16	10	3

The test conditions under which the provisions of Sub-clauses 16.3.11 to 16.3.13 apply are summarized in Table VII

TABLE VII

Adjustment for test conditions

Coolant temperature	Altitude m	
	0 to 1 000	Above 1 000 and up to 4 000
Within 30 °C of specified temperature	Sub-clause 16.3.11	*
Lower than specified temperature by more than 30 °C	16.3.12	*
Higher than specified temperature by more than 30 °C	16.3.13	*

* This Recommendation does not provide for tests performed at altitudes above 4 000 m

16.3.11 When the temperature of the coolant at the inlet to the machine during the temperature-rise test differs from that specified, or assumed from Sub-clause 16.3.10 for operation on site by less than 30 deg C, no further adjustment shall be made to the permissible temperature rise on test

16.3.12 When the temperature of the coolant at the inlet to the machine during the temperature-rise test is lower than that specified, or assumed from Sub-clause 16.3.10, for operation on site by more than 30 deg C, the permissible temperature rise on test shall be the permissible rise adjusted in accordance with Sub-clauses 16.3.1 to 16.3.9 further reduced by a percentage numerically equal to one-fifth of the difference, in Celsius degrees

- 16 3 13 Lorsque la température du fluide de refroidissement à l'entrée de la machine au cours de l'essai d'échauffement est supérieure de plus de 30 deg C à la température spécifiée ou à la température adoptée pour le fonctionnement au lieu d'installation, conformément au paragraphe 16 3 10, la limite d'échauffement pour l'essai doit être égale à la limite d'échauffement, corrigée conformément aux paragraphes 16 3 1 à 16 3 9, puis augmentée suivant un pourcentage numériquement égal au cinquième de la différence entre les températures, exprimée en degrés Celsius

16 4 *Corrections destinées à tenir compte de la pureté de l'hydrogène au cours de l'essai*

Pour les machines refroidies indirectement ou directement par l'hydrogène, si la pureté de l'hydrogène pendant l'essai diffère des 98% spécifiés au paragraphe 11 3, aucune correction aux échauffements admissibles ou aux limites de températures ne doit être apportée si la proportion de l'hydrogène est comprise entre 95% et 100%. Toutefois, dans cette limite, la densité du mélange varie d'approximativement 30% et les pertes par ventilation devront être corrigées en conséquence

SECTION SIX — ESSAIS DIÉLECTRIQUES

17 Essais diélectriques

La tension d'essai est appliquée entre l'enroulement à éprouver d'une part, et le bâti auquel sont reliés le circuit magnétique et les enroulements non soumis à l'essai, d'autre part; l'essai n'est effectué que sur une machine neuve et terminée, dont tous les organes sont en place dans des conditions équivalentes aux conditions normales de fonctionnement; l'essai est effectué dans l'atelier du constructeur aussitôt après l'essai d'échauffement de la machine lorsque ce dernier essai est effectué

Dans le cas des machines polyphasées de tension nominale supérieure à 1 kV, lorsque les deux extrémités de chaque phase sont individuellement accessibles, la tension d'essai est appliquée entre chacune des phases et le bâti, le circuit magnétique étant relié au bâti ainsi qu'aux autres phases et aux enroulements non soumis à l'essai

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

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

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

L'essai effectué sur les enroulements lors de la réception ne doit pas autant que possible être répété. Si toutefois un second essai est effectué sur demande spéciale de l'acheteur après un second séchage si cela est jugé nécessaire, la tension d'essai est égale à 80% de la tension indiquée au tableau VIII

Les enroulements entièrement rebobinés sont essayés à la pleine tension spécifiée pour les machines neuves

- 16 3 13 When the temperature of the coolant at the inlet to the machine during the temperature-rise test is higher than that specified, or assumed from Sub-clause 16 3 10, for operation on site by more than 30 deg C, the permissible temperature rise on test shall be the permissible rise adjusted in accordance with Sub-clauses 16 3 1 to 16 3 9 further increased by a percentage numerically equal to one-fifth of the difference, in Celsius degrees

16 4 *Corrections to take account of hydrogen purity on test*

For machines indirectly cooled or directly cooled by hydrogen, if the purity of the hydrogen during test differs from the 98% specified in Sub-clause 11 3, no corrections shall be made to the permissible temperature rises or limits of temperature if the proportion of hydrogen lies between 95% and 100%. Within this range, however, the density of the mixture changes by approximately 30% and windage losses should be corrected accordingly

SECTION SIX — DIELECTRIC TESTS

17 **Dielectric tests**

The high-voltage test shall be applied between the windings and the frame with the core connected to the frame and to the windings not under test, and shall be applied only to a new and completed machine with all its parts in place under conditions equivalent to normal working conditions, and the test shall be carried out at the maker's works at the conclusion of the temperature test of the machine where such a test is carried out

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

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

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

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

The test made on the windings on acceptance shall as far as possible not be repeated. If, however, a second test is made at the special request of the purchaser, after further drying if considered necessary, the test voltage shall be 80% of the voltage given in Table VIII

