

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Rotating electrical machines –
Part 16-1: Excitation systems for synchronous machines – Definitions**

**Machines électriques tournantes –
Partie 16-1: Systèmes d'excitation pour machines synchrones – Définitions**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2011 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch
Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch
Tél.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00



IEC 60034-16-1

Edition 2.0 2011-05

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Rotating electrical machines –
Part 16-1: Excitation systems for synchronous machines – Definitions**

**Machines électriques tournantes –
Partie 16-1: Systèmes d'excitation pour machines synchrones – Définitions**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 29.160

ISBN 978-2-88912-487-9

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope.....	5
2 General	5
3 Exciter categories.....	10
4 Control functions	11
Figure 1 – Block diagram of excitation control system.....	6
Figure 2 – Determination of no-load field current I_{f0} and air-gap field current I_{fg}	7
Figure 3 – Determination of excitation system nominal response, V_e	9

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

**Part 16-1: Excitation systems for synchronous machines –
Definitions**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60034-16-1 has been prepared by IEC technical committee 2: Rotating machinery.

This second edition cancels and replaces the first edition, issued in 1991, and constitutes a technical revision.

The major technical changes with regard to the previous edition are as follows:

Clause or subclause	Change
2.1.1	Additional definition for digital excitation system
2.1.2	Additional definition for reversible excitation system
2.3	Edited definition of excitation control

- 2.4 Additional definition for excitation control system. Added block diagram of excitation control system
- 2.17 Additional definition for excitation system negative ceiling voltage U_n
- 2.19 Edited definition of excitation system on-load ceiling voltage U_{pL}
- 2.20 Additional definition for excitation system on-load negative ceiling voltage U_{nL}
- 2.22 Additional definition for excitation system voltage response time
- 2.23 Additional definition for high initial response excitation system
- 3.1 Edited definition of rotating exciter
- 3.1.2 Edited definition of AC exciter
- 3.2.3 Additional definition for auxiliary winding source static exciter
- 3.3 Additional definition for pilot exciter
- 4.1 to 4.7 Edited definitions of control functions

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

CDV	Report on voting
2/1598/CDV	2/1617/RVC

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

NOTE A table of cross-references of all IEC TC 2 publications can be found on the IEC TC 2 dashboard on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

Part 16-1: Excitation systems for synchronous machines – Definitions

1 Scope

This part of IEC 60034 defines terms applicable to the excitation systems of synchronous rotating electrical machines.

2 General

2.1

excitation system

equipment providing the field current of a machine, including all regulating and control elements, as well as field discharge or suppression equipment and protective devices

2.1.1

digital excitation system

excitation system of a machine where some, if not all, of regulating, control, limiting and protective functionality is implemented using digital technology

NOTE As a minimum, the voltage regulation function must be implemented digitally in such a system.

2.1.2

reversible excitation system

excitation system providing compulsory change of sign of magnetic flux, created by a winding or excitation windings of a synchronous machine

2.2

exciter

source of the electrical power, providing field voltage and current of a synchronous machine, regulated by excitation control

NOTE Examples of the source are:

a rotating machine, either d.c. or a.c. with associated rectifiers;

one or several transformers with associated rectifiers.

2.3

excitation control

control of excitation system modifying the excitation power, responding to signals characteristic of the state of the system encompassing the synchronous machine, its exciter, and the network to which it is connected

NOTE Synchronous machine voltage is predominantly the controlled quantity.

2.4

excitation control system

feedback control system that includes the synchronous machine operating in the power system and its excitation system

NOTE 1 The term is used to distinguish the performance of the synchronous machine and excitation system in closed loop control conjunction with the power system from that of the excitation system alone.

NOTE 2 Figure 1 shows a block diagram of an excitation control system.

