RAPPORT TECHNIQUE

TECHNICAL REPORT

CEI
IEC
34-16-2

Première édition
First edition
1991-02

Machines électriques tournantes

Seizième partie:
Systèmes d'excitation pour machines synchrones
Chapitre 2: Modèles pour les études de réseaux

Rotating electrical machines

Part 16:
Excitation systems for synchronous machines
Chapter 2: Models for power system studies

© CEI 1991 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

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

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE V

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

SOMMAIRE

Pages

PRÉAMBULE 4

PRÉFACE 4

INTRODUCTION 8

Articles

1 Domaine d'application 10

2 Catégories d'excitatrices - Représentation graphique et modèles mathématiques pour les études de stabilité 12

2.1 Excitatrice à courant continu 12
2.2 Excitatrice à courant alternatif 14
2.3 Excitatrice statique à source de tension 20
2.4 Excitatrice statique composée 22
2.5 Modèles mathématiques pour la fonction de réglage 30

3 Nomenclature 42

3.1 Paramètres 42
3.2 Variables 44

Annexe A - Système de valeurs réduites (p.u.) 46

Annexe B - Caractéristique externe d'un redresseur 48

Annexe C - Fonction de saturation 52

Annexe D - Représentation des limites 54

Annexe E - Exemples de construction de modèles mathématiques pour des systèmes d'excitation spécialisés 56

CONTENTS

Page

FOREWORD 5

PREFACE 5

INTRODUCTION 9

Clause

1 Scope 11

2 Exciter categories - Graphical representation and mathematical models for stability studies 13

2.1 D.C. exciter 13
2.2 A.C. exciter 15
2.3 Potential source static exciter 21
2.4 Compound source static exciter 23
2.5 Mathematical models for the control function 31

3 Nomenclature 43

3.1 Parameters 43
3.2 Variables 45

Appendix A - Per unit system 47

Appendix B - Rectifier regulation characteristic 49

Appendix C - Saturation function 53

Appendix D - Representation of limits 55

Appendix E - Examples of building computer models for specialized excitation systems 57

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES

Seizième partie: Systèmes d'excitation pour machines synchrones Chapitre 2: Modèles pour les études de réseaux

PRÉAMBULE

1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.

2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.

3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le voeu 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.

PRÉFACE

Le présent rapport a été établi par le Comité d'Etudes n° 2 de la CEI: Machines tournantes.

Le texte de ce rapport est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
2(BC)533	2(BC)548

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

Le présent rapport constitue le chapitre 2 de la seizième partie d'une série de publications traitant de machines électriques tournantes dont les autres parties sont:

Première partie: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement, éditée comme CEI 34-1.

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 CEI 34-2.

Troisième partie: Règles spécifiques pour les turbomachines synchrones, éditée comme CEI 34-3.

Quatrième partie: Méthodes pour la détermination à partir d'essais des grandeurs des machines synchrones, éditée comme CEI 34-4.

Cinquième partie: Classification des degrés de protection procurés par les enveloppes des machines tournantes, éditée comme CEI 34-5.

Sixième partie: Modes de refroidissement des machines tournantes, éditée comme CEI 34-6.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ROTATING ELECTRICAL MACHINES

Part 16: Excitation systems for synchronous machines Chapter 2: Models for power system studies

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.

PREFACE

This report has been prepared by IEC Technical Committee No. 2: Rotating machinery.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
2(CO)533	2(CO)548

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

This report forms Chapter 2 of Part 16 of a series of publications dealing with rotating machinery, the other parts being:

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

Part 2: Methods for determining losses and efficiency of rotating electrical machinery from tests (excluding machines for traction vehicles), issued as IEC 34-2.

Part 3: Specific requirements for turbine-type synchronous machines, issued as IEC 34-3.

Part 4: Methods for determining synchronous machine quantities from tests, issued as IEC 34-4.

Part 5: Classification of degrees of protection provided by enclosures for rotating machines, issued as IEC 34-5.