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

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

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

TABLEAU VIII
Essais diélectriques

N°	Machine ou organe	Tension (efficace) d'essai
1	Enroulements isolés de machines tournantes de puissance inférieure à 1 kW ou 1 kVA et de tension nominale inférieure à 100 V à l'exception de ceux des points 4 à 8	500 V + deux fois la tension nominale
2	Enroulements isolés de machines tournantes de puissance inférieure à 10 000 kW ou kVA à l'exception de ceux des points 4 à 8 (voir note 2)	1 000 V + deux fois la tension nominale avec un minimum de 1 500 V (voir note 1)
3	Enroulements isolés de machines tournantes de puissance égale ou supérieure à 10 000 kW ou kVA à l'exception de ceux des points 4 à 8 (voir la note 2)	
	Tension nominale (voir la note 1)	
	— jusqu'à 24 000 V	1 000 V + 2 U
	— au-dessus de 24 000 V	Doit faire l'objet d'un accord particulier
4	Enroulements d'excitation séparée des machines à courant continu	1 000 V + deux fois la tension nominale maximale d'excitation avec un minimum de 1 500 V
5	Enroulements d'excitation des génératrices synchrones, des moteurs synchrones et des compensateurs synchrones	
a)	Enroulements d'excitation des génératrices synchrones	10 fois la tension nominale d'excitation avec un minimum de 1 500 V et un maximum de 3 500 V
b)	Quand la machine est destinée à démarrer avec l'enroulement inducteur court-circuité ou fermé sur une résistance de valeur inférieure à 10 fois la résistance de l'enroulement	10 fois la tension nominale d'excitation avec un minimum de 1 500 V et un maximum de 3 500 V
c)	Quand la machine est destinée à démarrer soit avec l'enroulement inducteur fermé sur une résistance de valeur égale ou supérieure à 10 fois la résistance de l'enroulement, soit avec les enroulements d'excitation en circuit ouvert avec ou sans diviseur de champ	1 000 V + deux fois la valeur maximale de la tension efficace qui peut se produire, dans les conditions de démarrage spécifiées, entre les bornes de l'enroulement d'excitation ou, dans le cas d'un enroulement d'excitation sectionné, entre les bornes de toute section, avec un minimum de 1 500 V (voir note 3)

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

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

TABLE VIII
Dielectric tests

No	Machine or part	Test voltage (r m s)
1	Insulated windings of rotating machines of size less than 1 kW or 1 kVA, and of rated voltage less than 100 V with the exception of those in items 4 to 8	500 V + twice the rated voltage
2	Insulated windings of rotating machines of size less than 10 000 kW or 10 000 kVA with the exception of those in item 1 and items 4 to 8 (see Note 2)	1 000 V + twice the rated voltage with a minimum of 1 500 V (see Note 1)
3	Insulated windings of rotating machines of size 10 000 kW or kVA or more with the exception of those in items 4 to 8 (see Note 2)	
	Rated voltage (see Note 1):	
	— up to 24 000 V	1 000 V + 2 U
	— above 24 000 V	Subject to special agreement
4	Separately-excited field windings of d c machines	1 000 V + twice the maximum rated circuit voltage with a minimum of 1 500 V
5	Field windings of synchronous generators, synchronous motors and synchronous condensers	
a)	Field windings of synchronous generators	Ten times the rated excitation voltage with a minimum of 1 500 V and a maximum of 3 500 V
b)	When a machine is intended to be started with the field winding short-circuited or connected across a resistance of value less than ten times the resistance of the winding	Ten times the rated excitation voltage with a minimum of 1 500 V and a maximum of 3 500 V
c)	When the machine is intended to be started either with the field winding connected across a resistance of value equal to, or more than, ten times the resistance of the winding, or with the field windings on open circuit with or without a field-dividing switch	1 000 V + twice the maximum value of the r m s voltage, which can occur under the specified starting conditions, between the terminals of the field winding, or in the case of a section-alized field winding between the terminals of any section, with a minimum of 1 500 V (see Note 3)

N°	Machine ou organe	Tension (efficace) d'essai
6	Enroulements secondaires (habituellement rotors) des moteurs à induction ou des moteurs à induction synchronisés non court-circuités en permanence (destinés par exemple à démarrer par rhéostats)	
a)	Pour moteurs non réversibles ou pour moteurs réversibles à partir du repos seulement	1 000 V + deux fois la tension en circuit ouvert au repos, mesurée entre les bagues ou les bornes secondaires avec la tension nominale appliquée aux enroulements primaires
b)	Pour les moteurs qui peuvent être inversés ou freinés en inversant l'alimentation primaire lorsque le moteur est en fonctionnement	1 000 V + quatre fois la tension secondaire en circuit ouvert au repos comme définie au point 6a)
7	Excitatrices (sauf exceptions ci-dessous)	Comme les enroulements auxquels elles sont connectées
	<i>Exception 1</i> — Excitatrices des moteurs synchrones (y compris les moteurs synchrones à induction) lorsqu'elles sont mises à la terre ou déconnectées des enroulements d'excitation pendant le démarrage	1 000 V + deux fois la tension nominale de l'excitatrice avec un minimum de 1 500 V
	<i>Exception 2</i> — Enroulements à excitation séparée des excitatrices (voir point 4)	
8	Groupes de machines et d'appareils assemblés	On doit éviter si possible la répétition des essais des points 1 à 7, mais si l'essai est fait sur un groupe de plusieurs appareils neufs installés et connectés ensemble dont chacun a déjà subi un essai diélectrique, la tension d'essai ne doit pas dépasser 80 % de la tension la plus basse applicable à l'un de ces appareils (voir note 4)

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

2 — L'essai diélectrique des machines à isolation graduée doit faire l'objet d'un accord particulier

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 doit être augmentée dans le rapport de la tension de démarrage spécifiée à la tension d'alimentation pour l'essai