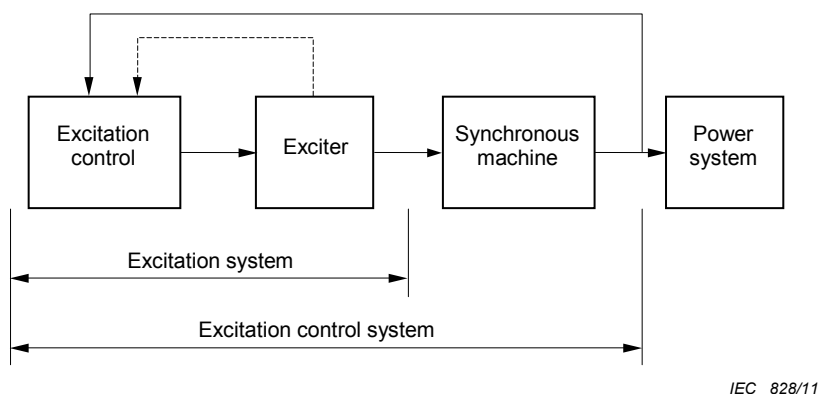


Figure 1 – Block diagram of excitation control system

2.5

field winding terminals

place of input to the field winding of the machine

NOTE 1 If there are brushes and slip-rings, these are considered to be part of the field winding.

NOTE 2 In a brushless machine, the connecting points between the rotating rectifier and the leads of the machine field winding are the field winding terminals.

2.6

excitation system output terminals

place of output from the equipment comprising the excitation system

NOTE Excitation system output terminals may be different from the field winding terminals.

2.7

rated field current I_{fN}

direct current in the field winding of the machine when operating at rated voltage, current, power-factor and speed

2.8

rated field voltage U_{fN}

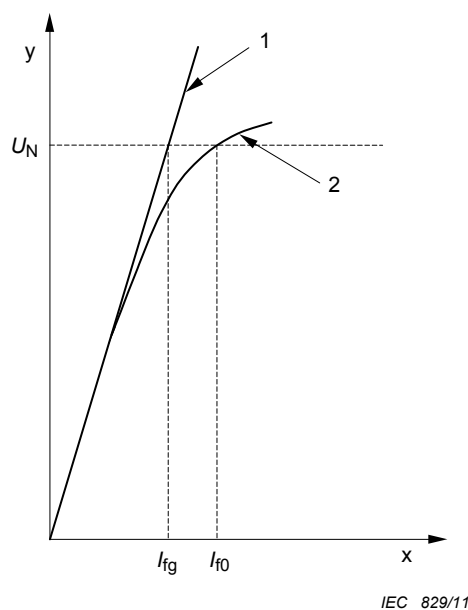
direct voltage at the field winding terminals of the machine required to produce rated field current with the field winding at the temperature resulting from rated loading and rated conditions and with the primary coolant at its maximum temperature

NOTE If the machine has a duty cycle which does not result in a steady field winding temperature being reached, then U_{fN} is based upon the maximum field winding temperature reached in the duty cycle.

2.9

no-load field current I_{f0}

direct current in the field winding of the machine required to produce rated voltage at no-load and rated speed (see Figure 2)

**Key**

y Terminal voltage U (U_N is the rated voltage of the synchronous machine)

x Field current I_f

1 Air gap line characteristic

2 No-load characteristic

Figure 2 – Determination of no-load field current I_{f0} and air-gap field current I_{fg}

NOTE The air-gap field current is the base value for use in computer representation models of excitation systems.

2.10**no-load field voltage U_{f0}**

direct voltage at the field winding terminals of the machine required to produce the no-load field current with the field winding at 25 °C

2.11**air-gap field current I_{fg}**

current in the field winding of the synchronous machine which theoretically would be required to produce rated voltage at no-load on the air-gap line (see Figure 2)

2.12**air-gap field voltage U_{fg}**

direct voltage at the field winding terminals of the synchronous machine which is required to produce the air-gap field current when the field winding resistance is equal to U_{fN}/I_{fN}

NOTE The air-gap field voltage is the base value for use in computer representation models of excitation systems.

2.13**excitation system rated current I_{eN}**

direct current at the excitation system output terminals which the excitation system can supply under defined conditions of operation, taking into account the most demanding excitation requirements of the machine (generally resulting from machine voltage and frequency variations)

2.14

excitation system rated voltage U_{eN}

direct voltage at the excitation system output terminals which the excitation system can provide when delivering excitation system rated current, under defined conditions of operation

NOTE The excitation system rated voltage is at least that value required by the field of the machine under the most demanding excitation requirements (generally resulting from machine voltage and frequency variations).

2.15

excitation system ceiling current I_p

maximum direct current which the excitation system is able to supply from its terminals for a specified time, starting from continuously supplying rated field current

NOTE The specified time is counted from the achievement of 95 % of the current final steady value.

