

English version

**Rotating electrical machines**  
**Part 16-2: Excitation systems for synchronous machines -**  
**Models for power system studies**  
(IEC/TR 60034-16-2:1991)

Machines électriques tournantes  
Partie 16-2: Systèmes d'excitation  
pour machines synchrones -  
Modèles pour les études de réseaux  
(CEI/TR 60034-16-2:1991)

Drehende elektrische Maschinen  
Teil 16-2: Erregersysteme  
für Synchronmaschinen -  
Modelle für Netzstudien  
(IEC/TR 60034-16-2:1991)

This Technical Report was approved by CENELEC on 2004-06-12.

CENELEC members are the national electrotechnical committees of Austria, Belgium, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.

**CENELEC**

European Committee for Electrotechnical Standardization  
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique  
Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung

**Central Secretariat: rue de Stassart 35, B - 1050 Brussels**

## **Foreword**

The text of the Technical Report IEC/TR 60034-16-2:1991, prepared by IEC TC 2, Rotating machinery, was submitted to the formal vote and was approved by CENELEC as CLC/TR 60034-16-2 on 2004-06-12 without any modification.

---

## **Endorsement notice**

The text of the Technical Report IEC/TR 60034-16-2:1991 was approved by CENELEC as a Technical Report without any modification.

---

This document is a preview generated by EVS

## 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

## 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  $\pm 5$  % 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  $\pm 5$  % 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.

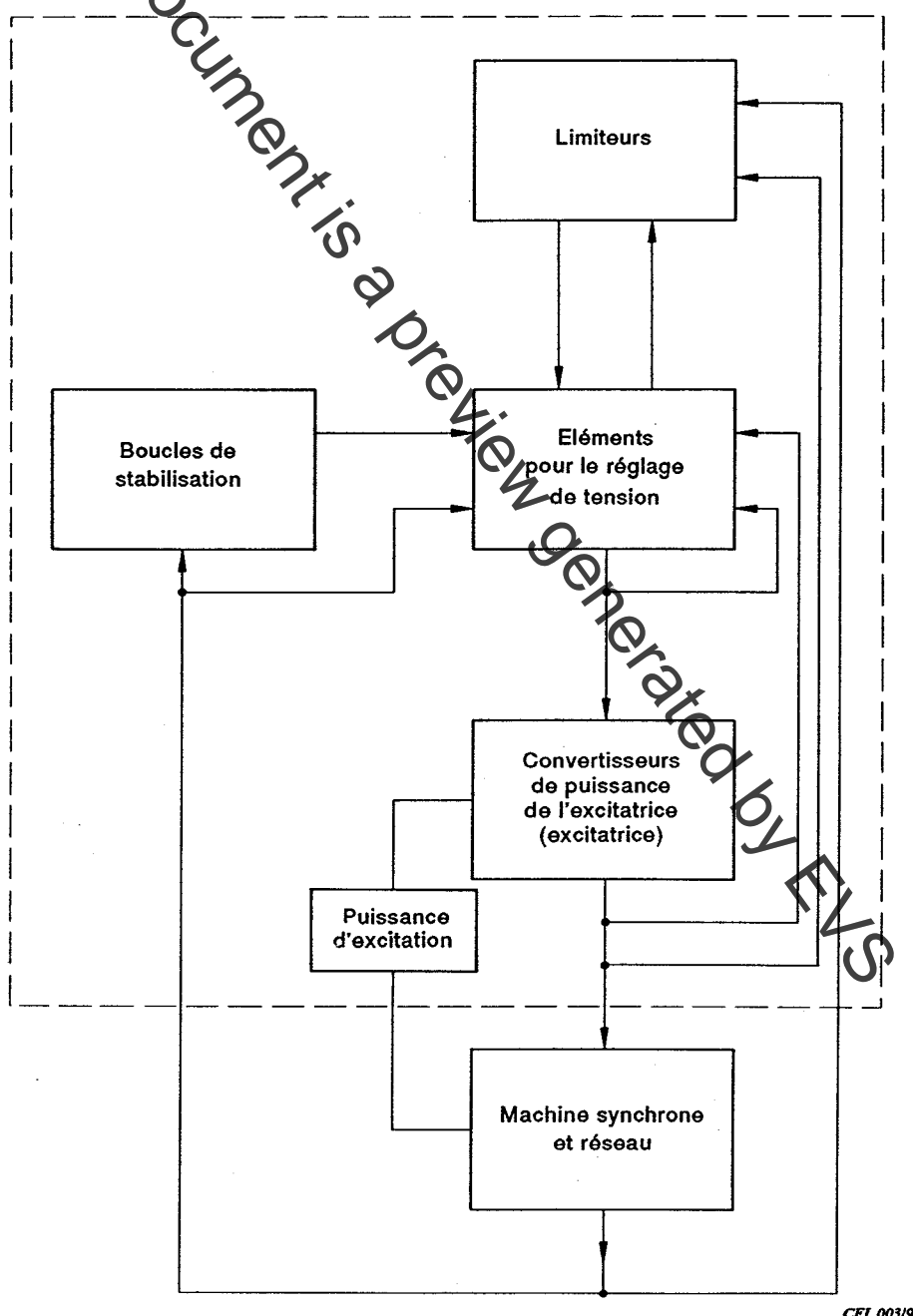
## MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES

### 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.

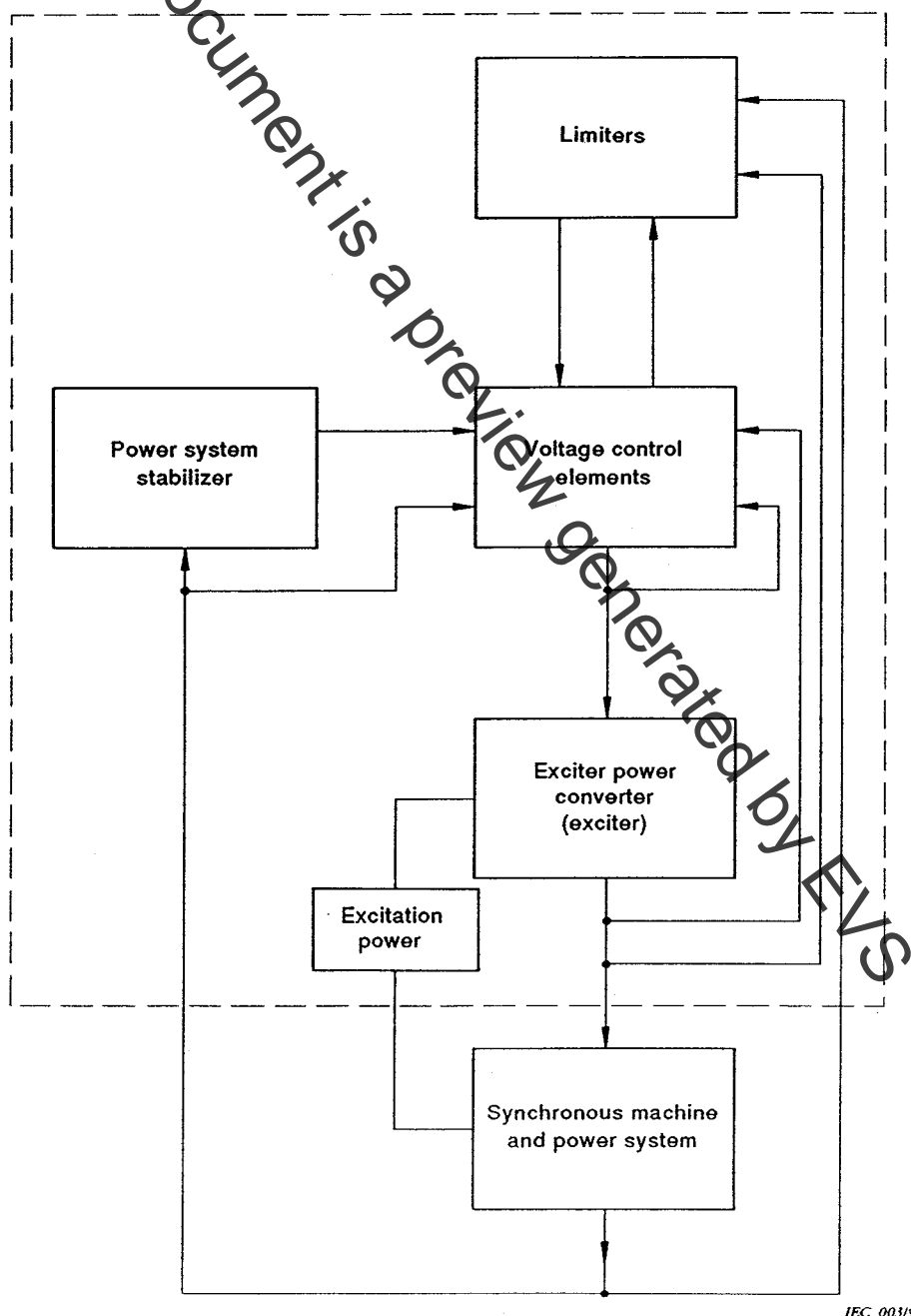


Figure 1 – General functional block diagram of excitation systems (within the dotted block) for synchronous machines