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

SECTION SEPT — CARACTÉRISTIQUES DIVERSES

18

Surintensité momentanée des génératrices

Une génératrice satisfaisant à la présente recommandation doit être capable de supporter pendant 15 s un courant dépassant de 50 % son courant nominal, la tension étant maintenue aussi voisine que possible de la tension nominale, compte tenu de la puissance maximale de la machine motrice. La valeur exacte de la tension n'a pas d'importance

No	Machine or part	Test voltage (r m s)
6	Secondary (usually rotor) windings of induction motors or synchronous induction motors if not permanently short-circuited (e g if intended for rheostatic starting)	
a)	For non-reversing motors or motors reversible from standstill only	1 000 V + twice the open circuit standstill voltage as measured between slip rings or secondary terminals with rated voltage applied to the primary windings
b)	For motors to be reversed or braked by reversing the primary supply while the motor is running	1 000 V + four times the open circuit standstill secondary voltage as defined in item 6a)
7	Exciters (except as below)	As for the windings to which they are connected
	<i>Exception 1</i> — Exciters of synchronous motors (including synchronous induction motors) if connected to earth or disconnected from the field windings during starting	1 000 V + twice the rated exciter voltage, with a minimum of 1 500 V
	<i>Exception 2</i> — Separately excited field windings of exciters (see item 4)	
8	Assembled group of machines and apparatus	A repetition of the tests in items 1 to 7 above should be avoided if possible, but if a test on an assembled group of several pieces of new apparatus, each one of which has previously passed its high-voltage test, is made, the test voltage to be applied to such assembled group shall be 80% of the lowest test voltage appropriate for any part of the group (see Note 4)

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

2 — High-voltage tests on machines having graded insulation should be the subject of special 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

SECTION SEVEN — MISCELLANEOUS CHARACTERISTICS

18

Momentary excess current for generators

A generator rated in accordance with this Recommendation shall be capable of withstanding for not less than 15 s a current 50% in excess of its rated current, the voltage being maintained as near the rated value as possible consistent with the maximum capacity of the prime mover. The exact value of the voltage is not important.

19 **Excès momentané de couple des moteurs**

19 1 *Moteurs à induction polyphasés de type normal et moteurs à courant continu*

Les moteurs doivent, quel que soit leur genre de service et leur mode de 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 nominal, la tension et la fréquence (moteurs à induction) étant maintenues à leur valeur nominale. Pour les moteurs à courant continu, le couple peut être exprimé en fonction de la surintensité

19 2 *Moteurs à induction pour applications particulières*

19 2 1 Les moteurs destinés à des applications particulières qui exigent un couple élevé (par exemple pour les appareils de levage) doivent faire l'objet d'un accord spécial

19 2 2 Pour les moteurs à induction à cage spécialement prévus pour assurer au démarrage un courant inférieur à 4,5 fois le courant correspondant au régime nominal, l'excès de couple peut être inférieur à 60 % de la valeur indiquée au paragraphe 19 1, mais doit être au moins égal à 50 % de cette valeur

19 2 3 Dans le cas des moteurs à induction de type spécial ayant des propriétés spéciales de démarrage, par exemple des moteurs alimentés à fréquence variable, la valeur de l'excès de couple doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur

19 3 *Moteurs synchrones polyphasés*

Sauf accord contraire, un moteur synchrone polyphasé doit, quel que soit son genre de 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 au régime nominal. Dans le cas d'une excitation à réglage automatique, les limites des couples doivent avoir les mêmes valeurs avec le dispositif d'excitation fonctionnant dans des conditions normales

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

19 4 *Autres moteurs*

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

20 **Couple minimal pendant le démarrage**

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

20 1 *Moteurs triphasés à une seule vitesse*

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

19 Momentary excess torque for motors

19 1 Normal type polyphase induction motors and d c motors

The motors shall, whatever their type of 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.

19 2 Induction motors for specific applications

19 2 1 Motors intended for specific applications that require a high torque (for example for hoisting) shall be the subject of special agreement

19 2 2 For cage-type induction motors specially designed to ensure a starting current less than 4.5 times the current corresponding to the rating, the excess torque can be below the figure of 60% given in Sub-clause 19 1 above, but not less than 50%

19 2 3 In the case of special types of induction motors with special inherent starting properties, e.g. motors intended for use at variable frequency, the value of the excess torque shall be the subject of agreement between manufacturer and purchaser

19 3 Polyphase synchronous motors

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

- Synchronous (wound rotor) induction motors 35% excess torque
- Synchronous (cylindrical rotor) motors 35% excess torque
- Synchronous (salient pole) motors 50% excess torque

19 4 Other motors

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

20 Pull-up torque

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

20 1 Single speed three-phase motors

- a) For output less than 100 kW:
 - 0.5 times the rated torque and not less than
 - 0.5 times the locked rotor torque
- b) For output equal to or greater than 100 kW
 - 0.3 times the rated torque and not less than
 - 0.5 times the locked rotor torque

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

0,3 fois le couple nominal

21 **Survitesse**

Toutes les machines doivent être établies de façon à supporter les vitesses spécifiées dans le tableau IX

L'essai de survitesse n'est pas considéré normalement comme nécessaire, mais il peut être effectué si cela a été spécifié et a fait l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur au moment de la commande (Pour les turbo-alternateurs, voir également la Publication 34-3 de la C.E.I.) L'essai de survitesse doit être considéré comme satisfaisant si, à la suite de cet essai, on ne constate pas de déformation permanente anormale ni d'autres signes de faiblesse pouvant empêcher la machine de fonctionner normalement et si les enroulements rotoriques satisfont aux essais diélectriques spécifiés. La durée de l'essai de survitesse est dans tous les cas de 2 min