2.16

excitation system positive ceiling voltage U_p

maximum direct voltage, which the excitation system is able to provide from its terminals under defined conditions

NOTE 1 For excitation systems whose supply depends on the machine voltage and (if applicable) current, the nature of the power system disturbance and specific design parameters of the excitation system and the synchronous machine influence the excitation system output. For such systems, the ceiling voltage is determined considering an appropriate defined voltage drop and (if applicable) current increase.

NOTE 2 For excitation systems employing a rotating exciter, the ceiling voltage is defined at rated speed and at rated working conditions of exciter.

2.17

excitation system negative ceiling voltage U_n

most negative (direct) voltage, if any, which the excitation system is able to provide from its terminals under defined conditions

2.18

excitation system no-load ceiling voltage U_{p0}

maximum direct voltage which the excitation system is able to provide from its terminals when it is not loaded

2.19

excitation system on-load positive ceiling voltage U_{pL}

maximum direct voltage which the excitation system is able to provide from its terminals at initial current equal to rated field current at rated conditions of the machine

2.20

excitation system on-load negative ceiling voltage U_{nL}

most negative (direct) voltage, if any, which the excitation system is able to provide at initial current equal to rated field current at rated conditions of the machine

2.21

excitation system nominal response V_e

rate of increase of the excitation system output voltage (see Figure 3), determined from the excitation system voltage response curve divided by the rated field voltage according to the equation:

$$V_e = \frac{\Delta U_e}{0,5U_{fN}} \text{ s}^{-1}$$

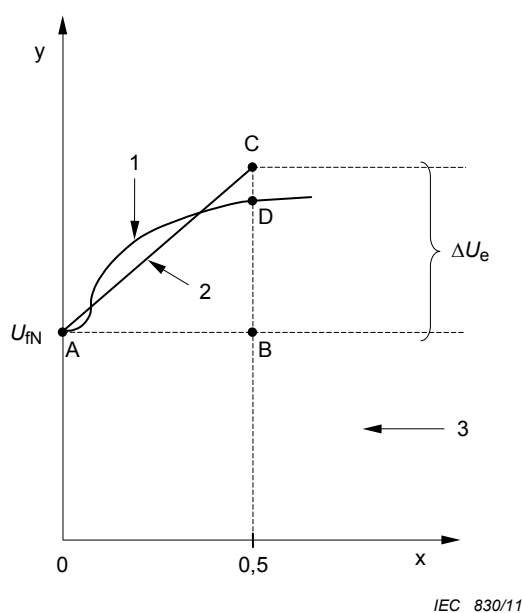
NOTE 1 This rate, if maintained constant (line A–C in Figure 3), would develop the same voltage-time area as obtained from the actual curve (line A–D in Figure 3) over the first half-second interval (or different time interval, if specified).

NOTE 2 The excitation system nominal response is defined with the excitation system loaded with a resistance equal to U_{fN}/I_{fN} and sufficient inductance so that voltage drop effects and current and voltage waveform are reasonably accounted for.

NOTE 3 The excitation system nominal response is defined with the excitation system voltage initially equal to the rated field voltage of the synchronous machine, after which the excitation system ceiling voltage is rapidly attained by introducing a specified voltage error step.

NOTE 4 For excitation systems whose supply depends on the synchronous machine voltage and (if applicable) current, the nature of the power system disturbance and specific design parameters of the excitation system and the synchronous machine influence the excitation system output. For such systems, the excitation system nominal response is defined taking into consideration an appropriate voltage drop and (if applicable) current increase.

NOTE 5 For excitation systems employing a rotating exciter, the excitation system nominal response is defined at rated speed and at rated working conditions of exciter.



Key

y excitation system voltage U_e

x time in s

1 Actual build-up curve

2 Slope

3 Area $ABC = ABD$

Figure 3 – Determination of excitation system nominal response, V_e

2.22

excitation system voltage response time

time in seconds for the excitation voltage to attain 95 % of the difference between ceiling voltage and rated field voltage, counted from the moment of specified step change in synchronous machine terminal voltage

2.23

high initial response excitation systems

excitation systems whose voltage response time is 0,1 s or less

NOTE For high initial response excitation systems, the response time is very short relative to the synchronous machine field time constant and to power system characteristic swings, and the shape of initial response is not of concern.

