

**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



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 34-16-2: 1991

AVA Documents
Document Sharing Hub

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 électrotechnique*;
- 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.

**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 Varembe 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

AVA Documents
Document Sharing Hub

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 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.

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.

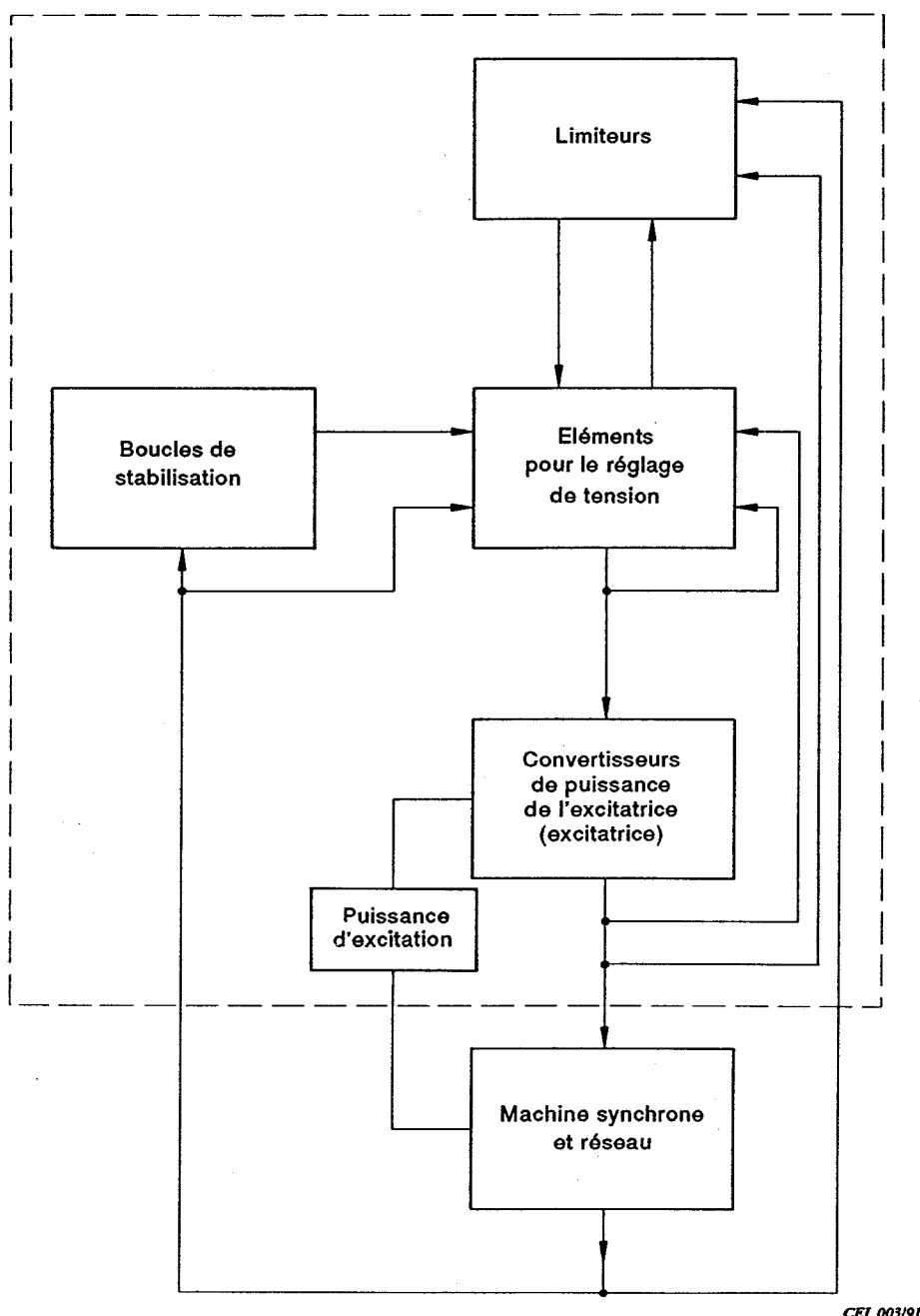
MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES

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.