En raison d'un affaissement des jantes de rotor feuilletées, des pôles feuilletés maintenus par des cales ou par des boulons, etc., une légère augmentation permanente du diamètre est naturelle et ne doit pas être considérée comme une déformation anormale indiquant que la machine ne se prête pas à un fonctionnement normal

Pendant les essais de réception d'un alternateur synchrone entraîné par une turbine hydraulique, la machine doit tourner à la vitesse qu'elle peut atteindre avec la protection contre la survitesse en fonction, de façon à permettre de vérifier que l'équilibrage est satisfaisant jusqu'à cette vitesse

22 **Déséquilibres de courant des machines synchrones**

Sauf spécification contraire, les machines synchrones triphasées doivent être capables de fonctionner en permanence sur un réseau dissymétrique tel que, aucun des courants de phase ne dépassant le courant assigné, le rapport de la composante inverse du système de courants (I_2) au courant assigné (I_N) ne dépasse pas les valeurs du tableau VIII A, et de fonctionner, en cas de défaut à des valeurs du produit de $(I_2/I_N)^2$ et du temps en secondes (t) ne dépassant pas les valeurs du tableau VIII A

TABLEAU VIII A

Conditions de fonctionnement déséquilibrées pour les machines synchrones

N°	Type de machine	Maximum I_2/I_N pour fonctionnement permanent	Maximum $(I_2/I_N)^2 t$ pour fonctionnement en régime de défaut
1	Machines à pôle saillant		
	Refroidies conventionnellement		
	moteurs génératrices compensateurs synchrones	0,1 0,08 0,1	20 20 20
2	Conducteurs refroidis au stator et (ou) à l'excitation		
	moteurs	0,08	15
	génératrices compensateurs synchrones	0,05 0,08	15 15

20.2 *Single-phase and multi-speed 3-phase motors*

0.3 times the rated torque

21 **Overspeed**

All machines shall be designed to withstand the speed specified in Table IX

An overspeed test is not normally considered necessary but can be performed when this is specified and has been agreed between the manufacturer and the purchaser at the time of the order (For turbine-type a.c. generators, see also IEC Publication 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.

22 **Unbalanced currents of synchronous machines**

Unless otherwise specified, three-phase synchronous machines shall be capable of operating continuously on an unbalanced system such that, with none of the phase currents exceeding the rated current, the ratio of the negative sequence component of current (I_2) to the rated current (I_N) does not exceed the values in Table VIII A, and under fault conditions shall be capable of operation with the product of $(I_2/I_N)^2$ and time in seconds (t) not exceeding the values in Table VIII A.

TABLE VIII A

Unbalanced operating conditions for synchronous machines

No	Machine type	Maximum I_2/I_N for continuous operation	Maximum $(I_2/I_N)^2 t$ for operation under fault conditions
1	Salient pole machines		
	Indirectly cooled motors	0.1	20
	generators synchronous condensers	0.08 0.1	20 20
2	Directly cooled (inner cooled) stator and/or field		
	motors	0.08	15
	generators	0.05	15
	synchronous condensers	0.08	15

N°	Type de machine	Maximum I_2/I_N pour fonctionnement permanent	Maximum $(I_2/I_N)^2 t$ pour fonctionnement en régime de défaut
3	Machines synchrones à rotor lisse Refroidies conventionnellement au rotor à l'air à l'hydrogène	0,1 0,1	15 10
4	Conducteurs refroidis au rotor ≤ 350 MVA > 350 ≤ 900 MVA > 900 ≤ 1 250 MVA > 1 250 ≤ 1 600 MVA	0,08 * * 0,05	8 ** 5 5

* Pour ces machines, la valeur I_2/I_N est calculée comme suit:

$$I_2/I_N = 0,08 - \frac{S_N - 350}{3 \times 10^4}$$

** Pour ces machines, la valeur $(I_2/I_N)^2 t$ est calculée comme suit:

$$(I_2/I_N)^2 t = 8 - 0,005 \, 45 (S_N - 350)$$

où S_N est la puissance apparente assignée en mégavoltampères

23

Courant de court-circuit

Sauf spécification contraire, la valeur de crête du courant de court-circuit des machines synchrones et des turbo-alternateurs non couverts par la Publication 34-3 de la CEI, dans le cas de court-circuit sur toutes les phases en fonctionnement sous la tension nominale, ne doit pas dépasser 15 fois la valeur de crête ou 21 fois la valeur efficace du courant nominal

Pour les turbo-alternateurs triphasés à 50 Hz, voir la Publication 34-3 de la CEI

La vérification peut s'effectuer par le calcul ou par un essai sous une tension au moins égale à 50% de la tension nominale

TABLEAU IX

Sur vitesses

N°	Catégories de machines	Vitesse spécifiée de l'essai de survitesse
1	Machines à courant alternatif — Toutes les machines autres que celles spécifiées ci-après: a) Alternateurs entraînés par une turbine hydraulique, machines auxiliaires de tout type couplées directement (électriquement ou mécaniquement) à la machine principale b) Machines pouvant, dans certaines circonstances être entraînées par la charge	1,2 fois la vitesse maximale Sauf spécification contraire, vitesse d'emballement du groupe, mais au moins 1,2 fois la vitesse nominale maximale Vitesse d'emballement spécifiée du groupe, mais au moins 1,2 fois la vitesse nominale maximale

