

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
34-3**

Quatrième édition
Fourth edition
1988

Machines électriques tournantes

Troisième partie:

Règles spécifiques pour les turbomachines
synchrones

Rotating electrical machines

Part 3:

Specific requirements for turbine-type
synchronous machines



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 34-3: 1988

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology

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

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

Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

IEC publications prepared by the same technical committee

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
34-3**

Quatrième édition
Fourth edition
1988

Machines électriques tournantes

Troisième partie:
Règles spécifiques pour les turbomachines
synchrones

Rotating electrical machines

Part 3:
Specific requirements for turbine-type
synchronous machines

© CEI 1988 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

T

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

IECNORM.COM :: Click to view the full PDF of IEC 60034-3:1988

Withdrawn

CORRIGENDUM 1

Page 18

Article 14:

Au lieu de

$$(I^2 - I)t = 37,5 \text{ s}$$

lire

$$(I^2 - 1)t = 37,5 \text{ s}$$

Page 20

Article 16.1:

Dans la première ligne, au lieu de

....dans les articles 18...

lire

....dans les articles 19...

Page 19

Clause 14:

Instead of

$$(I^2 - I)t = 37,5 \text{ s}$$

read

$$(I^2 - 1)t = 37,5 \text{ s}$$

Page 21

Clause 16.1

In the first line, instead of

...in clauses 18...

read

...in clauses 19...

SOMMAIRE

	Pages
PREAMBULE.....	6
PREFACE	6

Articles

SECTION UN - DOMAINE D'APPLICATION

1. Domaine d'application	10
--------------------------------	----

SECTION DEUX - GENERALITES

2. Règles générales	10
3. Tension assignée	12
4. Vitesse assignée	12
5. Plages de variation de tension et de fréquence	12
6. Sens de rotation	14
7. Enroulements statoriques	14
8. Courant et tension assignés d'excitation de la machine	14
9. Isolation de la machine	14
10. Protection contre les courants d'arbre	16
11. Essai de survitesse	16
12. Vitesses critiques	16
13. Diagramme de puissance	16
14. Surintensité de l'enroulement statorique	18
15. Court-circuit brusque	18
16. Rapport de court-circuit et réactances transitoire et subtransitoire longitudinales	20
17. Résistance mécanique concernant le nombre de démarrages des turbo-alternateurs normaux	22

SECTION TROIS - MACHINES REFROIDIES PAR AIR

18. Facteur de puissance	22
19. Rapport de court-circuit	24
20. Refroidissement de la machine	24
21. Température du fluide de refroidissement primaire et échauffements	24
22. Détecteurs de température	24
23. Réfrigérants à air	24

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7

Clause

SECTION ONE - SCOPE

1. Scope	11
----------------	----

SECTION TWO - GENERAL

2. General rules.....	11
3. Rated voltage	13
4. Rated speed.....	13
5. Ranges of voltage and frequency	13
6. Direction of rotation.....	15
7. Stator winding	15
8. Machine rated field current and voltage.....	15
9. Machine insulation.....	15
10. Insulation against shaft current	17
11. Overspeed test.....	17
12. Critical speeds	17
13. Capability diagram.....	17
14. Overcurrent requirements	19
15. Sudden short-circuit	19
16. Short-circuit ratio and direct axis transient and sub-transient reactances.....	21
17. Mechanical strength concerning number of starts for normal generators	23

SECTION THREE - AIR-COOLED MACHINES

18. Power factor	23
19. Short-circuit ratio.....	25
20. Machine cooling.....	25
21. Temperature of primary coolant.....	25
22. Temperature detectors.....	25
23. Air coolers	25

SECTION QUATRE - MACHINES REFROIDIES PAR HYDROGENE OU PAR LIQUIDE

24. Pression de l'hydrogène dans l'enveloppe	26
25. Facteur de puissance	26
26. Rapport de court-circuit	28
27. Enveloppe de la machine et plaques de fermeture	28
28. Bornes de l'enroulement statorique	28
29. Température des fluides de refroidissement primaires, températures et échauffements de la machine	28
30. Altitude	30
31. Détecteurs de température	30
32. Réfrigérants à gaz ou à liquide	32
33. Systèmes auxiliaires	32

SECTION CINQ - TURBOMACHINES ENTRAINEES PAR TURBINE A GAZ A COMBUSTION

34. Conditions de fonctionnement	36
35. Caractéristiques assignées et régimes de fonctionnement	36
36. Plaque signalétique	42
37. Essais d'échauffement	42
38. Fonctionnement en compensateur synchrone	42
FIGURES	44

SECTION FOUR - HYDROGEN-COOLED OR LIQUID-COOLED MACHINES

24. Hydrogen pressure in the casing	27
25. Power factor	27
26. Short-circuit ratio	29
27. Machine housing and cover plates	29
28. Stator winding terminals	29
29. Temperature of primary coolants, temperatures and temperature rises of the machine	29
30. Altitude	31
31. Temperature detectors	31
32. Gas or liquid coolers	33
33. Auxiliary system	33

SECTION FIVE - TURBINE-TYPE MACHINES DRIVEN BY COMBUSTION GAS TURBINES

34. Service conditions	37
35. Rating and capabilities	37
36. Rating plate	43
37. Temperature tests	43
38. Operation as a synchronous compensator	43
FIGURES	44

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MACHINES ELECTRIQUES TOURNANTESTroisième partie: Règles spécifiques pour les
turbomachines synchrones

PREAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 4) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand il est déclaré qu'un matériel est conforme à l'une de ses recommandations.

PREFACE

La présente norme a été établie par le Sous-Comité 2A: Turbo-alternateurs, du Comité d'Etudes n° 2 de la CEI: Machines tournantes.

Cette quatrième édition de la Publication 34-3 de la CEI remplace la troisième édition, parue en 1968.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapports de vote	Procédure des Deux Mois	Rapport de vote
2A(BC)17 2A(BC)22 2A(BC)23 2A(BC)24 2A(BC)25 2A(BC)30	2A(BC)18 2A(BC)31 2A(BC)27 2A(BC)32 2A(BC)28 2A(BC)35	2A(BC)20	2A(BC)26

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

Cette norme fait partie d'une série de publications traitant de machines électriques tournantes dont les autres parties sont:

- Première partie: Valeurs nominales et caractéristiques de fonctionnement, éditée comme Publication 34-1 de la CEI.
- Deuxième partie: Méthodes pour la détermination des pertes et du rendement des machines électriques tournantes à partir d'essais (à l'exclusion des machines pour véhicules de traction), éditée comme Publication 34-2 de la CEI.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ROTATING ELECTRICAL MACHINESPart 3: Specific requirements for turbine-type
synchronous machines

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.
- 4) The IEC has not laid down any procedure concerning marking as an indication of approval and has no responsibility when an item of equipment is declared to comply with one of its recommendations.

PREFACE

This standard has been prepared by Sub-Committee 2A: Turbine-type generators, of IEC Technical Committee No. 2: Rotating machinery.

This fourth edition of IEC Publication 34-3 supersedes the third edition published in 1968.

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

Six Months' Rule	Reports on voting	Two Months' Procedure	Report on Voting
2A(C0)17 2A(C0)22 2A(C0)23 2A(C0)24 2A(C0)25 2A(C0)30	2A(C0)18 2A(C0)31 2A(C0)27 2A(C0)32 2A(C0)28 2A(C0)35	2A(C0)20	2A(C0)26

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

This standard constitutes part of a series of publications dealing with rotating electrical machinery, the other parts being:

Part 1: Rating and Performance, issued as IEC Publication 34-1.

Part 2: Methods for Determining Losses and Efficiency of Rotating Electrical Machinery from Tests (excluding Machines for Traction Vehicles), issued as IEC Publication 34.2.

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

La publication suivante de la CEI est citée dans la présente norme:

Publication n° 45 (1970): Spécification des turbines à vapeur.