CEI 003/91

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.

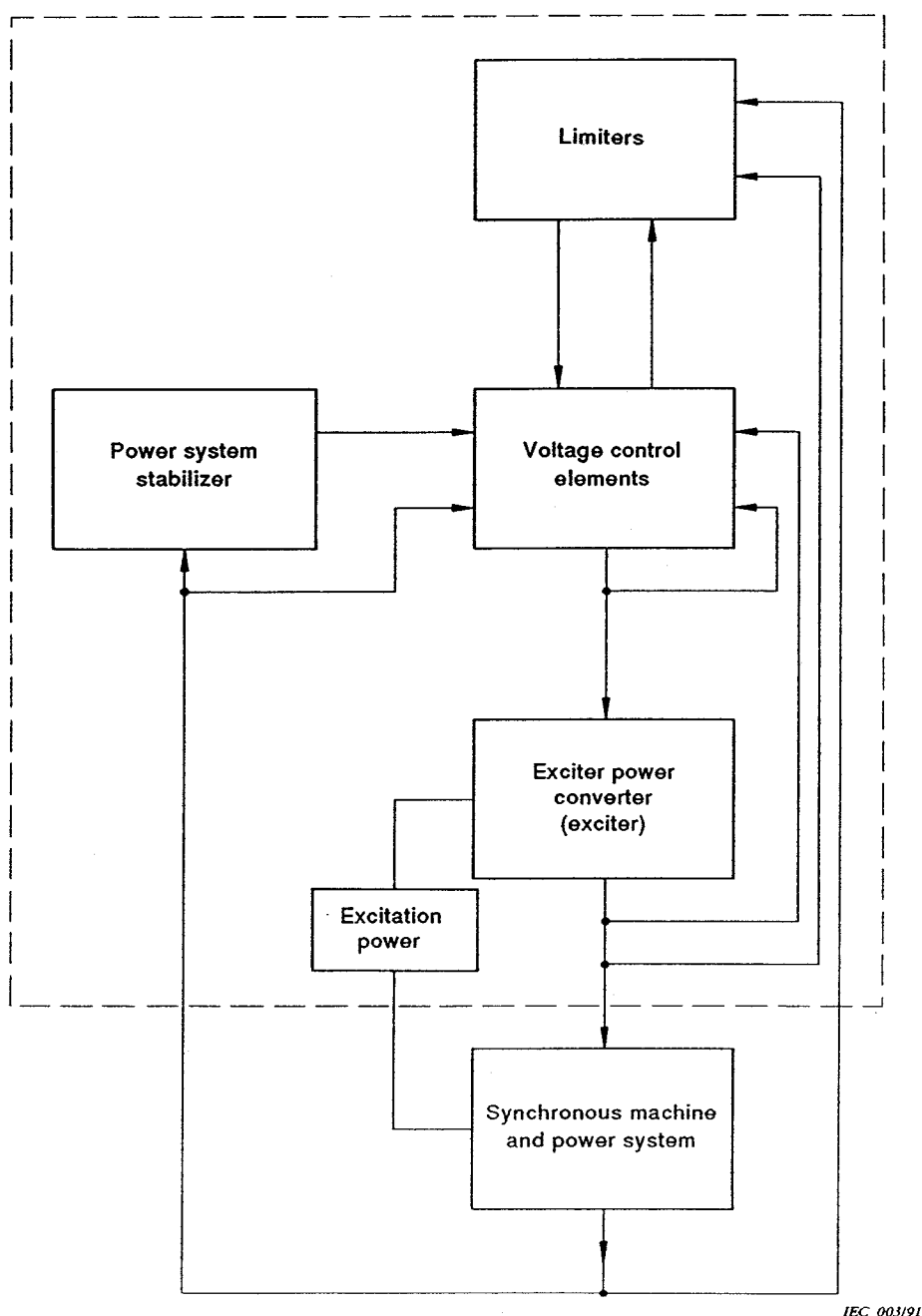


Figure 1 – General functional block diagram of excitation systems (within the dotted block) for synchronous machines