No	Machine type	Maximum I_2/I_N for continuous operation	Maximum $(I_2/I_N)^2 t$ for operation under fault conditions
3	Cylindrical rotor synchronous machines		
	Indirectly cooled rotor	0.1	15
	air-cooled	0.1	10
	hydrogen-cooled		
4	Directly cooled (inner cooled) rotor		
	≤ 350 MVA	0.08	8
	$> 350 \leq 900$ MVA	*	**
	$> 900 \leq 1\,250$ MVA	*	5
	$> 1\,250 \leq 1\,600$ MVA	0.05	5

* For these machines, the value of I_2/I_N is calculated as follows:

$$I_2/I_N = 0.08 - \frac{S_N - 350}{3 \times 10^4}$$

** For these machines, the value of $(I_2/I_N)^2 t$ is calculated as follows:

$$(I_2/I_N)^2 t = 8 - 0.00545 (S_N - 350)$$

where S_N is the rated apparent power in megavoltamperes

23

Short-circuit current

Unless otherwise specified, the peak value of the short-circuit current for synchronous machines and turbine-type generators not covered by IEC Publication 34-3, in the case of short-circuit on all phases during operation at rated voltage, shall not exceed 15 times the peak value or 21 times the r.m.s. value of the rated current

For three-phase 50 Hz turbine-type generators, see IEC Publication 34-3

The check may be carried out by calculation or by means of a test at a voltage of 50% of the rated voltage or above

TABLE IX

Overspeeds

No	Category of machine	Overspeed requirement
1	A C machines — All machines other than those specified below:	1.2 times the maximum rated speed
	a) Water-turbine driven generators, any auxiliary machines connected directly (electrically or mechanically) to the main machine	Unless otherwise specified, the runaway speed of the set but not less than 1.2 times the maximum rated speed
	b) Machines which may under certain circumstances be driven by the load	The specified runaway speed of the set but not less than 1.2 times the maximum rated speed

N°	Catégories de machines	Vitesse spécifiée de l'essai de survitesse
1	c) Moteurs série et moteurs universels	1,1 fois la vitesse à vide à la tension nominale 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	
	a) Moteurs à excitation en dérivation ou à excitation séparée	La plus grande des deux valeurs: — soit 1,2 fois la vitesse nominale maximale — soit 1,15 fois la vitesse à vide correspondante
	b) Moteurs à excitation composée ayant un écart de vitesse inférieur ou égal à 35%	La plus grande des deux valeurs sans toutefois dépasser 1,5 fois la vitesse nominale maximale: — soit 1,2 fois la vitesse nominale maximale — soit 1,15 fois la vitesse à vide correspondante
	c) Moteurs à excitation composée ayant un écart de vitesse supérieur à 35%, et moteurs à excitation série	Le constructeur doit définir une vitesse maximale en service qui sera frappée sur la plaque signalétique. La survitesse de ces moteurs sera égale à 1,1 fois cette vitesse maximale en service. Toutefois ce marquage est inutile si la survitesse correspond à 1,1 fois la vitesse à vide à la tension nominale.
	d) Moteurs excités par aimant permanent	Survitesse comme spécifié au point 2a) sauf si le moteur a aussi un enroulement en série; dans ce cas il devra pouvoir supporter les survitesses spécifiées aux points 2b) et 2c) selon les cas
	e) Génératrices	1,2 fois la vitesse nominale

24 Epreuve de tenue au court-circuit des génératrices à courant alternatif

L'essai de court-circuit triphasé des machines à courant alternatif n'est exécuté que sur demande expresse de l'acheteur formulée au moment de la commande. Dans ce cas, l'essai est exécuté sur la machine en marche à vide avec une excitation correspondant, sauf accord contraire, à la tension nominale. En aucun cas, l'essai ne doit être effectué avec une excitation supérieure à celle qui correspond à 1,05 fois la tension nominale à vide.

Cette tension peut être réduite selon accord entre constructeur et acheteur pour tenir compte de l'impédance du transformateur qui peut être interposé entre l'alternateur et le réseau. Dans ce dernier cas, il pourra également être accepté que l'essai soit fait sur place avec le dispositif de surexcitation en service. Le court-circuit est maintenu pendant 3 s.

L'essai est réputé satisfaisant si aucune déformation nuisible ne se produit et si l'essai diélectrique par tension appliquée (voir article 17, Tableau VIII) est satisfait après l'essai de court-circuit. Pour les turbo-alternateurs triphasés à 50 Hz voir la Publication 34-3 de la CEI.

No	Category of machine	Overspeed requirement
1	c) Series and universal motors	1.1 times the no-load speed at rated voltage For motors integrally attached to loads that cannot become accidentally disconnected, the words "no-load speed" shall be interpreted to mean the lightest load condition possible with the load
2	D C machines	
	a) Shunt-wound and separately excited motors	1.2 times the highest rated speed or 1.15 times the corresponding no-load speed, whichever is greater
	b) Compound-wound motors having speed regulation of 35% or less	1.2 times the highest rated speed or 1.15 times the corresponding no-load speed, whichever is greater, but not exceeding 1.5 times, the highest rated speed
	c) Compound-wound motors having speed regulation greater than 35%, and series-wound motors	The manufacturer shall assign a maximum safe operating speed which shall be stamped on the rating plate. The overspeed for these motors shall be 1.1 times the maximum safe operating speed. The safe operating speed marking is not required on motors that are capable of an overspeed of 1.1 times the no-load speed at rated voltage
	d) Permanent-magnet excited motors	Overspeeds as specified in item 2a) unless the motor has also a series winding and, in such a case, they shall withstand the overspeeds specified in items 2b) or 2c) as appropriate
	e) Generators	1.2 times the rated speed

24 Short-circuit withstand test for a c generators

The three-phase short-circuit test for alternating current machines shall be carried out only at the express request of the purchaser made at the time of the order. 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. In no case shall the test be carried out with an excitation greater than that corresponding to 1.05 times the rated voltage at no load.