- Part 4: Methods for Determining Synchronous Machine Quantities from Tests, issued as IEC Publication 34-4.
- Part 5: Classification of Degrees of Protection provided by Enclosures for Rotating Machines, issued as IEC Publication 34-5.
- Part 6: Methods of Cooling Rotating Machinery, issued as IEC Publication 34-6.
- Part 7: Symbols for Types of Construction and Mounting Arrangements of Rotating Electrical Machinery, issued as IEC Publication 34-7.
- Part 8: Terminal Markings and Direction of Rotation of Rotating Machines, issued as IEC Publication 34-8.
- Part 9: Noise Limits, issued as IEC Publication 34-9.
- Part 10: Conventions for Description of Synchronous Machines, issued as IEC Publication 34-10.
- Part 11: Built-in Thermal Protection, Chapter 1: Rules for Protection of Rotating Electrical Machines, issued as IEC Publication 34-11.
- Part 12: Starting Performance of Single-speed Three-phase Cage Induction Motors for Voltages up to and Including 600 V, issued as IEC Publication 34-12.
- Part 13: Specification for Mill Auxiliary Motors, issued as IEC Publication 34-13.
- Part 14: Mechanical Vibration of Certain Machines with Shaft Heights 56 mm and Higher - Measurement, Evaluation and Limits of the Vibration Severity, issued as IEC Publication 34-14.

The following IEC publications are quoted in this standard:

Publication No. 45 (1970): Specification for Steam Turbines.

MACHINES ELECTRIQUES TOURNANTES

Troisième partie: Règles spécifiques pour les turbomachines synchrones

SECTION UN - DOMAINE D'APPLICATION

1. Domaine d'application

La présente norme s'applique aux turbomachines triphasées de puissance assignée supérieure ou égale à 10 MVA, utilisées en alternateurs.

Les articles appropriés concernent également les machines utilisées en moteurs ou en compensateurs synchrones.

Cette norme constitue un complément aux règles fondamentales pour les machines tournantes, données dans la Publication 34-1 de la CEI.

Cette norme ne s'applique pas aux machines déjà exclues du domaine d'application de la Publication 34-1 de la CEI.

La section deux de cette norme comprend les règles spécifiques communes à toutes les turbomachines.

La section trois de cette norme énumère d'autres règles pour les turbomachines refroidies par air.

La section quatre de cette norme précise les règles complémentaires auxquelles doivent satisfaire les turbomachines refroidies par hydrogène ou par un liquide.

La section cinq de cette norme traite des règles spécifiques aux turbomachines entraînées par turbines à gaz à combustion.

Notes 1.- Les règles spécifiques pour excitatrices, aussi bien statiques que tournantes, sont à l'étude, et il est prévu qu'elles constitueront la section six de la Publication 34-3.

2.- Les essais de détermination du rendement et des grandeurs des machines synchrones sont traités respectivement dans les Publications 34-2 et 34-4.

SECTION DEUX - GENERALITES

2. Règles générales

Les turbomachines doivent être en conformité avec les règles générales pour les machines tournantes données dans la Publication 34-1 de la CEI, à moins que des règles différentes ne soient spécifiées dans la présente norme. Chaque fois qu'il est fait référence à un accord dans cette norme, cela doit être compris comme un accord entre le constructeur et l'acheteur.

ROTATING ELECTRICAL MACHINES

Part 3: Specific requirements for turbine-type synchronous machines

SECTION ONE - SCOPE

1. Scope

This standard applies to three-phase turbine-type machines, having rated outputs of 10 MVA and above, used as generators.

Those clauses that are appropriate apply to machines used as synchronous motors or compensators.

This standard supplements the basic requirements for rotating machines given in IEC Publication 34-1.

This standard does not apply to those machines which are excluded from the scope of IEC Publication 34-1.

Section Two of this standard gives the specific requirements common to all turbine-type machines.

Section Three of this standard specifies further requirement for air-cooled turbine-type machines.

Section Four of this standard specifies additional requirements for hydrogen or liquid cooled turbine-type machines.

Section Five of this standard gives the specific requirements for turbine-type machines driven by combustion gas-turbines.

Notes 1.- Specific requirements for both rotating and static exciters are under consideration and it is intended that these will form Section Six of Publication 34-3.

2.- Tests for determining the efficiency and the quantities of synchronous machines are dealt with in Publications 34-2 and 34-4 respectively.

SECTION TWO - GENERAL

2. General rules

Turbine-type machines shall be in accordance with the basic requirements for rotating machines specified in IEC Publication 34-1 unless otherwise specified in this standard. Wherever in this standard there is reference to an agreement, it shall be understood that this is an agreement between the manufacturer and the purchaser.

3. Tension assignée

La tension assignée doit être fixée par accord.

4. Vitesse assignée

La vitesse assignée doit être de 1 500 tr/min ou 3 000 tr/min pour les machines à 50 Hz, et de 1 800 tr/min ou 3 600 tr/min pour les machines à 60 Hz.

5. Plages de variation de tension et de fréquence

Les machines doivent pouvoir fonctionner en permanence à la puissance assignée et au facteur de puissance assigné dans des limites de $\pm 5\%$ en tension et de $\pm 2\%$ en fréquence, comme défini par la zone hachurée de la figure 1.

Les échauffements limites des tableaux I et II, ou les températures limites totales du tableau III de la Publication 34-1 de la CEI doivent s'appliquer uniquement aux tension et fréquence assignées.

Notes 1.- Lorsque le point de fonctionnement s'éloigne des tension et fréquence assignées, les échauffements ou les températures totales peuvent augmenter progressivement. Un fonctionnement continu à la puissance assignée, à certains endroits de la limite extrême de la zone hachurée, provoque une augmentation des échauffements pouvant atteindre environ 10 K. Les machines fonctionneront également à la puissance assignée et au facteur de puissance assigné dans les limites de $\pm 5\%$ en tension et $\pm 3\%$, -5% en fréquence, comme défini par les limites extrêmes extérieures de la figure 1, mais les échauffements seront supérieurs.

2.- En conséquence, dans le but de minimiser la réduction de durée de vie de la machine sous l'effet de la température ou des différences de température, il convient que le fonctionnement à l'extérieur de la zone hachurée soit limité en étendue, durée et fréquence d'apparition. Il est recommandé que la puissance soit réduite ou que d'autres mesures correctives soient prises le plus rapidement possible.

Si le fonctionnement dans une plage de tension ou de fréquence encore plus étendue est spécifié, il convient que cela fasse l'objet d'un accord.

3.- On considère qu'un fonctionnement à la fois à tension élevée et fréquence basse ou à tension basse et fréquence élevée est improbable. Le premier cas est la condition la plus probable pour laquelle l'échauffement de l'enroulement d'excitation est augmenté.

La figure 1 montre le fonctionnement dans ces quadrants limité aux conditions pour lesquelles la machine et son transformateur ne sont pas sursaturés ou sous-saturés de plus de 5%.

3. Rated voltage

The rated voltage shall be fixed by agreement.

4. Rated speed

The rated speed shall be 1 500 rev/min or 3 000 rev/min for 50 Hz machines, and 1 800 rev/min or 3 600 rev/min for 60 Hz machines.

5. Ranges of voltage and frequency

Machines shall be capable of continuous rated output at the rated power factor over the ranges of $\pm 5\%$ in voltage and $\pm 2\%$ in frequency, as defined by the shaded area of Figure 1.

The temperature rise limits in Tables I and II, or the total temperature limits in Table III of IEC Publication 34-1 shall apply at the rated voltage and frequency only.

Notes 1.- As the operating point moves away from the rated values of voltage and frequency, the temperature rise or total temperatures may progressively increase. Continuous operation at rated output at certain parts of the boundary of the shaded area causes temperature rises to increase by up to 10 K approximately. Machines will also carry output at rated power factor within the ranges of $\pm 5\%$ in voltage and $+3\%/-5\%$ in frequency, as defined by the outer boundary of Figure 1, but temperature rises will be further increased.

2.- Therefore, to minimise the reduction of the machine's lifetime due to the effects of temperature or temperature differences, operation outside the shaded area should be limited in extent, duration and frequency of occurrence. The output should be reduced or other corrective measures taken as soon as practicable.

If operation over a still wider range of voltage or frequency is required, this should be the subject of an agreement.

3.- It is considered that overvoltage together with low frequency, or low voltage with overfrequency, are unlikely operating conditions. The former is the condition most likely to increase the temperature rise of the field winding.

Figure 1 shows operation in these quadrants restricted to conditions that will cause the machine and its transformer to be over- or under-fluxed by no more than 5%.

- 4.- Les marges d'excitation et de stabilité seront réduites dans certaines des conditions de fonctionnement indiquées.
- 5.- A mesure que la fréquence de fonctionnement s'éloigne de la fréquence assignée, des effets externes à l'alternateur peuvent devenir importants et devront être pris en considération. Exemples: le constructeur de la turbine spécifiera des plages de fréquence et des durées correspondantes pour lesquelles la turbine peut fonctionner; il convient que la possibilité pour les équipements auxiliaires de fonctionner dans une certaine plage de tension et de fréquence soit prise en considération.