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

2.1 Excitatrice à courant continu

Bien que rarement utilisées pour les machines nouvelles, les excitatrices à courant continu sont prises en compte, car de nombreuses machines synchrones actuellement en service sont équipées de ce type d'excitatrice. La figure 2 montre une représentation graphique de la disposition comportant un enroulement de champ excité séparément, et la figure 3 montre le modèle correspondant. Le terme K_E a été introduit dans le modèle pour tenir compte de la caractéristique des excitatrices auto-excitées. Noter que $K_E = 1$ dans le cas des excitatrices à excitation séparée.

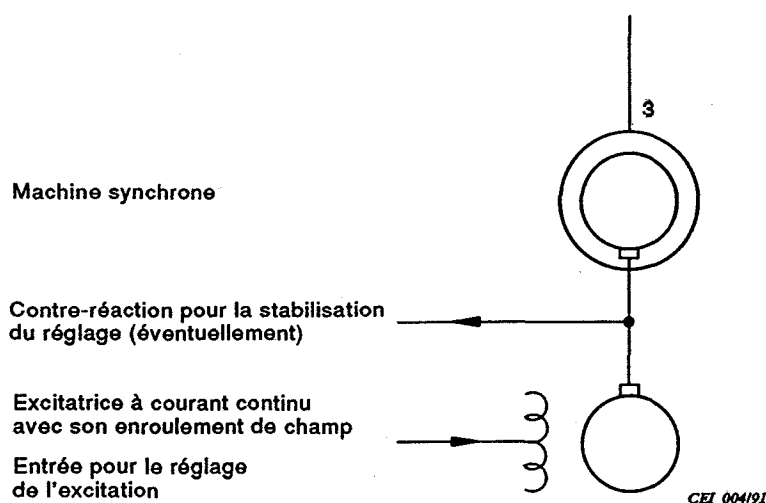


Figure 2 – Excitatrice à courant continu dont un enroulement de champ est excité séparément

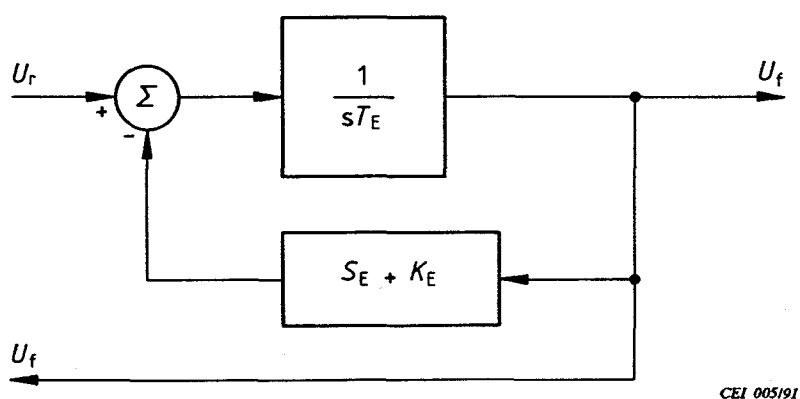


Figure 3 - Modèle correspondant à la figure 2

Plusieurs modes de réglage de l'excitation sont utilisés:

- rhéostat actionné électromécaniquement;
- rhéostat motorisé;

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

2.1 D.C. exciter

Although not frequently used on new machines, d.c. exciters are considered because many synchronous machines presently in service are equipped with this type of exciter. Figure 2 shows a graphical representation of the type with one separately excited field winding and figure 3 shows the corresponding model. The term K_E has been introduced in the model to account for the characteristic of exciters having self-excitation. Note that $K_E = 1$ in the case of separately excited exciters.