Part 6: Methods of cooling rotating machinery, issued as IEC 34-6.

Septième partie:	Symboles pour les formes de construction et les dispositions de montage des machines électriques tournantes, éditée comme CEI 34-7.
Huitième partie:	Marques d'extrémités et sens de rotation des machines tournantes, éditée comme CEI 34-8.
Neuvième partie:	Limites de bruit, éditée comme CEI 34-9.
Dixième partie:	Conventions relatives à la description des machines synchrones, éditée comme CEI 34-10.
Onzième partie:	Protection thermique incorporée. Chapitre 1: Règles concernant la protection des machines électriques tournantes, éditée comme CEI 34-11.
Partie 11-2	Protection thermique incorporée. Chapitre 2: Détecteurs thermiques et auxiliaires de commande utilisés dans les dispositifs de protection thermique, éditée comme CEI 34-11-2.
Partie 11-3:	Protection thermique incorporée. Chapitre 3: Règles générales concernant les protecteurs thermiques utilisés dans les dispositifs de protection thermique, éditée comme CEI 34-11-3.
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 CEI 34-12.
Treizième partie:	Spécification pour les moteurs auxiliaires pour laminoirs, éditée comme CEI 34-13.
Quatorzième partie:	Vibrations mécaniques de certaines machines de hauteur d'axe supérieure ou égale à 56 mm - Mesurage, évaluation et limites de l'intensité vibratoire, éditée comme CEI 34-14.
Quinzième partie:	Niveaux de tension de tenue au choc des machines tournantes à courant alternatif à bobines stator préformées, éditée comme CEI 34-15.
Partie 16-1:	Systèmes d'excitation pour machines synchrones. Chapitre 1: Définitions, éditée comme CEI 34-16-1.

Part 7: Symbols for types of construction and mounting arrangements of rotating electrical machinery, issued as IEC 34-7.

Part 8: Terminal markings and direction of rotation of rotating machines, issued as IEC 34-8.

Part 9: Noise limits, issued as IEC 34-9.

Part 10: Conventions for description of synchronous machines, issued as IEC 34-10.

Part 11: Built-in thermal protection. Chapter 1: Rules for protection of rotating electrical machines, issued as IEC 34-11.

Part 11-2: Built-in thermal protection. Chapter 2: Thermal detectors and control units used in thermal protection systems, issued as IEC 34-11-2.

Part 11-3: Built-in thermal protection. Chapter 3: General rules for thermal protectors used in thermal protection systems, issued as IEC 34-11-3.

Part 12: Starting performance of single-speed three-phase cage induction motors for voltages up to and including 660 V, issued as IEC 34-12.

Part 13: Specification for mill auxiliary motors, issued as IEC 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 34-14.

Part 15: Impulse voltage withstand levels of rotating a.c. machines with form-wound stator coils, issued as IEC 34-15.

Part 16-1 Excitation systems for synchronous machines. Chapter 1: Definitions, issued as IEC 34-16-1.

INTRODUCTION

Lorsque le comportement des machines synchrones doit être simulé avec précision dans les études de stabilité des réseaux, il convient de modéliser les systèmes d'excitation de ces machines en conséquence. Du fait qu'il est nécessaire de limiter, autant que possible, la dépense associée à l'acquisition des données, la programmation et le calcul, on doit utiliser des modèles simplifiés procurant une précision raisonnable. Les modèles devront représenter correctement les performances réelles des systèmes d'excitation:

- pendant les conditions de régime permanent précédant l'apparition du défaut étudié;
- pendant l'intervalle de temps séparant l'application et l'affranchissement du défaut;
- pendant les oscillations consécutives à l'affranchissement du défaut.

La modélisation ne tient pas compte des écarts de fréquence. On suppose que, dans les études de stabilité, des écarts de fréquence jusqu'à ±5 % de la fréquence assignée peuvent être négligés pour ce qui concerne le système d'excitation.