6. Sens de rotation

L'alternateur n'ayant qu'un seul sens de rotation, déterminé par la turbine, la Publication 34-8 de la CEI ne s'applique pas nécessairement. Le sens de rotation doit être indiqué sur la machine ou sur sa plaque signalétique, et l'ordre de succession des phases du stator doit être indiqué en repérant les bornes par ordre alphabétique, par exemple U_1 , V_1 , W_1 .

7. Enroulements statoriques

Les enroulements statoriques peuvent être couplés en étoile ou en triangle, mais, sauf spécification expresse et contraire; c'est le couplage en étoile qui est prévu. Dans les deux cas, les six extrémités des enroulements doivent être sorties, sauf accord contraire.

8. Courant et tension assignés d'excitation de la machine

La tension assignée et le courant assigné d'excitation de la machine sont les valeurs nécessaires à l'enroulement d'excitation pour les conditions de fonctionnement assignées en puissance apparente, tension, fréquence, facteur de puissance et, éventuellement, pression d'hydrogène, l'enroulement d'excitation étant à la température du fluide de refroidissement primaire, obtenue dans cette condition de charge, quand le fluide de refroidissement final est à sa température maximale spécifiée.

9. Isolation de la machine

9.1 *Classe d'isolation*

Les systèmes d'isolation utilisés pour les enroulements doivent être de la classe B ou d'une classe d'isolation thermique supérieure.

9.2 *Essais diélectriques*

Les essais diélectriques doivent être effectués conformément à la Publication 34-1 de la CEI, à l'exception des enroulements inducteurs, où l'on utilisera les tensions suivantes:

- pour des tensions d'excitation assignées jusqu'à 500 V:

- 4.- Margins of excitation and of stability will be reduced under some of the operating conditions shown.
- 5.- As the operating frequency moves away from the rated frequency, effects outside the generator may become important and need to be considered. As examples: the turbine manufacturer will specify ranges of frequency and corresponding periods during which the turbine can operate; and the ability of auxiliary equipment to operate over a range of voltage and frequency should be considered.

6. Direction of rotation

Since the generator has only one direction of rotation, which is determined by the turbine, IEC Publication 34-8 need not be applied. The direction of rotation shall be shown on the machine or on its rating plate, and the time-phase sequence of the stator voltage shall then be indicated by marking the terminals in alphabetical sequence, e.g. U_1 , V_1 , W_1 .

7. Stator winding

The stator windings may be either star-connected or delta-connected but, unless specifically stated to the contrary, star connections will be provided. In either case, six winding ends shall be brought out unless otherwise agreed.

8. Machine rated field current and voltage

The machine rated field current and voltage are those values needed for the field winding for rated operating conditions of apparent power, voltage, frequency, power factor and, if applicable, hydrogen pressure, with the field winding at the operating temperature corresponding to the primary coolant temperature obtained under these conditions when the final coolant is at its maximum specified temperature.

9. Machine insulation

9.1 *Insulation class*

Insulation systems used for the windings shall be of Class B or higher thermal classification.

9.2 *Dielectric tests*

High-voltage tests shall be in accordance with IEC Publication 34-1 except for the test voltage for field windings. These voltages shall be:

- for rated field voltages up to 500 V:

10 fois la tension d'excitation assignée, avec un minimum de 1 500 V;

- pour des tensions d'excitation assignées supérieures à 500 V:

4 000 V + 2 fois la tension d'excitation assignée.

10. Protection contre les courants d'arbre

Des mesures appropriées doivent être prises pour éviter le passage de courants dangereux dans l'arbre et pour la mise à la terre correcte de l'arbre rotorique. L'isolation nécessaire doit de préférence être prévue de façon à pouvoir être contrôlée, la machine étant en service.

11. Essai de survitesse

Les rotors de turbomachines doivent être essayés à 1,2 fois la vitesse assignée pendant 2 min.

12. Vitesses critiques

Les vitesses critiques de l'ensemble rotorique du groupe complet ne doivent pas entraîner de fonctionnement defectueux dans les limites de variation de vitesse correspondant aux variations de fréquence acceptées conformément à l'article 5 (voir Publication 45 de la CEI).

13. Diagramme de puissance

Le constructeur doit fournir un diagramme de puissance indiquant les limites de fonctionnement imposées par la température ou les échauffements et, éventuellement, par la stabilité statique. Le diagramme sera établi pour un fonctionnement aux tension et fréquence assignées, et, pour une machine refroidie à l'hydrogène, à la pression d'hydrogène assignée.

Un diagramme type est donné à la figure 2. Ses frontières sont imposées par les limitations suivantes:

- la courbe A représente le fonctionnement avec un courant d'excitation assigné constant et donc un échauffement approximativement constant de l'enroulement inducteur;
- la courbe B représente le courant statorique assigné constant et, par conséquent, un échauffement approximativement constant de l'enroulement statorique;
- la courbe C donne la limite imposée par l'échauffement localisé des extrémités, ou par la stabilité statique, ou encore par la combinaison des deux.

D'autres diagrammes peuvent être prévus, par accord entre le constructeur et l'acheteur, pour un fonctionnement dans des conditions convenues, dans les plages de variation de tension et de fréquence, conformément à l'article 5, et pour des pressions d'hydrogène autres que la pression assignée.

10 times the rated field voltage, with a minimum of 1 500 V;

- for rated field voltages above 500 V:

4 000 V + twice the rated field voltage.

10. Insulation against shaft current

Suitable precautions shall be taken to prevent harmful flow of shaft current and to earth the rotor shaft adequately. Any insulation needed shall preferably be arranged so that it can be measured while the machine is operating.

11. Overspeed test

Rotors of turbine-type machines shall be tested at 1.2 times rated speed for 2 min.

12. Critical speeds

Critical speeds of the rotor assembly of the complete set shall not cause unsatisfactory operation within the speed range corresponding to the frequency range agreed in accordance with Clause 5 (see IEC Publication 45).

13. Capability diagram

The manufacturer shall supply a capability diagram indicating the limits of operation set by temperatures or temperature rises and, if appropriate, by steady-state stability. The diagram will be drawn for operation at rated voltage and frequency, and, for a hydrogen-cooled machine, at rated hydrogen pressure.

A typical diagram is shown in Figure 2. Its boundaries are set by the following limitations:

- Curve A represents operation with constant rated field current and therefore with approximately constant temperature rise of the field winding;
- Curve B represents constant rated stator current and consequently approximately constant temperature rise of the stator winding;
- Curve C indicates the limit set by localized end region heating, or by steady-state stability, or by a combination of both effects.

By agreement between the manufacturer and the purchaser, other diagrams may be provided for operation at agreed conditions within the voltage and frequency ranges agreed in accordance with Clause 5, and for hydrogen pressures other than rated pressure.

L'alternateur doit normalement fonctionner dans les limites du diagramme, appropriées aux conditions choisies de tension et fréquence, et de pression d'hydrogène éventuellement. Un fonctionnement hors de ces limites diminuera la durée de vie de la machine.

14. Surintensité de l'enroulement statorique

Les machines ayant des puissances assignées inférieures ou égales à 1 200 MVA doivent être capables de supporter sans dommage un courant statorique de 1,5 (valeur réduite) pendant 30 s.

Pour des puissances assignées supérieures à 1 200 MVA, il y a lieu de conclure un accord sur une durée inférieure à 30 s, décroissant à mesure que la puissance assignée augmente, jusqu'à une valeur minimale de 15 s, le courant restant à 1,5 (valeur réduite) quelle que soit la puissance assignée.

La machine doit être capable de toute autre combinaison de surintensité en fonction du temps, conduisant à la même valeur d'énergie calorifique additionnelle au-dessus de celle qui est produite par le courant unitaire.

Ainsi, pour les machines jusqu'à 1 200 MVA:

$$(I^2 - I)t = 37,5 \text{ s}$$

où:

I est le courant statorique en valeur réduite

t est la durée en secondes

Cette relation doit s'appliquer pour des valeurs de t comprises entre 10 s et 60 s.

Note.- On sait que, dans ces conditions, les températures de l'enroulement statorique dépasseront les valeurs correspondant à la charge assignée et, par conséquent, la construction de la machine est fondée sur l'hypothèse que le nombre de fonctionnements aux conditions limites précisées n'excédera pas deux par an.