This voltage may be reduced by agreement between manufacturer and purchaser, in order to take into account the impedance of the transformer which may be placed between the generators and the system. In this latter case, it may also be agreed that the test be made on the site with the over-excitation device in service. The short-circuit shall be maintained for 3 s.

The test is considered satisfactory if no harmful deformation occurs and if the requirements of the applied voltage dielectric test (see Clause 17, Table VIII) are met after the short-circuit test. For three-phase 50 Hz turbine-type generators, see IEC Publication 34-3.

SECTION HUIT — ESSAI DE COMMUTATION

25 Essai de commutation pour machines à collecteur

Une machine à courant continu ou alternatif comportant un collecteur doit pouvoir fonctionner sans dommage permanent à la surface du collecteur ou des balais et sans étincelles dangereuses, les balais restant calés dans la même position, de la marche à vide à la marche en surintensité ou excès de couple spécifiée à la section sept Si l'essai d'échauffement est effectué, l'essai de commutation est fait aussitôt après la fin de cet essai d'échauffement

SECTION NEUF — TOLÉRANCES

26 Nomenclature des tolérances sur les grandeurs figurant dans les spécifications des machines électriques

Notes 1 — Des garanties ne sont pas nécessairement données sur tous ou l'un quelconque des points indiqués dans le tableau X Les offres concernant des garanties sujettes à des tolérances doivent le spécifier et les tolérances doivent être conformes au tableau X

2 — On attire l'attention sur les différentes interprétations du mot « garantie »

Dans certains pays, on fait la différence entre les valeurs garanties et les valeurs caractéristiques ou valeurs déclarées

TABEAU X

Nomenclature des tolérances

N°	Article	Tolérance
1	Rendement * a) Par sommation des pertes: — machines de puissance inférieure ou égale à 50 kW — machines de puissance supérieure à 50 kW b) Par rapport de la puissance utile à la puissance absorbée	— 15 % de $(1 - \eta)$ — 10 % de $(1 - \eta)$ — 15 % de $(1 - \eta)$
2	Pertes totales * (applicables aux machines de puissance supérieure à 50 kW)	+ 10 % des pertes totales
3	Facteur de puissance pour les machines à induction	— % de $(1 - \cos \varphi)$ Minimum 0,02 Maximum 0,07
4	a) Vitesse des moteurs shunt ou à excitation séparée à courant continu (à pleine charge et à la température de fonctionnement)	kW par 1 000 tr/min < 0,67 ± 15 % De 0,67 à 2,5 exclus ± 10 % De 2,5 à 10 exclus ± 7,5 % 10 et au dessus ± 5 %
	b) Vitesse des moteurs série à courant continu (à pleine charge et à la température de fonctionnement)	< 0,67 ± 20 % De 0,67 à 2,5 exclus ± 15 % De 2,5 à 10 exclus ± 10 % 10 et au-dessus ± 7,5 %
	c) Vitesse des moteurs à courant continu à excitation composée (à pleine charge et à la température de fonctionnement)	Les tolérances seront les mêmes que celles du point 4b) sauf s'il en est convenu autrement entre le constructeur et l'acheteur

* La détermination du rendement et des pertes fait l'objet de la Publication 34-2 de la C E I

SECTION EIGHT — COMMUTATION TEST

25 Commutation test for direct and alternating current commutator machines

A direct current or alternating current commutator machine shall be capable of operating without permanent damage to the surface of the commutator or brushes and without injurious sparking, the brushes remaining set in the same position, from no-load operation to operation with excess current or excess torque specified in Section Seven. If a temperature rise test is made, the commutation test shall be made immediately after completion of that test.

SECTION NINE — TOLERANCES

26 Schedule of tolerances on quantities involved in the rating of electrical machinery

Notes 1 — It is not intended that guarantees shall necessarily be given upon all or any of the items shown in Table X. Tenders including guarantees subject to tolerances shall so state, and the tolerances shall be in accordance with Table X.

2 — Attention is drawn to the different interpretations of the term 'guarantee'. In some countries, a distinction is drawn between guaranteed values and typical or declared values.

TABLE X
Schedule of tolerances

No	Item	Tolerance
1	Efficiency * a) By summation of losses: — machines up to 50 kW — machines above 50 kW b) By input-output test	— 15% of $(1-\eta)$ — 10% of $(1-\eta)$ — 15% of $(1-\eta)$
2	Total losses* (applicable to machines above 50 kW)	+ 10% of the total losses
3	Power-factor for induction machines	— 1% of $(1 - \cos \phi)$ Minimum 0.02 Maximum 0.07
4	a) Speed of d.c. shunt and separate excitation motors (at full load and at working temperature)	kW per 1 000 rev/min < 0.67 ± 15% Not less than 0.67 but below 2.5 ± 10% Not less than 2.5 but below 10 ± 7.5% 10 and upwards ± 5%
	b) Speed of d.c. series motors (at full load and at working temperature)	< 0.67 ± 20% Not less than 0.67 but below 2.5 ± 15% Not less than 2.5 but below 10 ± 10% 10 and upwards ± 7.5%
	c) Speed of d.c. compound excitation motors (at full load and at working temperature)	Tolerances as for item 4b) unless otherwise agreed between the manufacturer and the purchaser

* The determination of efficiency and losses is dealt with in IEC Publication 34-2