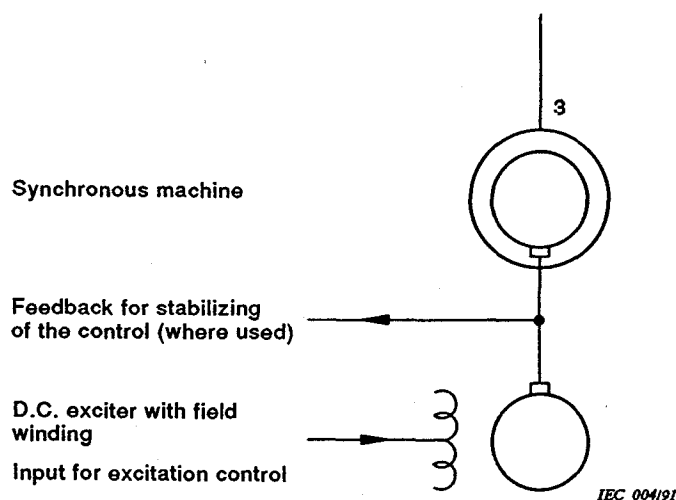


Figure 2 – D.C. exciter with one separately excited field winding

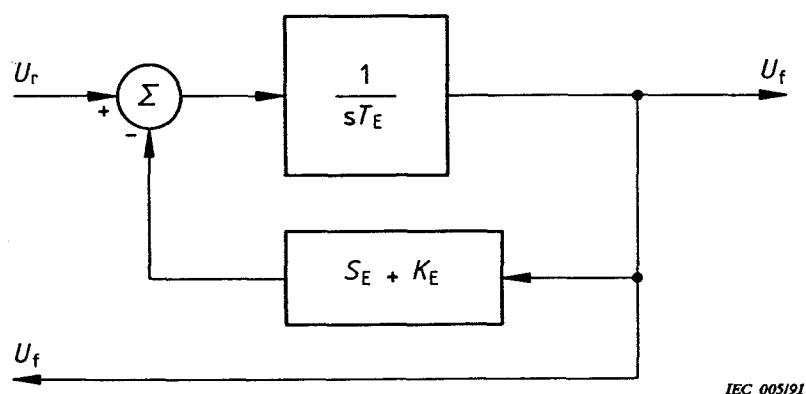


Figure 3 - Model corresponding to figure 2

Several forms of excitation control are in use:

- electro-mechanically operated rheostat;
- motor-operated rheostat;

- enclenchement et mise en court-circuit périodique du circuit de champ en dérivation;
- utilisation de circuits de champ additionnels, excités séparément, pour des actions de sur- et sous-excitation forcées;
- utilisation de la tension aux bornes d'une amplidyne en série avec l'enroulement de champ pour des actions de sur- et sous-excitation forcées.

Considérant la diminution de la représentativité et de l'importance des unités équipées d'excitatrices à courant continu, le modèle simple de la figure 3 devrait se révéler convenable pour ces cas.

2.2 Excitatrice à courant alternatif

Les excitatrices à courant alternatif utilisent un alternateur associé à un redresseur stationnaire ou tournant pour produire le courant de champ de la machine synchrone. Les redresseurs peuvent être commandés ou non. Dans le cas de redresseurs non commandés, le réglage est effectué en agissant sur un ou plusieurs enroulements de champ de l'excitatrice à courant alternatif.

Pour modéliser le réglage, il est essentiel de connaître la source alimentant le courant de champ de l'excitatrice à courant alternatif, par l'intermédiaire de son équipement de réglage. La source peut être un générateur auxiliaire, une source statique de tension ou une source statique composée.