15. Court-circuit brusque

La machine doit être conçue de façon à pouvoir supporter sans incident tous les types de court-circuit à ses bornes, lors d'un fonctionnement à la charge assignée et à la tension assignée de 1,05 (valeur réduite), à condition que le courant maximal par phase soit limité par des moyens extérieurs à une valeur ne dépassant pas le courant maximal obtenu par phase lors d'un court-circuit triphasé. "Sans incident" signifie que la machine ne doit pas subir de dommage amenant à la retirer du service, bien qu'une déformation de l'enroulement statorique puisse se produire.

Si un essai de court-circuit brusque sur la machine neuve est décidé entre le constructeur et l'acheteur, cet essai doit être effectué après l'essai d'acceptation diélectrique à la tension totale comme suit.

The generator should be operated within the boundaries of the diagram appropriate to the chosen conditions of voltage and frequency, and hydrogen pressure if applicable. Operation outside these boundaries will shorten the life of the machine.

14. Overcurrent requirements

Machines with rated outputs up to 1 200 MVA shall be able to carry without damage a stator current of 1.5 per unit (p.u.) for 30 s.

For ratings greater than 1 200 MVA, agreement should be reached on a time duration less than 30 s, decreasing as the rating increases, to a minimum of 15 s, the current remaining at 1.5 per unit for all ratings.

The machine shall be capable of other combinations of overcurrent and time that give the same degree of additional heat input above that caused by 1 p.u. current.

Thus, for machines up to 1 200 MVA:

$$(I^2 - I^2_r)t = 37.5 s$$

where:

I is the stator current per unit

t is its duration in seconds.

This relationship shall apply for values of t between 10 s and 60 s.

Note.- It is recognized that stator temperatures will exceed rated load values under these conditions, and therefore the machine construction is based upon the assumption that the number of operations to the limit conditions specified will not exceed two per year.

15. Sudden short-circuit

The machine shall be designed to withstand without failure a short-circuit of any kind at its terminals, while operating at rated load and 1.05 p.u. rated voltage, provided the maximum phase current is limited by external means to a value which does not exceed the maximum phase current obtained from a three-phase short-circuit. "Without failure" means that the machine shall not suffer damage that causes it to trip out of service, though some deformation of the stator winding might occur.

If it is agreed between purchaser and manufacturer that a sudden short-circuit test shall be made on the new machine, it shall be done after the full voltage dielectric acceptance test as follows.

Une machine devant être directement reliée au réseau est soumise à un court-circuit triphasé, appliqué à ses bornes sous la tension assignée à vide. Pour une machine reliée au réseau par l'intermédiaire de son propre transformateur ou d'une réactance, habituellement par un jeu de bornes isolées, l'essai aux bornes de la machine doit être effectué sous tension réduite, convenue entre l'acheteur et le constructeur, pour produire le même courant statorique que celui qui résulterait en service d'un court-circuit triphasé appliqué aux bornes haute tension du transformateur.

Cet essai est considéré comme satisfaisant si la machine est ensuite jugée apte à fonctionner sans réparation ou seulement avec des réparations mineures sur son enroulement statorique et si elle supporte un essai diélectrique à 80% de la valeur spécifiée dans la Publication 34-1 de la CEI pour une machine neuve. "Réparations mineures" signifie vérification du calage des têtes de bobines, de l'isolation, mais pas le remplacement des bobines.

Note.- Des courants et des couples anormalement élevés peuvent être provoqués par un court-circuit se produisant à proximité de l'alternateur en service, ou par l'élimination d'un défaut plus lointain avec réenclenchement, ou encore par un faux couplage. Si de telles conditions entraînent réellement des surintensités importantes, il est prudent d'examiner la machine en détail, un soin particulier étant apporté à l'enroulement statorique. Il convient que tout desserrage de supports ou de calage soit compensé avant de remettre la machine en service, pour éviter des détériorations consécutives, provoquées par des vibrations. Il peut être également souhaitable de rechercher les déformations éventuelles de boulons d'accouplement, des accouplements et des arbres.

16. Rapport de court-circuit et réactances transitoire et subtransitoire longitudinales

16.1 *Rapports de court-circuit*

Les valeurs normalisées minimales sont spécifiées dans les articles 18 et 26. De plus grandes valeurs minimales peuvent être spécifiées ou convenues, mais, habituellement, elles exigeront un certain accroissement des dimensions de la machine.

16.2 *Réactances transitoire et subtransitoire longitudinales*

Il convient que les réactances transitoire et subtransitoire longitudinales soient spécifiées ou convenues, en fonction des régimes de fonctionnement. Il convient de spécifier ou de convenir d'une valeur minimale de la réactance subtransitoire longitudinale au niveau de saturation de la tension assignée et, parfois, d'une valeur maximale de la réactance transitoire longitudinale dans les conditions non saturées du courant assigné. Puisque les deux réactances dépendent en grande partie des flux communs, il faut veiller à ce que les valeurs spécifiées ou convenues soient compatibles, c'est-à-dire que la limite supérieure de la réactance subtransitoire ne soit pas établie trop près de la limite inférieure de la réactance transitoire.

A machine that is to be connected directly to the system shall have a 3-phase short-circuit applied at its terminals when excited to rated voltage on no load. For a machine that will be connected to the system through its own transformer or reactor, usually by an insulated phase bus, the test at the terminals shall be carried out at reduced voltage, agreed between the purchaser and the manufacturer, to produce the same stator current as would result in service from a three-phase short-circuit applied at the high voltage terminals of the transformer.

This test shall be considered satisfactory if the machine is subsequently judged to be fit for service without repairs or with only minor repairs to its stator windings, and if it withstands a high-voltage test of 80% of the value specified in IEC Publication 34-1 for a new machine. The term "minor repairs" implies some attention to end-winding bracing and to applied insulation, but not replacement of coils.

Note.- Abnormally high currents and torques may occur as a result of a short-circuit close to the generator in service, or of clearance and reclosure of a more distant fault, or of faulty synchronising. If such conditions do actually impose severe overcurrents, it is prudent to examine the machine thoroughly, with particular attention to the stator windings. Any loosening of supports or packings should be made good before returning the machine to service, to avoid the possibility of consequential damage being caused by vibration. It may also be desirable to check for possible deformation of the coupling bolts, couplings and shafts.

16. Short-circuit ratio and direct axis transient and sub-transient reactances

16.1 *Short-circuit ratio*

Standardised minimum values are given in Clauses 18 and 26. Higher minimum values can be specified or agreed, but will usually require some increase in machine size.

16.2 *Direct axis transient and sub-transient reactances*

Direct axis transient or sub-transient reactances should be specified or agreed, having regard to the operating conditions. It will be appropriate to specify or agree a minimum value of the direct axis sub-transient reactances at the saturation level of rated voltage, and sometimes a maximum value of the direct axis transient reactance at the unsaturated conditions of rated current. Since the two reactances depend to a great extent on common fluxes, care must be taken that the values specified or agreed are compatible, i.e. that the upper limit of the sub-transient reactance is not set too close to the lower limit of the transient.

Sauf accord ou spécification contraire, la valeur de la réactance subtransitoire longitudinale ne doit pas être inférieure à 0,1 (valeur réduite) au niveau de saturation correspondant à la tension assignée.

La valeur de chacune de ces réactances peut être spécifiée ou convenue à un autre niveau de saturation, conformément à la Publication 34-4 de la CEI.

S'il est prévu de déterminer ces valeurs par essai, celui-ci doit être conforme à la Publication 34-4.

16.3 *Tolérances sur le rapport de court-circuit et réactances transitoire et subtransitoire longitudinales*

1. Si les valeurs limites de cette norme, ou d'autres limites ont été spécifiées ou convenues, il ne doit pas y avoir de tolérance dans la direction significative, c'est-à-dire pas de tolérance négative sur les valeurs minimales et pas de tolérance positive sur les valeurs maximales. Dans l'autre direction, une tolérance de 30% doit être appliquée.
2. Si des valeurs sont spécifiées, mais non déclarées comme des valeurs limites, elles doivent être considérées comme des valeurs assignées, et soumises à une tolérance de $\pm 15\%$.
3. Quand aucune valeur n'a été spécifiée ou convenue, le constructeur doit déclarer des valeurs assignées loyales, soumises à une tolérance de $\pm 15\%$.

17. Résistance mécanique concernant le nombre de démarrages des turbo-alternateurs normaux

Sauf accord contraire, le rotor, au point de vue de sa conception mécanique, est supposé résister à au moins 3 000 démarrages pendant sa durée de vie.