N°	Article	Tolérance
5		
a)	Glissement des moteurs à induction (à pleine charge et à la température de fonctionnement)	$\pm 20\%$ du glissement garanti
b)	Vitesse des moteurs à courant alternatif à caractéristiques shunt (à pleine charge et à la température de fonctionnement)	— Sur la vitesse la plus élevée: — 3 % de la vitesse de synchronisme — Sur la vitesse la moins élevée: + 3 % de la vitesse de synchronisme
6	Variation de tension des génératrices à courant continu, à excitation shunt ou séparée, en tout point de la caractéristique	$\pm 20\%$ de la variation garantie en ce point
7	Variation de tension des génératrices à excitation composée (au facteur de puissance nominal dans le cas du courant alternatif)	$\pm 20\%$ de la variation de tension garantie, avec un minimum de $\pm 3\%$ de la tension nominale (Cette tolérance s'applique à l'écart maximal à une charge quelconque entre la tension observée à cette charge et une droite tracée entre les points de la tension garantie à vide et en charge)
8	Courant à rotor bloqué des moteurs à induction à cage à rotor en court-circuit avec un appareil de démarrage spécifié	+ 20 % du courant garanti (pas de limite inférieure)
9	Valeur de crête du courant de court-circuit d'un alternateur dans des conditions spécifiées	$\pm 30\%$ de la valeur garantie
10	Courant de court circuit permanent d'un alternateur pour une excitation spécifiée	$\pm 15\%$ de la valeur garantie
11	Variation de vitesse des moteurs shunt ou à excitation composée à courant continu (entre la charge nulle et la pleine charge)	$\pm 20\%$ de la variation garantie avec un minimum de $\pm 2\%$ de la vitesse nominale
12	Couple à rotor bloqué des moteurs à induction	— 15 % + 25 % du couple garanti (+ 25 % peut être dépassé sur accord)
12A	Couple minimal pendant le démarrage des moteurs à induction	— 15 % du couple garanti
13	Couple maximal des moteurs à induction	— 10 % du couple garanti, sous réserve qu'après application de cette tolérance, le couple reste égal ou supérieur à 1,6 ou 1,5 fois le couple nominal (voir article 19)
14	Moment d'inertie ou constante d'énergie cinétique	$\pm 10\%$ de la valeur garantie
15	Couple à rotor bloqué des moteurs synchrones	— 15 % + 25 % de la valeur garantie (+ 25 % peut être dépassé sur accord)
16	Couple de décrochage des moteurs synchrones	— 10 % de la valeur garantie, sous réserve qu'après application de cette tolérance, le couple reste égal ou supérieur à 1,35 ou 1,5 fois le couple nominal (article 19)
17	Courant à rotor bloqué des moteurs synchrones	+ 20 % de la valeur garantie, pas de limite inférieure

No	Item	Tolerance
5		
a)	Slip of induction motors (at full load and at working temperature)	$\pm 20\%$ of the guaranteed slip
b)	Speed of a c motors with shunt characteristics (at full load and at working temperature)	— On the highest speed: — 3% of the synchronous speed — On the lowest speed: + 3% of the synchronous speed
6	Inherent voltage regulation of d c generators, shunt or separately excited, at any point on the characteristic	$\pm 20\%$ of the guaranteed regulation at that point
7	Inherent voltage regulation of generators with compound excitation (at the rated power-factor in the case of alternating current)	$\pm 20\%$ of the guaranteed regulation, with a minimum of $\pm 3\%$ 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)
8	Locked rotor current of cage induction motors with short circuited rotor and with any specified starting apparatus	+ 20% of the guaranteed current (no lower limit)
9	Peak value of short circuit current of an a c generator under specified conditions	$\pm 30\%$ of the guaranteed value
10	Steady short-circuit current of an a c generator at specified excitation	$\pm 15\%$ of the guaranteed value
11	Variation of speed of d c shunt wound and compound wound motors (from no load to full load)	$\pm 20\%$ of the guaranteed variation with a minimum of $\pm 2\%$ of the rated speed
12	Locked rotor torque of induction motors	— 15% + 25% of the guaranteed torque (+ 25% may be exceeded by agreement)
12A	Pull-up torque of induction motors	— 15% of the guaranteed torque
13	Pull out torque of induction motors	— 10% of the guaranteed torque except that after allowing for this tolerance, the torque shall be not less than 1.6 or 1.5 times the rated torque (see Clause 19)
14	Moment of inertia or stored energy constant	$\pm 10\%$ of the guaranteed value
15	Locked rotor torque for synchronous motors	— 15% + 25% of the guaranteed value (+ 25% may be exceeded by agreement)
16	Pull out torque for synchronous motors	— 10% of the guaranteed value except that after allowing for this tolerance, the torque shall be not less than 1.35 or 1.5 times the rated torque (see Clause 19)
17	Locked rotor current for synchronous motors	+ 20% of the guaranteed value, no lower limit

SECTION DIX — PLAQUES SIGNALÉTIQUES

27 Plaques signalétiques

Toute machine électrique doit être munie d'une ou plusieurs plaques signalétiques comportant les indications appropriées qui doivent être facilement lisibles et durables. Autant que possible la ou les plaques signalétiques doivent être fixées sur la carcasse de la machine et, sauf spécification contraire, placées de façon à être lisibles dans la position d'utilisation déterminée par la forme de construction de la machine (voir Publication 34-7 de la CEI)

Les plaques signalétiques doivent porter celles des indications suivantes qui conviennent, mais il n'est pas nécessaire qu'elles figurent toutes sur la même plaque