Les modèles de systèmes d'excitation seront valables pour les conditions de régime permanent, pour les fréquences naturelles d'oscillation des machines synchrones et pour la gamme de fréquences correspondante. La gamme de fréquences à couvrir est typiquement de 0 Hz à 3 Hz.

L'analyse du fonctionnement hors synchronisme, de la résonance subsynchrone ou des effets de torsion sur l'arbre sort du domaine d'application de ces modèles.

Le fonctionnement des organes de protection et de l'équipement destiné à la décharge ou à la suppression du champ sort également du domaine d'application de ces modèles.

Les guides d'usage pour la modélisation des systèmes d'excitation ainsi que les modèles standards peuvent aussi être utilisés pour l'étude d'autres problèmes dynamiques concernant les machines synchrones. Cependant, les modèles devront alors être vérifiés pour déterminer leur adéquation à ce propos.

Le schéma fonctionnel général de la figure 1 indique les différents composants du système d'excitation qui doivent être pris en considération dans les études de stabilité des réseaux. Ces composants comprennent:

- des éléments de réglage de la tension;
- les limiteurs;
- la boucle de stabilisation (éventuellement);
- le convertisseur de puissance de l'excitatrice (excitatrice).

Les limiteurs ne sont normalement pas représentés dans les études de réseaux.

Les systèmes d'excitation se distinguent principalement par la manière dont la puissance d'excitation est fournie et convertie.

INTRODUCTION

When the behaviour of synchronous machines is to be accurately simulated in power system stability studies, the excitation systems of these machines should be modelled adequately. Since expenditure for data acquisition, programming and computation has to be limited in so far as is permissible, it is necessary to use simplified models that provide reasonable accuracy. The models should adequately represent the actual excitation system performance:

- during steady-state conditions prior to occurrence of the fault studied;
- during the time interval from application to clearing of the fault;
- during the oscillations following fault clearing.

The modelling does not account for frequency deviations. It is assumed that in stability studies frequency deviations of up to ±5 % from the rated frequency can be neglected as far as the excitation system is concerned.

The excitation system models should be valid for steady-state conditions, for the natural oscillation frequency of the synchronous machines, and the frequency range in between. The frequency range to be covered will typically be from 0 Hz to 3 Hz.

Analysis of out-of-step operation, of sub-synchronous resonance or of shaft torsional effects is beyond the scope of these models.

The operation of protective functions and field discharge or suppression equipment is also beyond the scope of these models.

The excitation system modelling guidelines and standard models may also be used for studies of other dynamic problems regarding synchronous machines. However, the models should then be checked to determine their suitability for that purpose.

The general functional block diagram in figure 1 indicates the various excitation system components which have to be considered in power system stability studies. These components include:

- voltage control elements;
- limiters;
- power system stabilizer (if used);
- exciter power converter (exciter).

The limiters are not normally represented in power system studies.

The main distinctive feature of an excitation system is the manner in which the excitation power is supplied and converted.

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES

Seizième partie: Systèmes d'excitation pour machines synchrones
Chapitre 2: Modèles pour les études de réseaux

1 Domaine d'application

Le présent rapport recommande un guide d'usage pour la modélisation, ainsi que des modèles appropriés de systèmes d'excitation en vue de leur utilisation pour les études de stabilité des réseaux; il comporte également une nomenclature définissant les paramètres et les variables utilisés.

Les définitions des termes utilisés se trouvent dans la CEI 34-16-1.