La figure 4 montre la représentation graphique d'une excitatrice à courant alternatif comportant un redresseur stationnaire non commandé. Le redresseur stationnaire est alimenté par l'alternateur et fournit du courant continu à l'enroulement de champ de la machine synchrone par l'intermédiaire de bagues et balais. La connexion entre l'enroulement tournant, créant le champ de l'alternateur exciteur, et le réglage de l'excitation est également réalisée par bagues et balais.

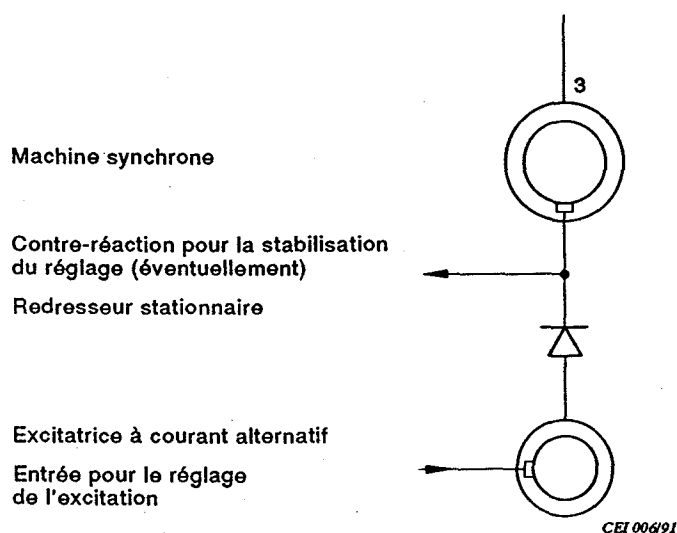


Figure 4 – Excitatrice à courant alternatif comportant un redresseur stationnaire non commandé

- periodically closing and short-circuiting of the shunt field circuit;
- use of additional, separately excited fields for buck and boost action;
- use of the terminal voltage of an amplidyne in series with the field winding for boost and buck action.

Considering the dwindling percentage and importance of units equipped with d.c. exciters, the simple model of figure 3 should prove adequate for these cases.

2.2 A.C. exciter

A.C. exciters employ an a.c. generator together with a stationary or rotating rectifier to produce the field current for the synchronous machine. The rectifiers may be uncontrolled or controlled. In the case of uncontrolled rectifiers, control is effected via one or more field windings of the a.c. exciter.

It is essential to know the source of supply for the a.c. exciter field current via its control equipment in order to model the control. The source may be an auxiliary generator or a potential or compound static source.

Figure 4 shows the graphical representation of an a.c. exciter with an uncontrolled stationary rectifier. The stationary rectifier is fed from the a.c. generator and delivers d.c. current to the field winding of the synchronous machine via brushes and slip-rings. The connection of the rotating field winding of the exciter generator to the excitation control is also made by slip-rings and brushes.