3 Exciter categories

3.1

rotating exciter

rotating machine which takes mechanical power from the shaft and delivers electrical power to the field winding

NOTE The shaft may be driven by the synchronous machine or by another machine.

3.1.1

d.c. exciter

rotating exciter employing a commutator and brushes to deliver direct current

3.1.2

a.c. exciter

rotating exciter which produces a.c. power and employs rectifiers to deliver direct current

NOTE The rectifiers may be non-controlled or controlled.

3.1.2.1

a.c. exciter with stationary rectifiers

a.c. exciter with rectifiers whose output is connected to the brushes of slip-rings of field winding of the synchronous machine

3.1.2.2

a.c. exciter with rotating rectifiers (brushless exciter)

a.c. exciter with rectifiers, which rotate with the common shaft of the exciter and the synchronous machine, whose output is connected without slip-rings or brushes directly to the field winding of the synchronous machine

3.2

static exciter

exciter which derives its power from one or more stationary electrical sources, employing stationary rectifiers to deliver direct current

3.2.1

potential source static exciter

static exciter which derives its power only from a potential source (which can be the terminals of the synchronous machine) and employs controlled rectifiers

3.2.2

compound source static exciter

static exciter which derives its power from both current and potential sources (dependent upon synchronous machine terminal quantities)

NOTE The addition of inputs from both sources can be done on either the a.c. side or the d.c. side of the rectifiers and can be done in parallel or series. The rectifiers may be either non-controlled or controlled, depending upon design.

3.2.3

auxiliary winding source static exciter

static exciter whose energy is derived from a separate dedicated power winding in the main synchronous machine's stator

3.3

pilot exciter

equipment providing the source of field power for the excitation of another exciter

4 Control functions

4.1

voltage regulation

function whose purpose is to compare the actual voltage of a synchronous machine with a reference value and to control, by appropriate means, the output of an exciter depending on the deviations

4.2

load current compensation

function influencing the voltage regulation to control voltage at a point other than where the synchronous machine voltage is measured

NOTE One application of load current compensation is to compensate partially the voltage drop across external impedance. Another application is to allow the sharing of reactive power between paralleled units with no impedance between them.

4.3

overexcitation limitation

function whose purpose is to limit the field current of the synchronous machine and of excitation equipment to permissible values

NOTE Limiting action may be immediate or time-delayed, or a combination of both.

4.4

stator current limitation

function that acts to prevent the stator current from exceeding a preset value

NOTE If the synchronous machine is operating overexcited, the limitation will decrease excitation, while in underexcited operation the limitation increases excitation.

4.5

underexcitation limitation

function whose purpose is to limit excitation from being reduced beyond stability limits or beyond the thermal capability of cylindrical rotor type machines due to stator core end heating

NOTE Usual input variables are:

synchronous machine active current, reactive current and terminal voltage;

load angle; or

field current (perhaps in combination with other variables).

4.6

Volts per Hertz limitation

function operating in such a manner as to cause the regulated voltage to decrease in proportion with the frequency reduction, if the frequency falls below a predetermined value

NOTE The purpose of Volts per Hertz limitation is to prevent excessive magnetic flux in the synchronous machine or transformers.

4.7

power system stabilization

function whose purpose is to influence the exciter output in such a way that power oscillations of the synchronous machine are damped

NOTE Input variables may be compensated frequency, shaft speed, terminal voltage frequency, rotor current, power (or a combination of variables).

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	13
1 Domaine d'application	15
2 Généralités.....	15
3 Catégories d'excitatrices	20
4 Fonctions de commande.....	21
Figure 1 – Schéma fonctionnel du système de commande d'excitation.....	16
Figure 2 – Détermination du courant de champ à vide I_{f0} et du courant de champ d'entrefer I_{fg}	17
Figure 3 – Détermination du facteur de réponse nominal du système d'excitation, V_e	19

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

**Partie 16-1: Systèmes d'excitation
pour machines synchrones –
Définitions**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60034-16-1 a été établie par le comité d'études 2 de la CEI: Machines tournantes.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, parue en 1991, dont elle constitue une révision technique.