SECTION TROIS - MACHINES REFROIDIES PAR AIR

La présente section s'applique aux machines dont les parties actives sont refroidies par air, soit directement, soit indirectement, soit par combinaison de deux méthodes.

18. Facteur de puissance

Les facteurs de puissance assignés normalisés aux bornes de la machine sont de 0,8 et 0,85 arrière (surexcité).

Note.- D'autres valeurs peuvent être convenues; plus le facteur de puissance est faible, plus la taille de la machine sera grande.

Unless otherwise specified or agreed, the value of the direct axis sub-transient reactance shall be not less than 0.1 p.u. at the saturation level corresponding to rated voltage.

The value of each of these reactances may be specified or agreed at another saturation level in accordance with IEC Publication 34-4.

If it is agreed that values are to be determined by test, the test shall be in accordance with IEC Publication 34-4.

16.3 Tolerances on short-circuit ratio and direct axis transient and subtransient reactances

1. Where the limit values of this standard, or other limits, have been specified or agreed there shall be no tolerance in the significant direction, i.e. no negative tolerance on minimum values and no positive tolerance on maximum values. In the other direction, a tolerance of 30% shall apply.
2. If values are specified but not declared to be limits, they shall be regarded as rated values, and shall be subject to a tolerance of $\pm 15\%$.
3. Where no values have been specified or agreed the manufacturer shall state bona-fide rated values, subject to a tolerance of $\pm 15\%$.

17. Mechanical strength concerning number of starts for normal generators

Unless otherwise agreed, the rotor should be designed mechanically to withstand not less than 3 000 starts during its lifetime.

SECTION THREE - AIR-COOLED MACHINES

This section applies to machines the active parts of which are cooled by air, either directly or indirectly or by a combination of the two methods.

18. Power factor

Standardized rated power factors at the machine terminals are 0.8 and 0.85 lagging (overexcited).

Note.- Other values may be agreed; the lower the power factor, the larger will be the machine.

19. Rapport de court-circuit (voir aussi paragraphe 16.1)

La valeur mesurée du rapport de court-circuit à la tension assignée et au courant statorique assigné doit être:

- pour des puissances assignées inférieures ou égales à 80 MVA: supérieure ou égale à 0,45;
- pour des puissances assignées supérieures à 80 MVA et inférieures ou égales à 150 MVA: supérieure ou égale à 0,40;
- pour des puissances assignées supérieures à 150 MVA: doit faire l'objet d'un accord.

20. Refroidissement de la machine

Il est recommandé que le système de ventilation soit de préférence du type à air en circuit fermé. Si l'on convient d'un système à air en circuit ouvert des précautions doivent être prises pour empêcher l'introduction de poussière dans les conduites de ventilation, afin d'éviter un suréchauffement.

Quand des bagues sont prévues, elles doivent être ventilées séparément pour éviter l'introduction de poussière de charbon dans l'alternateur et l'excitatrice.

21. Température du fluide de refroidissement primaire et échauffements

Les machines autres que celles entraînées par turbines à gaz à combustion doivent être conformes à la Publication 34-1 de la CEI.

Dans les machines à réfrigérant air/eau, la température du fluide de refroidissement primaire (air) peut être prévue différente de 40 °C: dans ce cas, les corrections d'échauffement correspondant à la Publication 34-1 de la CEI sont applicables.

Les règles particulières pour les machines entraînées par turbines à gaz à combustion sont données dans les articles 34 et 35.

22. Détecteurs de température

Pour contrôler la température de l'enroulement statorique, au moins six sondes internes de température doivent être prévues, conformément à la Publication 34-1 de la CEI.

Le nombre de détecteurs de température placés dans les arrivées d'air de la machine doit faire l'objet d'un accord.

23. Réfrigérants à air

Les réfrigérants doivent être prévus, sauf accord contraire, pour une température de l'eau à l'entrée inférieure ou égale à 32 °C et pour une pression de service supérieure ou égale à 1,7 bar (170 kPa).

19. Short-circuit ratio (see also Sub-clause 16.1)

The measured values of the short-circuit ratio at rated voltage and rated stator current shall be:

- for rated outputs not exceeding 80 MVA; not less than 0.45;
- for rated outputs above 80 MVA but not exceeding 150 MVA: not less than 0.40;
- for rated outputs above 150 MVA: to be agreed.

20. Machine cooling

The system of ventilation should preferably be a closed air circuit system. If an open air system is specified or agreed, care shall be taken to avoid contaminating the ventilation passages with dirt, to avoid overheating.

When slip rings are provided, they should be ventilated separately to avoid contaminating the generator and exciter with carbon dust.

21. Temperature of primary coolant

Machines other than those driven by gas turbines shall be in accordance with IEC Publication 34-1.

If the maximum temperature of the ambient air, or of the primary cooling air where an air-to-water cooler is used, is other than 40 °C, the relevant clauses of IEC Publication 34-1 apply.

Particular requirements for machines driven by gas turbines are given in Clauses 34 and 35.

22. Temperature detectors

To monitor the temperature of the stator winding, at least six embedded temperature detectors (E.T.D.) shall be supplied in accordance with IEC Publication 34-1.

The number of temperature detectors in the air intakes to the machine shall be agreed.

23. Air coolers

Unless otherwise agreed, coolers shall be suitable for water intake temperatures up to 32 °C and a working pressure of not less than 1.7 bar (170 kPa).

La pression d'essai doit être égale à 1,5 fois la pression de service maximale et doit être appliquée pendant 15 min.

Si la pression de l'eau dans le réfrigérant est réglée au moyen d'une vanne ou d'un réducteur de pression relié à une canalisation dont la pression est supérieure à la pression de service du réfrigérant, celui-ci doit être prévu pour cette pression supérieure et essayé sous 1,5 fois cette pression, sauf spécification contraire. Cette pression plus haute doit être spécifiée par l'acheteur.

Les réfrigérants doivent être d'une construction telle que, lorsqu'un de leurs éléments doit être mis hors service pour des travaux d'entretien, l'installation puisse supporter en service continu au moins les deux tiers (ou, avec accord, une fraction plus faible) de la charge assignée, sans que l'échauffement admissible pour les parties actives de la machine soit dépassé. Dans ces conditions, la température de l'air de refroidissement primaire peut être supérieure à la valeur de base.

SECTION QUATRE - MACHINES REFRIGÉRIÉES PAR HYDROGÈNE OU PAR LIQUIDE

La présente section s'applique aux machines dont les parties actives sont refroidies indirectement ou directement par hydrogène, gaz ou liquide, ou par une combinaison des deux. Certaines machines peuvent utiliser un gaz autre que l'hydrogène; dans ce cas, les mêmes règles sont applicables lorsqu'elles sont appropriées.

24. Pression de l'hydrogène dans l'enveloppe

Le constructeur doit indiquer la pression de l'hydrogène dans l'enveloppe, sous laquelle la machine produit sa puissance assignée.

Les valeurs préférentielles de la pression d'hydrogène sont les suivantes:

1	2	3	4	5	6	bar
100	200	300	400	500	600	kPa

exprimées en pressions relatives, c'est-à-dire au-dessus de la pression atmosphérique.

25. Facteur de puissance

Les facteurs de puissance assignés normalisés sont 0,85 et 0,9 arrière (surexcité).

Note.- D'autres valeurs peuvent être convenues; plus le facteur de puissance est faible, plus la taille de la machine est grande.

The test pressure shall be 1.5 times the maximum working pressure, and shall be applied for 15 min.

If the water pressure in the cooler is controlled by a valve or pressure-reducing device connected to a water supply where the pressure is higher than the working pressure of the cooler, the cooler shall be designed for the higher pressure, and tested at 1.5 times the higher pressure value, unless otherwise agreed. This pressure shall be specified by the purchaser.

Coolers shall be designed so that, if one section is intended to be taken out of service for cleaning, the unit can carry at least two-thirds (or, by agreement, some smaller fraction) of rated load continuously, without the permissible temperatures of the active parts of the machine being exceeded. Under these conditions, the primary cooling-air temperature may be higher than the design value.

SECTION FOUR - HYDROGEN-COOLED OR LIQUID-COOLED MACHINES

This section applies to machines the active parts of which are cooled directly or indirectly by hydrogen, gas or liquid, or by a combination of both. Some machines may use a gas other than hydrogen; if so, the same rules apply where appropriate.