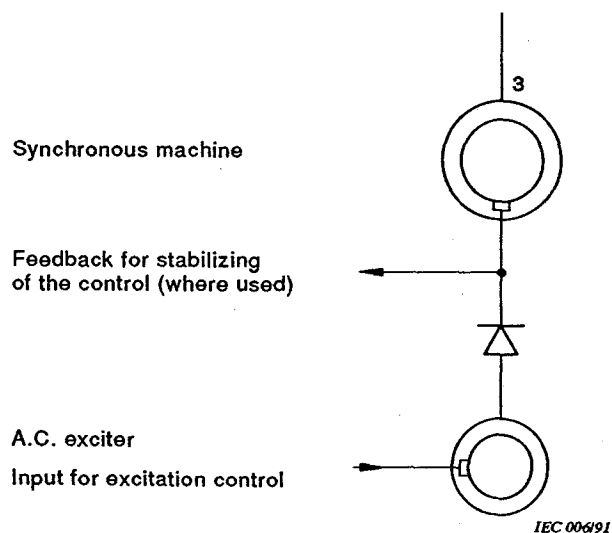


Figure 4 – A.C. exciter with an uncontrolled stationary rectifier

La figure 5 montre la représentation graphique d'une excitatrice à courant alternatif avec un redresseur tournant non commandé (excitatrice sans bagues ni balais), et une excitatrice auxiliaire à aimants permanents pour l'alimentation de l'équipement de réglage de l'excitation. Le redresseur tourne sur le même arbre que la machine synchrone et l'induit tournant de l'excitatrice à courant alternatif. La sortie du redresseur tournant est reliée, sans bagues ni balais, directement à l'enroulement de champ de la machine synchrone.

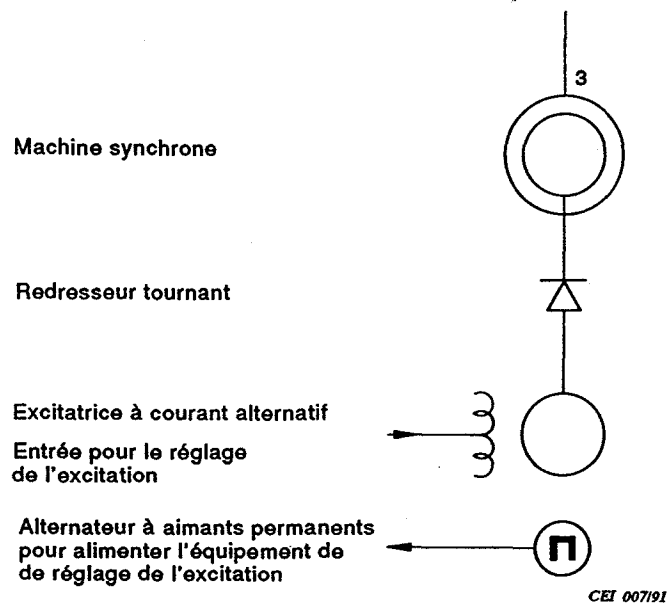


Figure 5 – Excitatrice à courant alternatif avec un redresseur tournant non commandé (excitatrice sans bagues ni balais)

Figure 5 shows the graphical representation of an a.c. exciter with an uncontrolled rotating rectifier (brushless exciter) and permanent magnet auxiliary exciter for supply of the excitation control equipment. The rectifier rotates on a shaft common to the synchronous machine and the rotating armature for the a.c. exciter. The output of the rotating rectifier is connected without slip-rings or brushes directly to the field winding of the synchronous machine.

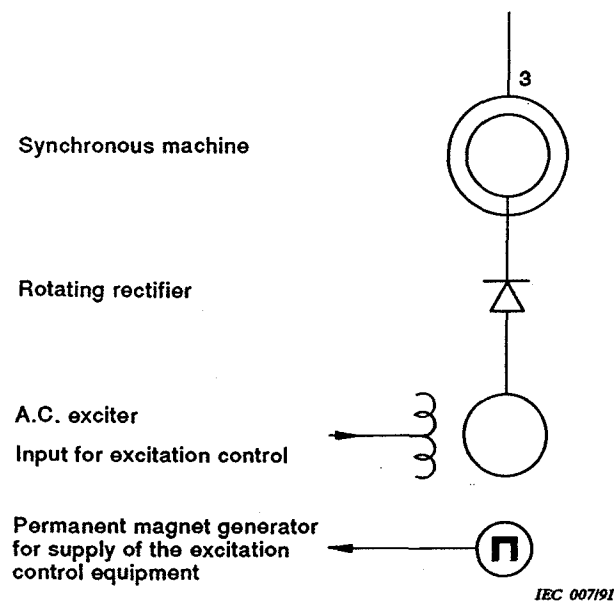


Figure 5 – A.C. exciter with an uncontrolled rotating rectifier (brushless exciter)

L'excitatrice à courant alternatif peut être modélisée conformément à la figure 6 qui tient compte des effets de la charge de l'excitatrice en régime permanent et en régime transitoire. (Dans certains cas, on peut utiliser un modèle encore plus détaillé pour prendre en compte les effets des charges transitoires.)