Les principales modifications techniques par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

Article ou paragraphe	Modifications
2.1.1	Définition supplémentaire relative au système d'excitation numérique
2.1.2	Définition supplémentaire relative au système d'excitation réversible
2.3	Modification rédactionnelle de la définition de la commande d'excitation
2.4	Définition supplémentaire relative au système de commande d'excitation; ajout d'un schéma fonctionnel du système de commande d'excitation
2.17	Définition supplémentaire relative à la tension de plafond négative U_n du système d'excitation
2.19	Modification rédactionnelle de la définition de la tension de plafond en charge U_{pL} du système d'excitation
2.20	Définition supplémentaire relative à la tension de plafond négative en charge U_{nL} du système d'excitation
2.22	Définition supplémentaire relative au temps de réponse en tension du système d'excitation
2.23	Définition supplémentaire relative au système d'excitation avec réponse initiale élevée
3.1	Modification rédactionnelle de la définition de l'excitatrice tournante
3.1.2	Modification rédactionnelle de la définition de l'excitatrice à courant alternatif
3.2.3	Définition supplémentaire relative à l'excitatrice statique à source d'enroulement auxiliaire
3.3	Définition supplémentaire relative à l'excitatrice pilote
4.1.à 4.7	Modification rédactionnelle des définitions des fonctions de commande

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
2/1598/CDV	2/1617/RVC

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

NOTE Un tableau des correspondances entre toutes les publications du comité d'études 2 de la CEI figure sur la page d'accueil du CE 2 de la CEI, sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

Partie 16-1: Systèmes d'excitation pour machines synchrones – Définitions

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60034 donne la définition des termes applicables aux systèmes d'excitation des machines électriques tournantes synchrones.

2 Généralités

2.1

système d'excitation

équipement fournissant le courant de champ d'une machine, y compris tous les organes de régulation et de commande, ainsi que l'équipement destiné à la décharge ou à la suppression du champ et les dispositifs de protection

2.1.1

système d'excitation numérique

système d'excitation d'une machine dans laquelle certaines, si ce n'est l'ensemble, des fonctionnalités de régulation, de commande, de limitation et de protection sont mises en œuvre au moyen des technologies numériques

NOTE Au minimum, l'implémentation de la fonction de régulation de tension dans un tel système doit être implémentée de manière numérique.

2.1.2

système d'excitation réversible

système d'excitation fournissant une modification obligatoire de signe du flux magnétique, créé par un enroulement ou des enroulements d'excitation d'une machine synchrone

2.2

excitatrice

source de puissance électrique, fournissant la tension et le courant de champ d'une machine synchrone, dont la régulation est effectuée par une commande d'excitation

NOTE A titre d'exemples d'une telle source on peut citer:

une machine tournante, à courant continu ou à courant alternatif avec ses redresseurs associés;

un ou plusieurs transformateurs avec leurs redresseurs associés.

2.3

commande d'excitation

commande du système d'excitation modifiant la puissance d'excitation, en réponse à des signaux caractéristiques de l'état du système comprenant la machine synchrone, son excitatrice et le réseau auquel elle est raccordée

NOTE La grandeur réglée est principalement la tension de la machine synchrone.

2.4

système de commande d'excitation

système de commande à rétroaction comprenant la machine synchrone fonctionnant dans le système de puissance et son système d'excitation

NOTE 1 Le terme est utilisé pour établir une distinction entre la performance de la machine synchrone avec le système d'excitation en association de commande à boucle fermée avec le système de puissance et la performance du seul système d'excitation.

NOTE 2 La Figure 1 représente un schéma fonctionnel d'un système de commande d'excitation.