24. Hydrogen pressure in the casing

The manufacturer shall indicate the hydrogen pressure in the casing at which the machine produces its rated output.

The following values of hydrogen pressure are preferred:

1	2	3	4	5	6	bar
100	200	300	400	500	600	kPa

These are gauge pressures, i.e. above atmospheric pressure.

25. Power factor

Standardized rated power factors at the machine terminals are 0.85 and 0.9 lagging (overexcited).

Note.- Other values may be agreed; the lower the power factor, the larger will be the machine.

26. Rapport de court-circuit (voir aussi paragraphe 16.1)

La valeur mesurée du rapport de court-circuit à la tension assignée et au courant statorique assigné doit être:

- pour une puissance assignée inférieure ou égale à 200 MVA: supérieure ou égale à 0,45;
- pour une puissance assignée supérieure à 200 MVA et inférieure ou égale à 800 MVA: supérieure ou égale à 0,40;
- pour une puissance assignée supérieure à 800 MVA: supérieure ou égale à 0,35.

27. Enveloppe de la machine et plaques de fermeture

L'enveloppe entière de la machine et toutes les plaques de fermeture (des réfrigérants par exemple) contenant de l'hydrogène sous pression comme fluide de refroidissement doivent être construites de façon à pouvoir supporter, sans danger pour le personnel, une explosion interne, le mélange explosif étant initialement à la pression atmosphérique. Si cela est demandé par l'acheteur au moment de la commande, un essai hydraulique doit être effectué pour vérifier la robustesse de l'enveloppe et des plaques de fermeture. Un essai approprié consisterait à appliquer une pression relative de 8 bar (800 kPa) pendant 15 min.

Note.- Dans certains pays, des règles ou des normes établies peuvent imposer des conditions d'essai différentes.

28. Bornes de l'enroulement statorique

Les bornes des machines refroidies à l'hydrogène doivent être conçues de façon à supporter une pression de gaz égale au moins à 8 bar (800 kPa) relatifs.

Les isolateurs des bornes doivent être testés électriquement, indépendamment des enroulements de la machine, et supporter pendant 60 s un essai diélectrique à sec dans l'air, à la fréquence industrielle, sous une tension au moins égale à 1,5 fois la tension d'essai de 1 min des enroulements de la machine.

Note.- Lorsque les bornes sont refroidies par un liquide, il n'est pas nécessaire de raccorder les circuits de liquide pour l'essai de haute tension.

29. Température des fluides de refroidissement primaires, températures et échauffements de la machine

Les machines autres que celles entraînées par turbines à gaz à combustion doivent être conformes à la Publication 34-1 de la CEI.

26. Short-circuit ratio (see also Sub-clause 16.1)

The measured value of short-circuit ratio at rated voltage and rated stator current shall be:

- for rated outputs not exceeding 200 MVA; not less than 0.45;
- for rated outputs above 200 MVA but not exceeding 800 MVA: not less than 0.40;
- for rated outputs above 800 MVA: not less than 0.35.

27. Machine housing and cover plates

The complete machine housing, and any pressure-containing cover plates (e.g. over coolers) for use with hydrogen as a coolant, shall be designed to withstand an internal explosion, with the explosive mixture initially at atmospheric pressure, without danger to personnel. If required by the purchaser at the time of the order, a hydrostatic pressure test shall be made to check the strength of the housing and cover plates. A suitable test would be the application of a gauge pressure of 8 bar (800 kPa) for 15 min.

Note.- In some countries, established codes or standards may impose different test requirements.

28. Stator winding terminals

The terminals for hydrogen-cooled machines shall be designed to withstand a gas pressure of at least 8 bar (800 kPa) gauge.

Terminal insulators shall be electrically tested independently of the machine windings, and they shall withstand for 60 s a power-frequency dry dielectric test in air of not less than 1.5 times the one-minute test voltage of the machine winding.

Note.- When the terminals are liquid-cooled, the coolant connections need not be made for the high voltage test.

29. Temperature of primary coolants, temperatures and temperature rises of the machine

Machines other than those driven by gas turbines shall be in accordance with IEC Publication 34-1.

Les températures maximales des fluides de refroidissement primaires, hydrogène ou liquide, peuvent être prévues différentes de 40 °C (par exemple pour atteindre la calcul économique des fluides de refroidissement avec la température spécifique maximale des fluides de refroidissement secondaires). Dans ce cas:

- a) les corrections d'échauffement pour les machines refroidies par air correspondant aux articles appropriés de la Publication 34-1 de la CEI sont applicables aux machines dont les enroulements sont refroidis indirectement;
- b) pour les machines à refroidissement direct, les températures totales spécifiées dans le tableau approprié de la Publication 34-1 de la CEI sont applicables sans changement.

Note.- Pour éviter les augmentations excessives et les trop grandes plages des échauffements, il convient que la température maximale des fluides de refroidissement ne s'écarte pas de 40 °C de plus de ± 10 K.

Les règles spécifiques pour les machines entraînées par turbines à gaz à combustion sont données dans les articles 34 et 35.

30. Altitude

Les machines doivent être prévues pour fonctionner à la pression de gaz assignée relative, à des altitudes ne dépassant pas 1 000 m au-dessus du niveau de la mer.

Note.- Les machines de construction courante peuvent fonctionner à leur régime assigné à une altitude supérieure à 1 000 m, à condition que leur système de refroidissement soit tel que la pression absolue assignée du fluide de refroidissement primaire (hydrogène) puisse être maintenue quelle que soit l'altitude, mais un accord devra être conclu avec le constructeur en ce qui concerne les joints, les enveloppes et les appareils auxiliaires.

31. Détecteurs de température

Il doit être prévu au moins six sondes internes de température, conformément à la Publication 34-1 de la CEI. Pour les machines à refroidissement direct, il est important de noter que la température mesurée par sondes internes de température ne donne pas l'indication sur la température des points chauds de l'enroulement statorique. L'observation des températures maximales du fluide de refroidissement spécifiées au point 1 du tableau III de la Publication 34-1 de la CEI assure que la température de l'enroulement n'est pas excessive. La limite de la température admissible mesurée par sondes internes de température entre les côtés des bobines a pour objet de fournir une garantie contre l'échauffement excessif de l'isolation par le noyau. Les lectures des températures par sondes internes peuvent être utilisées pour contrôler le fonctionnement du système de refroidissement de l'enroulement statorique.

The maximum temperatures of the primary coolants, hydrogen or liquid, may be other than 40 °C (for example, to obtain an economical design of cooler with the specified maximum temperature of the secondary coolant). If so:

- a) for indirectly cooled machines, the appropriate clauses of IEC Publication 34-1, concerning adjustment of temperature rises for air-cooled machines, shall apply;
- b) for directly cooled machines, the total temperature specified in the appropriate table of IEC Publication 34-1 shall apply unchanged.

Note.- In order to avoid excessive temperature rises, or excessive ranges of temperature, the maximum temperature of the coolant usually should not deviate from 40 °C by more than ± 10 K.

Particular requirements for machines driven by gas turbines are given in Clauses 34 and 35.

30. Altitude

Machines shall be suitable for operation at the rated gas pressure (gauge) at altitudes not exceeding 1 000 m above sea level.

Note.- The standard machine may be operated at its rated output at an altitude exceeding 1 000 m, provided that the cooling system is such that the rated absolute pressure of the primary coolant (hydrogen) can be maintained irrespective of the altitude, but agreement should be reached with the manufacturer in respect to seals, casings and auxiliary apparatus.

31. Temperature detectors

At least six embedded temperature detectors (E.T.D.) shall be supplied in accordance with IEC Publication 34-1. For directly cooled machines, 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. Observance of maximum coolant temperatures given in Item 1 in Table III of IEC Publication 34-1 will ensure that the temperature of the winding is not excessive. The limit of permissible temperature measured by E.T.D. between the coil sides is intended to be a safeguard against excessive heating of the insulation from the core. The E.T.D. temperature readings may be used to monitor the operation of the cooling system of the stator winding.

Le nombre des détecteurs de température mesurant la température du fluide de refroidissement à l'entrée de la machine doit faire l'objet d'un accord.