## 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.

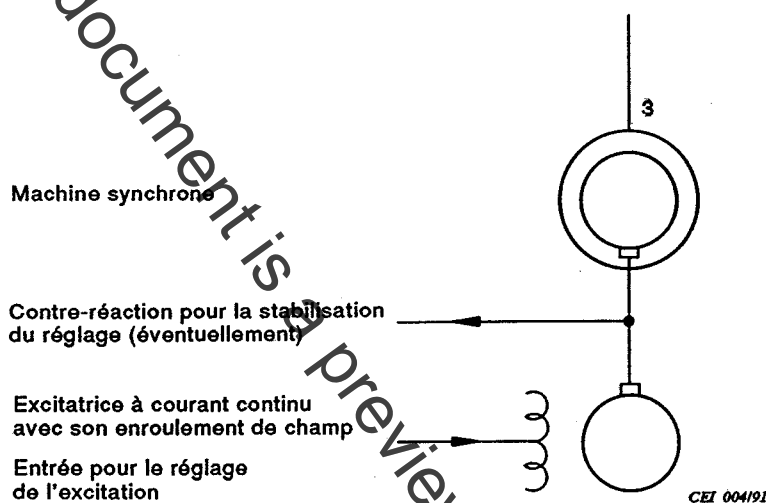


Figure 2 - Excitatrice à courant continu dont un enroulement de champ est excité séparément

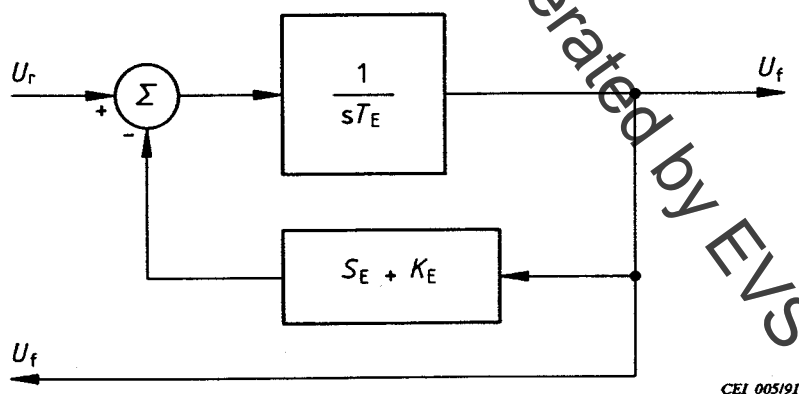


Figure 3 - Modèle correspondant à la figure 2

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.

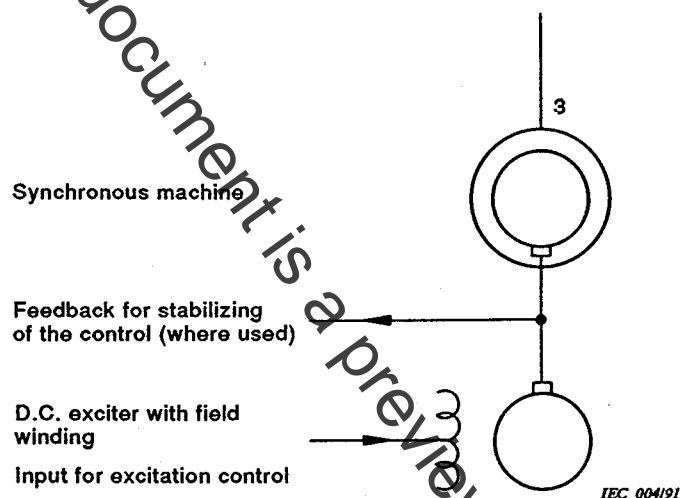


Figure 2 – D.C. exciter with one separately excited field winding

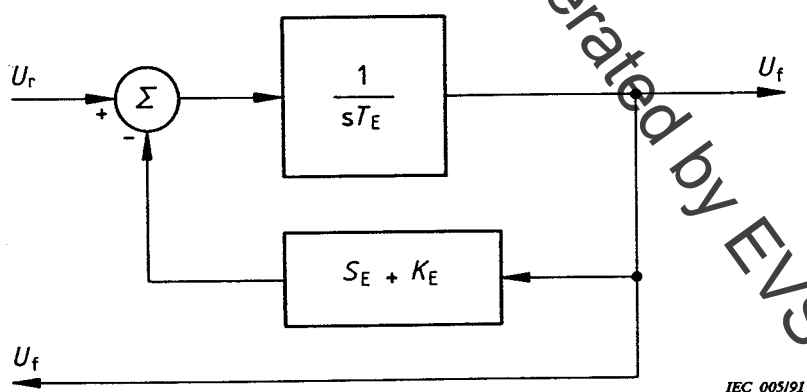


Figure 3 - Model corresponding to figure 2

Several forms of excitation control are in use:

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