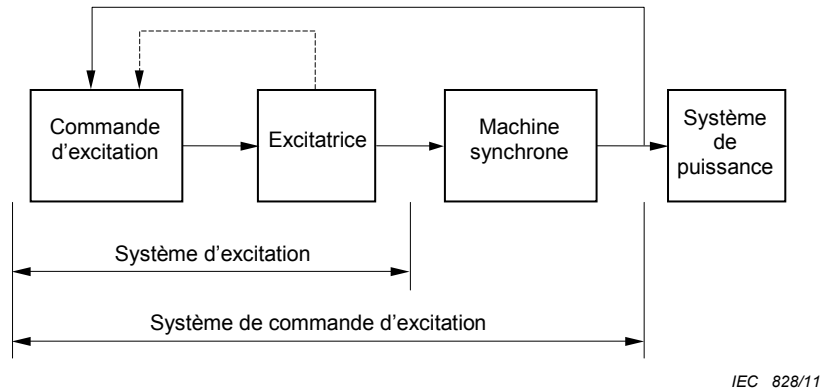


Figure 1 – Schéma fonctionnel du système de commande d'excitation

2.5

bornes de l'enroulement de champ

emplacement de l'entrée de l'enroulement de champ de la machine

NOTE 1 S'il y a des bagues et balais, ils sont considérés comme faisant partie de l'enroulement de champ.

NOTE 2 Dans une machine sans balais, les points de raccordement entre le redresseur tournant et les connexions de l'enroulement de champ de la machine constituent les bornes de l'enroulement de champ.

2.6

bornes de sortie du système d'excitation

emplacement de la sortie de l'équipement constitué par le système d'excitation

NOTE Les bornes de sortie du système d'excitation peuvent être différentes des bornes de l'enroulement du champ.

2.7

courant de champ assigné I_{fN}

courant continu dans l'enroulement de champ d'une machine lorsqu'elle fonctionne à ses tension, courant, facteur de puissance et vitesse assignés

2.8

tension de champ assignée U_{fN}

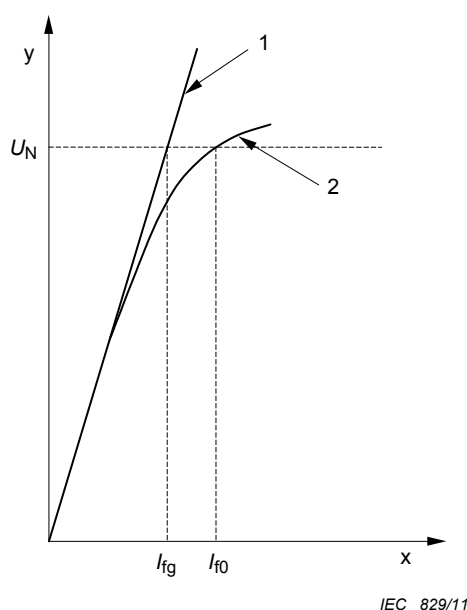
tension continue aux bornes de l'enroulement de champ de la machine, nécessaire pour faire circuler le courant de champ assigné lorsque l'enroulement de champ est à la température atteinte à la charge assignée, dans les conditions assignées, le fluide de refroidissement primaire étant à sa température maximale

NOTE Si la machine est assujettie à un cycle de fonctionnement tel que la température d'équilibre de l'enroulement de champ ne soit pas atteinte, alors U_{fN} est fondée sur la température maximale de l'enroulement de champ atteinte au cours du cycle de fonctionnement.

2.9

courant de champ à vide I_{f0}

courant continu dans l'enroulement de champ de la machine nécessaire pour obtenir la tension assignée à vide, à la vitesse assignée (voir Figure 2)



Légende

y Tension aux bornes U (U_N est la tension assignée de la machine synchrone)

x Courant de champ I_f

1 Caractéristique de droite d'entrefer

2 Caractéristique à vide

Figure 2 – Détermination du courant de champ à vide I_{f0} et du courant de champ d'entrefer I_{fg}

NOTE Le courant de champ d'entrefer est la valeur de base utilisée dans les modèles de représentation par calculateur des systèmes d'excitation.

2.10

tension de champ à vide U_{f0}

tension continue aux bornes de l'enroulement de champ de la machine nécessaire pour faire circuler le courant de champ à vide lorsque l'enroulement de champ est à 25 °C

2.11

courant de champ d'entrefer I_{fg}

courant dans l'enroulement de champ de la machine synchrone qui serait théoriquement nécessaire pour obtenir la tension assignée à vide sur la droite d'entrefer (voir Figure 2)

2.12

tension de champ d'entrefer U_{fg}

tension continue aux bornes de l'enroulement de champ de la machine synchrone, nécessaire pour faire circuler le courant de champ d'entrefer lorsque la résistance de l'enroulement de champ est égale à U_{fN}/I_{fN}

NOTE La tension de champ d'entrefer est la valeur de base utilisée dans les modèles de représentation par calculateur des systèmes d'excitation.