Dans le cas des machines à refroidissement direct de l'enroulement statorique, la température du fluide de refroidissement à la sortie de cet enroulement doit être mesurée à l'aide d'au moins trois détecteurs de température. Il y a lieu de placer ces détecteurs en contact direct avec le fluide de refroidissement. Par conséquent, si l'enroulement est refroidi par gaz, il convient que ces détecteurs soient installés aussi près de la sortie de la bobine que les conditions électriques le permettent. Si l'enroulement est refroidi par eau, il est recommandé de les disposer dans la tuyauterie à l'intérieur de la carcasse de la machine ou aussi près que possible de l'endroit où le fluide de refroidissement quitte la carcasse, en veillant à ce qu'il n'y ait pas de différence sensible de température entre le point de mesure et les points où le fluide de refroidissement quitte l'enroulement.

32. Réfrigérants à gaz ou à liquide

Sauf spécification contraire, les réfrigérants doivent être prévus pour une température de l'eau à l'entrée inférieure ou égale à 32 °C et pour une pression de service d'au moins 3,5 bar (350 kPa) relatifs.

La pression d'essai doit être égale à 1,5 fois la pression maximale de service et doit être maintenue pendant 15 min.

Si la pression d'eau dans le réfrigérant est réglée au moyen d'une vanne ou d'un réducteur de pression relié à une canalisation d'eau dans laquelle la pression est plus élevée que la pression de service du réfrigérant, ce dernier doit être prévu pour cette pression plus élevée et essayé sous 1,5 fois cette pression, sauf spécification contraire. Cette pression plus haute doit être précisée par l'acheteur.

Il convient d'attirer l'attention sur le fait que, dans certaines conditions de service, par exemple entretien ou vidange du gaz de l'enveloppe, un réfrigérant peut être soumis à une pression de gaz sans pression d'eau. Il doit donc être conçu pour une pression différentielle de 8 bar (800 kPa) relatifs du côté du gaz.

Les réfrigérants doivent être conçus de manière que, si un élément doit être mis hors service pour des travaux d'entretien, la machine puisse délivrer, en service continu, au moins les deux tiers (ou, par accord, une fraction plus faible) de la charge assignée continue, sans que les échauffements admissibles pour les parties actives de la machine soient dépassés. Dans ces conditions, la température du fluide de refroidissement primaire peut être supérieure à la valeur de base.

33. Systèmes auxiliaires

Une partie ou la totalité de l'équipement suivant est nécessaire pour le bon fonctionnement des machines concernées par la section quatre, selon le type du fluide de refroidissement et la conception des systèmes auxiliaires. Cette liste n'est pas complète dans tous les détails et d'autres points peuvent être ajoutés.

The number of temperature detectors measuring the coolant temperature where it enters the machine shall be agreed.

For machines with direct cooling of the stator winding, the temperature of the cooling medium at the outlet of this winding shall be measured with at least three temperature detectors. These detectors should be in intimate contact with the coolant. Therefore, if the winding is gas-cooled, they should be installed as close to the exit duct from the coil as is consistent with electrical requirements. If the winding is water-cooled, they should be installed in the piping inside the machine frame or as near as practicable to where the coolant leaves the frame, care being taken that there is no significant temperature difference between the point of measurement and the point where the coolant leaves the winding.

32. Gas or liquid coolers

Coolers shall be suitable, if not otherwise agreed, for water intake temperatures up to 32 °C and for a working pressure of not less than 3.5 bar (350 kPa) gauge.

The test pressure shall be 1.5 times the maximum working pressure, and shall be applied for 15 min.

If the water pressure in the cooler is controlled by a valve or pressure-reducing device connected to a water supply where the pressure is higher than the working pressure of the cooler, the cooler shall be designed for the higher pressure, and tested at 1.5 times the higher pressure value, unless otherwise agreed. This higher pressure shall be specified by the purchaser.

Attention should be paid to the fact that under some conditions of operation, e.g. during maintenance or while purging the casing of gas, a cooler might be subjected to gas pressure without water pressure. It shall therefore be designed for a differential pressure of 8 bar (800 kPa) gauge on the gas side.

The coolers shall be so designed that, if one section is intended to be taken out of service for cleaning, the unit can carry at least two-thirds (or, by agreement, some smaller fraction) of rated load continuously, without the permissible temperatures of the active parts of the machine being exceeded. Under these conditions, the temperature of the primary coolant may be higher than the design value.

33. Auxiliary system

Some or all of the following equipment will be required for satisfactory operation of machines covered by Section Four, depending on the design of the coolant and auxiliary systems. The list is not intended to be complete in all details, and other items may be provided.

- a) Une installation complète de refroidissement à gaz (hydrogène ou autre gaz), adaptée pour le raccordement au circuit d'alimentation en gaz, comprenant les régulateurs appropriés pour contrôler la pression du gaz dans la machine, et le sécheur de gaz.
- b) Une installation complète de gaz de balayage (dioxyde de carbone en général), adaptée pour le raccordement au circuit d'alimentation en gaz, permettant le remplissage et la vidange de l'hydrogène de la machine en toute sécurité.

Si l'on utilise le circuit d'air comprimé de la centrale pour chasser le gaz de balayage de l'enveloppe, le raccordement à ce circuit d'air doit être effectué de façon que l'air ne puisse être introduit dans la machine, sauf pour chasser le gaz de balayage, par exemple par une pipe de connection démontable.

- c) Des dispositifs indicateurs et avertisseurs permettant de maintenir l'hydrogène au degré de pureté voulu et de contrôler la pureté du gaz de balayage lors de la vidange de l'hydrogène de l'enveloppe. Il est recommandé de prévoir deux techniques indépendantes pour contrôler la pureté.
- d) L'équipement de contrôle de l'huile des joints avec, si nécessaire, extraction de gaz et d'eau de cette huile.

Une alimentation de secours de l'huile des joints doit être prévue pour fonctionner automatiquement si l'alimentation principale de l'huile des joints est défaillante.

- e) Une ou des installations de refroidissement par liquide comprenant pompes, réfrigérants, filtres et régulateurs appropriés réglant la température du liquide de refroidissement.
- f) Des moyens permettant de détecter la réduction ou la perte de la circulation du liquide de refroidissement dans les enroulements.
- g) Des moyens permettant de mesurer la conductivité de l'eau utilisée pour le refroidissement des enroulements et de la maintenir à une valeur suffisamment basse.
- h) Des instruments de mesure et des alarmes indiquant le fonctionnement de tous les appareils auxiliaires et la présence de liquide dans la machine, ainsi que les moyens nécessaires à l'extraction de ce liquide.

SECTION CINQ - TURBOMACHINES ENTRAINEES PAR TURBINE A GAZ A COMBUSTION

La présente section s'applique aux turbo-alternateurs entraînés par turbines à gaz, à refroidissement par air en circuit ouvert, ou en circuit fermé, utilisant de l'air ou de l'hydrogène, avec l'eau ou l'air ambiant comme fluide de refroidissement final.

Ces règles s'appliquent aussi aux alternateurs fonctionnant désaccouplés en compensateurs synchrones.

- a) A complete coolant gas system (hydrogen or other gas), with suitable regulators to control the gas pressure in the machine, suitable for connecting to the gas supply, and a gas dryer.
- b) A complete system for the scavenging gas (usually carbon dioxide) suitable for connecting to the gas supply, to permit the casing to be safely filled with and scavenged of hydrogen.

If the pressurized air system of the power station is used to drive the scavenging gas from the casing, the connection to the air system shall be arranged to ensure that air cannot be released into the machine except to remove the scavenging gas, for example, by having a removable pipe connection.

- c) Necessary indicators and alarm devices to enable the required degree of purity of hydrogen to be maintained and to enable the purity of the scavenging gas to be monitored while the casing is being emptied of hydrogen. Two independent means for indicating purity should be provided.
- d) Equipment for monitoring the sealing oil and, if required, for removing gas and water from it.

An emergency supply of seal oil shall be provided, to operate automatically if the main supply fails.

- e) A complete liquid cooling system (or systems) with pumps, coolers and filters, and with suitable regulators to control the temperature of the cooling liquid.
- f) Means of detecting the reduction or loss of flow of liquid through the windings.
- g) Means of measuring the conductivity of water used for cooling the windings and maintaining it at a sufficiently low value.
- h) Measuring instruments and alarms to indicate the functioning of all auxiliary apparatus and the presence of liquid in the machine; also means for removing the liquid.

SECTION FIVE - TURBINE-TYPE MACHINES DRIVEN BY COMBUSTION GAS TURBINES

The section applies to turbine-type machines driven by gas turbines, with open-circuit air cooling, or closed-circuit cooling using air or hydrogen, with water or ambient air as the final coolant.

The requirements apply also while the generator is running uncoupled as a synchronous compensator.