Un modèle simplifié est montré en figure 7. Bien qu'il ne prenne en compte les effets de la charge qu'en régime permanent par l'intermédiaire de la courbe de saturation en charge, il peut être satisfaisant pour la plupart des études. On peut également utiliser le modèle simplifié en l'absence de données complètes.

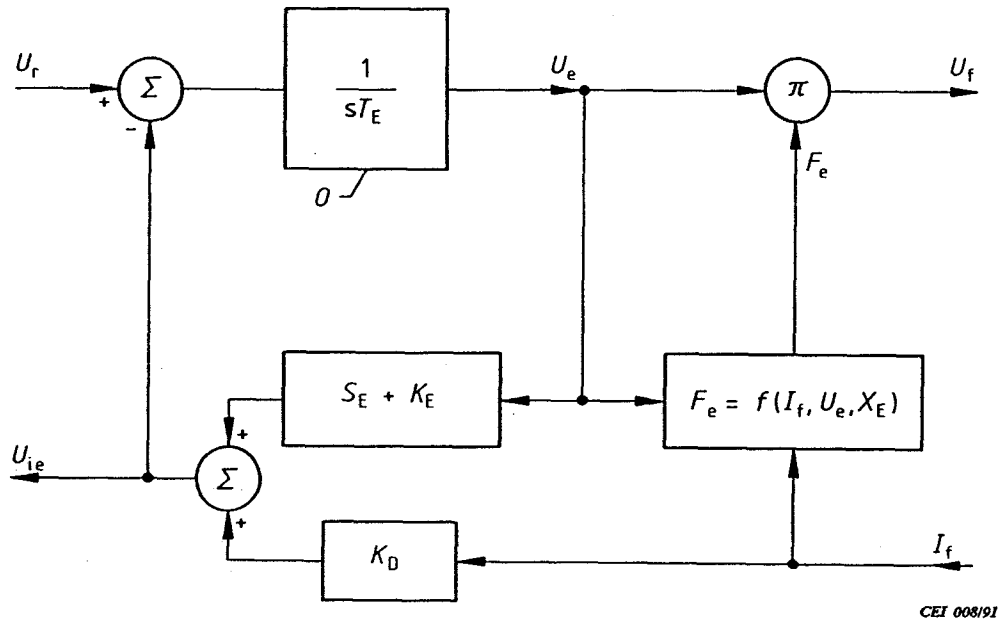


Figure 6 - Modèle détaillé d'une excitatrice à courant alternatif

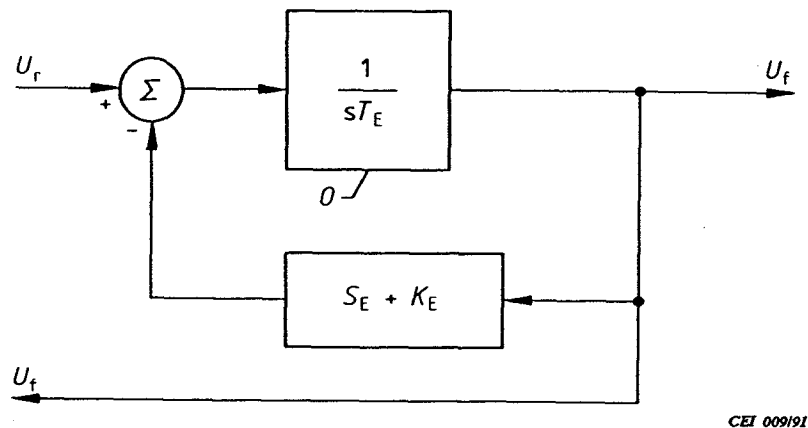


Figure 7 - Modèle simplifié d'une excitatrice à courant alternatif

The a.c. exciter can be modelled as shown in figure 6, accounting for both steady-state and transient exciter loading effects. (In certain cases an even more detailed model may be used to take into account the effects of transient loads.)