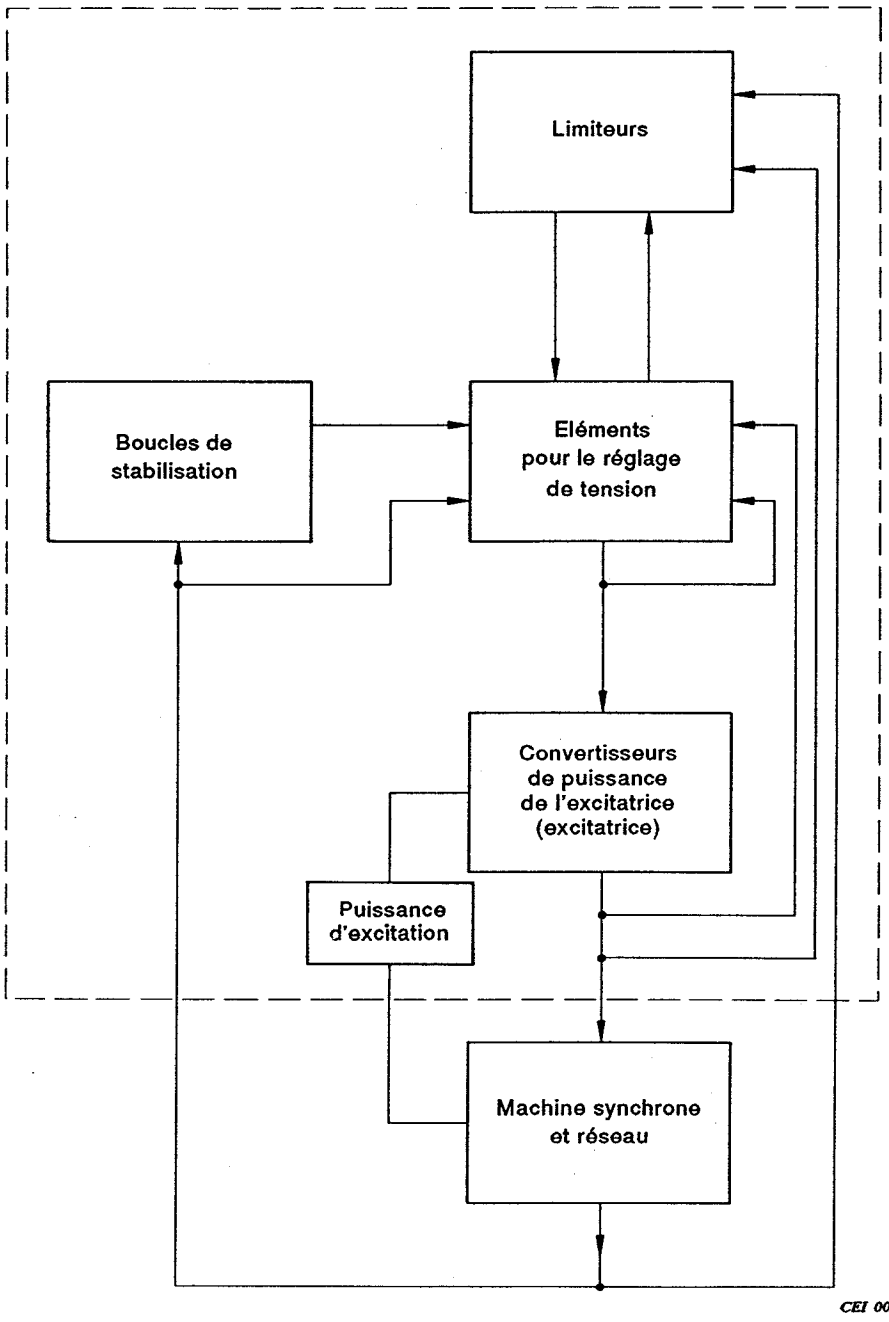


Figure 1 – Schéma fonctionnel général (délimité par le pointillé) des systèmes d'excitation pour machines synchrones

ROTATING ELECTRICAL MACHINES

Part 16: Excitation systems for synchronous machines
Chapter 2: Models for power system studies

1 Scope

This report recommends modelling guidelines and appropriate models for excitation systems for use in power system stability studies and includes a nomenclature defining the parameters and variables used.

Definitions for the terms used are given in IEC 34-16-1.