34. Conditions de fonctionnement

Un alternateur entraîné par turbine à gaz à combustion et conforme à la présente norme est capable de supporter une charge en rapport avec ses caractéristiques assignées et ses possibilités dans les conditions de service suivantes.

34.1 *Température du fluide de refroidissement primaire*

Pour les alternateurs refroidis par air en circuit ouvert, la température du fluide de refroidissement primaire est celle de l'air pénétrant dans la machine. C'est normalement la température de l'air ambiant. La plage de cette température doit être spécifiée par l'acheteur; elle est habituellement comprise entre $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Pour les machines à refroidissement en circuit fermé, la température du fluide de refroidissement primaire est la température de l'air ou de l'hydrogène entrant dans la machine en provenance des réfrigérants. Cette température doit être comprise dans une plage définie par le constructeur pour obtenir un dimensionnement optimal de la machine et des réfrigérants, et doit être basée sur la plage de variation des températures du fluide de refroidissement secondaire (ou final) (air ambiant ou eau) spécifiée par l'acheteur.

34.2 *Nombre de démarrages*

Le nombre de démarrages jusqu'à des charges substantielles ne doit, en principe, pas dépasser 500 par an.

34.3 *Application de la charge*

La charge peut être appliquée rapidement et le taux de montée en charge de l'alternateur n'est limité que par la capacité de la turbine à prendre la charge.

35. Caractéristiques assignées et régimes de fonctionnement

35.1 *Puissance assignée*

La puissance assignée de l'alternateur est la puissance apparente disponible en permanence aux bornes de la machine à la fréquence, à la tension et au facteur de puissance assignés, et éventuellement à la pression d'hydrogène assignée, avec une température du fluide de refroidissement primaire de $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ sur le site de fonctionnement, sauf accord différent entre le constructeur et l'acheteur.

La turbine à gaz à combustion est normalement dimensionnée par l'ISO à une température d'entrée d'air de $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, et l'alternateur est normalement dimensionné par la CEI à une température d'entrée d'air de $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. En conséquence, une turbine à gaz à combustion et un alternateur ayant les mêmes possibilités auront des caractéristiques assignées différentes.

Les échauffements des tableaux I et II, ou les températures du tableau III de la Publication 34-1 de la CEI, observés à la puissance assignée, ne doivent pas être dépassés.

34. Service conditions

A generator driven by a combustion gas turbine and conforming to this standard will be suitable for carrying a load in accordance with its rating and capabilities under the following service conditions.

34.1 *Primary coolant temperature*

For open-circuit air-cooled generators, the primary coolant temperature is the temperature of the air entering the machine. This will normally be the ambient air temperature. The range of this temperature shall be specified by the purchaser: it will normally be -5°C to $+40^{\circ}\text{C}$.

For machines with closed-circuit cooling, the primary coolant temperature is the temperature of the air or hydrogen entering the machine from the coolers. The range of this coolant temperature shall be determined by the manufacturer, to obtain optimum design of machine and coolers, based upon the range of secondary (final) coolant temperature (ambient air or water) specified by the purchaser.

34.2 *Number of starts*

The number of starts per year to substantial load should not exceed 500.

34.3 *Application of load*

The load may be applied rapidly, and the rate of generator loading is limited only by the ability of the turbine to take up the load.

35. Rating and capabilities

35.1 *Rated output*

The rated output of the generator is the apparent power available continuously at the terminals at rated frequency, voltage and power factor, and hydrogen pressure where applicable, with a primary coolant temperature of 40°C at the operating site, unless otherwise agreed between the purchaser and the manufacturer.

The gas turbine is normally rated by ISO at an air intake temperature of 15°C , and the generator is normally rated by IEC at an air intake temperature of 40°C . Therefore, a gas turbine and a generator with equal capabilities will have different ratings.

At rated output, the temperature rises in Tables I or II, or the temperatures in Table III, of IEC Publication 34-1 shall not be exceeded.

Les paramètres de l'alternateur doivent être définis par rapport à ces caractéristiques assignées, sauf accord différent entre l'acheteur et le constructeur.

35.2 Régimes de fonctionnement

La possibilité de puissance d'un alternateur est la charge admissible en puissance apparente la plus élevée dans des conditions spécifiées de fonctionnement.

35.2.1 Régime de base

La puissance de base est la plage des puissances apparentes continues disponibles aux bornes de la machine sur le site de fonctionnement, à la fréquence, à la tension et au facteur de puissance assignés, et éventuellement à la pression d'hydrogène assignée, correspondant à la plage des températures de fluide de refroidissement final spécifié pour le site de fonctionnement (voir paragraphe 34.1), avec des échauffements ou des températures (selon le cas) ne dépassant pas les valeurs spécifiées au paragraphe 35.2.2.

La valeur de la puissance active de base de l'alternateur, divisée par le rendement de l'alternateur, doit être égale ou supérieure à la valeur de la puissance de base de la turbine à gaz dans les limites spécifiées de température d'air à l'entrée de la turbine, sur le site.

Le constructeur doit fournir une courbe de puissance de base dans les conditions du site, dans les limites spécifiées de température du fluide de refroidissement final (voir figure 3). Pour une machine refroidie par air en circuit ouvert, cette température sera exactement ou approximativement la même que celle de l'air à l'entrée de la turbine (échelle A de la figure 3).

Il peut être convenu qu'en dessous d'une certaine température basse de l'air ayant fait l'objet d'un accord, il ne soit pas nécessaire que la puissance de base de l'alternateur soit égale à celle de la turbine. Il peut alors être possible de satisfaire à toutes les autres exigences avec un alternateur légèrement plus petit.

Pour une machine refroidie par air en circuit fermé, avec réfrigérant hydraulique, la plage de température de l'eau (fluide de refroidissement final) est normalement plus petite que la plage de température de l'air à l'entrée de la turbine. Par conséquent, lorsque la température de l'air diminue, la puissance de l'alternateur augmente (si tant est qu'elle le fasse) plus lentement que la puissance de la turbine; les dimensions de l'alternateur sont donc déterminées par la puissance de la turbine aux faibles températures de l'air, et elles peuvent paraître, du point de vue économique, trop grandes aux températures d'air les plus courantes. Dans ces conditions, un accord de limitation de la puissance de l'alternateur devient encore plus important pour déterminer le dimensionnement optimal de l'alternateur. Pour les circuits de refroidissement fermés, il existe un point supplémentaire qui est l'absence de relation simple ou constante entre la température de l'air à l'entrée de la turbine et la température de l'eau de refroidissement. Par conséquent, la figure 3 donne la puissance de l'alternateur en fonction des températures du fluide de refroidissement final sur l'échelle B.

The generator parameters shall be defined with respect to this rating unless otherwise agreed between the purchaser and the manufacturer.

35.2 Capabilities

A generator capability is the highest acceptable loading in apparent power under specified conditions of operation.

35.2.1 Base capability

The base capability is the range of continuous output expressed in apparent power available at the machine terminals at the operating site at rated frequency, voltage and power factor, and hydrogen pressure where applicable, corresponding to the range of final coolant temperature specified for the operating site (see Sub-clause 34-1) with temperature rises or temperatures (as appropriate) not exceeding the values specified in Sub-clause 35.2.2.

The generator base capability in active power divided by the generator efficiency shall equal or exceed the base capability of the gas turbine over the specified range of air temperature at intake to the turbine at site.

The manufacturer shall supply a curve of base capability under site conditions over the specified range of final coolant temperature (see Figure 3). For a machine with open-circuit air cooling, this coolant temperature will be exactly or approximately the same as that of the air at the turbine intake (scale A of Figure 3).

It may be agreed that below some submitted low air temperature it is not necessary for the base capability of the generator to equal that of the turbine. It may then be possible to meet all other requirements with a slightly smaller generator.

In a machine with closed-circuit air cooling, using a water-cooled heat exchanger, the temperature range of the water (the final coolant) will normally be less than the range of air temperature at intake to the turbine. Consequently, as the air temperature falls the generator capability rises (if at all) more slowly than the turbine capability; the generator size is then determined by the turbine output at low air temperatures, and it might appear uneconomically large at the more usual air temperatures. Under these conditions the agreement to limit the generator capability becomes of even greater importance in determining the optimum generator size. With closed-circuit cooling there is the further consideration that there is no simple or constant relationship between the turbine air intake temperature and the cooling water temperature. Therefore, Figure 3 shows generator capability plotted against final coolant temperatures in scale B.