- 1 Nom du constructeur
- 2 Numéro de série du constructeur ou marque permettant de reconnaître le type de fabrication et année de fabrication
- 3 Type de machine : moteur ou génératrice, shunt, série, excitation composée, à cage, etc
- 4 Service nominal conformément aux indications de la section trois. La durée et la suite des régimes peuvent être indiquées par un terme qualificatif.
- 5 Puissance nominale
- 6 Tension nominale
- 7 Courant nominal
- 8 Nature du courant (continu --- ou alternatif ~)
- 9 Pour les machines à courant alternatif, fréquence nominale et nombre de phases
- 10 Vitesse nominale ou gamme de vitesses nominales
- 11 Survitesse admissible, s'il y a lieu (par exemple turbo-alternateurs et génératrices entraînées par turbines hydrauliques)
- 12 Classe d'isolation ou échauffement admissible
- 13 Numéro et date de la spécification (par exemple CEI 34-1 (1969))
- 14 Pour les machines à courant alternatif, couplage des enroulements, en utilisant les symboles appropriés de la Publication 117-1 de la CEI: Symboles graphiques recommandés, Première partie: Nature de courant, système de distribution, modes de connexion et éléments de circuits
- 15 Pour les machines à courant alternatif, facteur de puissance
- 16 Pour les machines synchrones ou les machines à courant continu à excitation séparée, tension et courant d'excitation nominaux
- 17 Pour les machines à induction à rotor bobiné, tension entre bagues à circuit ouvert et courant rotorique dans les conditions nominales
- 18 Pour les machines refroidies à l'hydrogène, pression de l'hydrogène pour la puissance nominale
- 19 Constante d'énergie cinétique (H) ou facteur d'inertie (FI)
- 20 La température du fluide de refroidissement si la machine est conçue pour une température autre que 40 °C, ou la température de l'eau si la machine est conçue pour une température d'eau différente de 25 °C

SECTION TEN — RATING PLATES

27 Rating plates

Every electrical machine shall be provided with a rating plate (or rating plates), containing the appropriate information which shall be easily legible and durable. As far as possible the rating plate(s) shall be fixed to the frame of the machine and, unless otherwise specified, located in such a way as to be easily legible in the position of use determined by the type of construction of the machine (see IEC Publication 34-7)

Rating plates shall be marked with the appropriate items in the following list, but these items need not all be on the same plate

- 1 The manufacturer's name
- 2 The manufacturer's serial number, or identification mark, and year of manufacture
- 3 The type of machine motor or generator; shunt, series, compound, cage, etc
- 4 The class of rating according to Section Three The duration and sequence may be indicated by a qualifying term
- 5 The rated output
- 6 The rated voltage
- 7 The rated current
- 8 Type of current (d c $\equiv$ or a c $\sim$)
- 9 For a c machines, the rated frequency and number of phases
- 10 The rated speed, or speed range
- 11 The permissible overspeed, if applicable (e.g. turbine-type and hydraulic-turbine driven generators)
- 12 The class of insulation or the permissible temperature rise
- 13 The number and date of the specification (e.g. IEC 34-1 (1969))
- 14 For a c machines, the winding connections designated by the appropriate symbols from IEC Publication 117-1, Recommended Graphical Symbols, Part 1: Kind of Current, Distributions Systems, Methods of Connection and Circuit Elements
- 15 For a.c. machines, the power-factor
- 16 For synchronous machines or d.c. machines with separate excitation, the rated excitation current and voltage
- 17 For wound-rotor induction machines, the open-circuit voltage between slip rings and the slip-ring current for rated conditions
- 18 For hydrogen-cooled machines, the hydrogen pressure at rated output
- 19 The stored energy constant (H) or factor of inertia (FI)
- 20 The coolant temperature if the machine is designed for a temperature other than 40 °C, or the water temperature if the machine is designed for a water temperature other than 25 °C

- 21 L'altitude, si la machine est conçue pour fonctionner à une altitude supérieure à 1 000 m

Notes 1 — Les indications ci dessus ont été numérotées pour permettre de s'y référer commodément, mais l'ordre dans lequel elles doivent être portées sur la plaque signalétique n'a pas été normalisé

- 2 — En plus des renseignements ci-dessus, certains pays exigent que la masse de la machine soit indiquée lorsque celle-ci excède un chiffre donné

SECTION ONZE — IRRÉGULARITÉS DE LA FORME D'ONDE

28 Prescriptions et essais

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

28.1 Prescriptions

Lorsqu'il est vérifié en circuit ouvert à la vitesse et à la tension nominales, le facteur harmonique téléphonique (FHT) de la tension entre bornes de phase, mesuré par les méthodes du paragraphe 28.2 ne doit pas dépasser les valeurs suivantes:

Puissance nominale de la machine	FHT
$300 \text{ kW (ou kVA)} \leq P \leq 1\,000 \text{ kW (ou kVA)}$	5 %
$1\,000 \text{ kW (ou kVA)} \leq P \leq 5\,000 \text{ kW (ou kVA)}$	3 %
$5\,000 \text{ kW (ou kVA)} < P$	1,5 %

Notes 1 — Il n'est pas spécifié de valeurs limites pour les harmoniques individuels car il est considéré que les machines qui remplissent les 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), les irrégularités de la forme d'onde doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur

28.2 Essais

Les alternateurs sont soumis à des essais de type ayant pour objet de vérifier la conformité au paragraphe 28.1

La gamme des fréquences de mesure doit couvrir tous les harmoniques de la fréquence nominale à 5 000 Hz inclus

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

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