A simplified model is shown in figure 7. Although it accounts only for steady-state loading effects by use of the load saturation curve, it may be adequate for most studies. The use of the simplified model may also be indicated where complete data are not available.

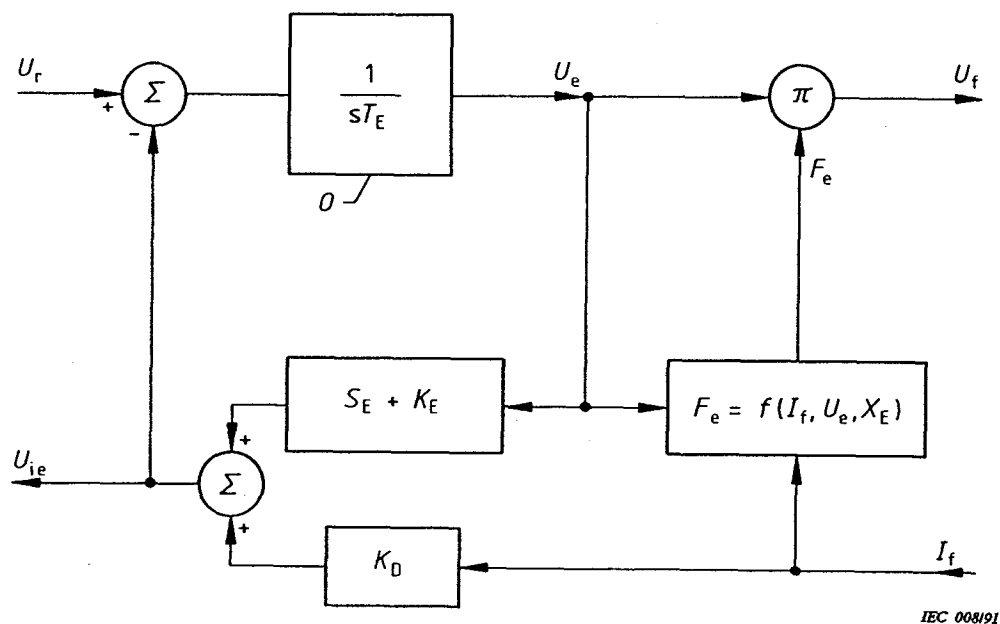


Figure 6 - Detailed model of an a.c. exciter

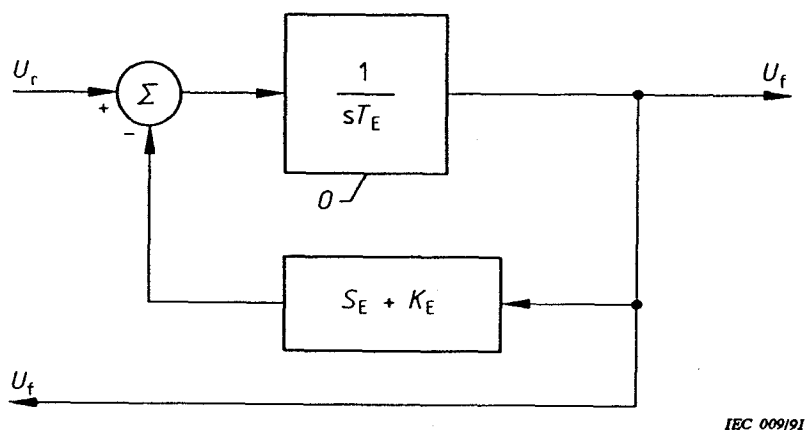


Figure 7 - Simplified model of an a.c. exciter