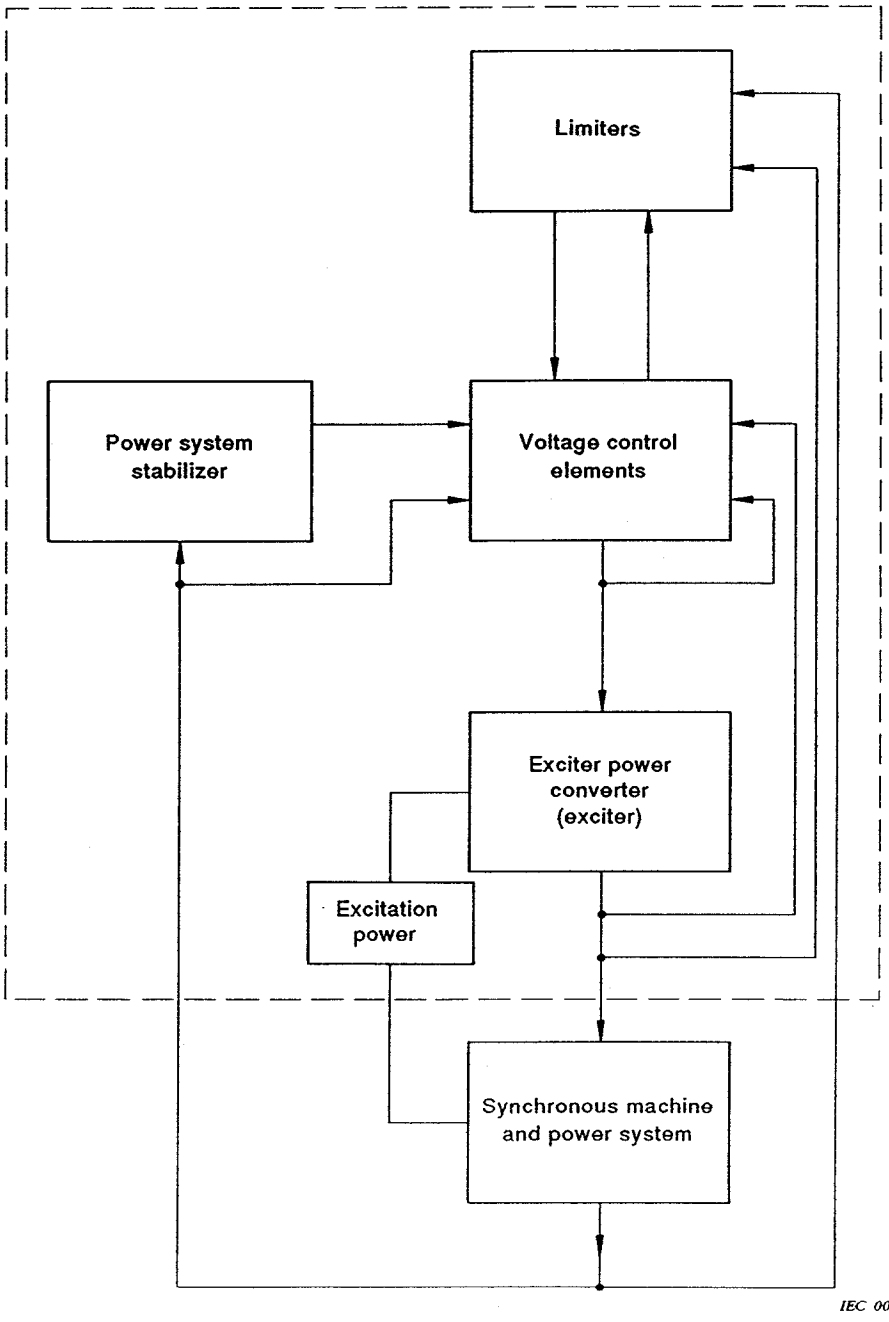


Figure 1 – General functional block diagram of excitation systems (within the dotted block) for synchronous machines