2.13

courant assigné du système d'excitation I_{eN}

courant continu aux bornes de sortie du système d'excitation que ce dernier peut fournir dans des conditions de fonctionnement définies, prenant en compte les exigences d'excitation de la machine les plus contraignantes (résultant généralement de variations de la tension et de la fréquence de la machine)

2.14**tension assignée du système d'excitation U_{eN}**

tension continue aux bornes de sortie du système d'excitation, que ce dernier peut fournir lorsqu'il fait circuler le courant assigné du système d'excitation, dans des conditions de fonctionnement définies

NOTE La tension assignée du système d'excitation a au moins la valeur requise par le champ de la machine dans les conditions d'excitation les plus contraignantes (résultant généralement de variations de la tension et de la fréquence de la machine).

2.15**courant de plafond du système d'excitation I_p**

courant continu maximal que le système d'excitation est capable de fournir à ses bornes pendant une durée spécifiée, à partir de l'alimentation en continu en courant de champ assigné

NOTE La durée spécifiée est comptée à partir de l'obtention de 95 % de la valeur constante finale du courant.

2.16**tension de plafond positive du système d'excitation U_p**

tension continue maximale que le système d'excitation est capable de fournir à ses bornes dans des conditions définies

NOTE 1 Pour les systèmes d'excitation dont l'alimentation dépend de la tension et (le cas échéant) du courant de la machine, la nature de la perturbation système d'alimentation et les paramètres spécifiques de conception du système d'excitation et de la machine synchrone influent sur les grandeurs de sortie du système d'excitation. Pour de tels systèmes, la tension de plafond est déterminée en considérant une chute de tension et (le cas échéant) une augmentation de courant définies et appropriées.

NOTE 2 Pour les systèmes d'excitation utilisant une excitatrice tournante, la tension de plafond est définie à la vitesse assignée et aux conditions de service assignées de l'excitatrice.

2.17**tension de plafond négative U_n du système d'excitation**

valeur la plus négative de la tension (continue), si elle existe, que le système d'excitation est en mesure de fournir à ses bornes dans des conditions définies

2.18**tension de plafond à vide du système d'excitation U_{p0}**

tension continue maximale que le système d'excitation est capable de fournir à ses bornes lorsqu'il est à vide

2.19**tension de plafond positive en charge du système d'excitation U_{pL}**

tension continue maximale que le système d'excitation est en mesure de fournir à partir de ses bornes à un courant initial égal au courant de champ assigné aux conditions assignées de la machine

2.20**tension de plafond négative en charge du système d'excitation U_{nL}**

valeur la plus négative de tension (continue), si elle existe, que le système d'excitation est en mesure de fournir à un courant initial égal au courant de champ assigné, aux conditions assignées de la machine

2.21**facteur de réponse nominal du système d'excitation V_e**

taux d'accroissement de la tension de sortie du système d'excitation, (voir la Figure 3), déterminé à partir de la courbe de réponse en tension du système d'excitation, divisé par la tension de champ assignée selon l'équation suivante:

$$V_e = \frac{\Delta U_e}{0,5U_{fN}} \text{ s}^{-1}$$

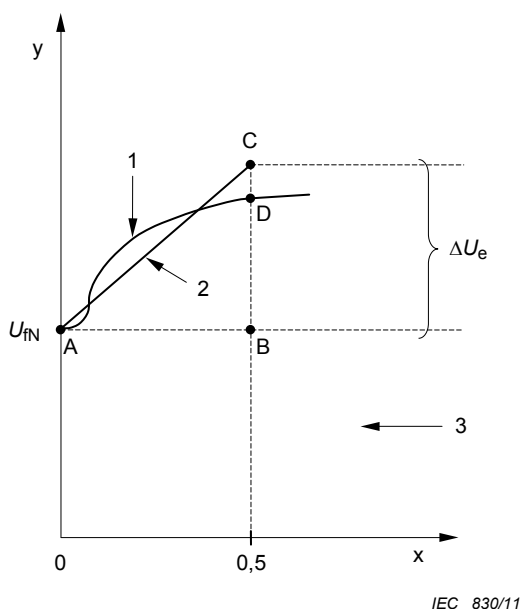
NOTE 1 Ce taux est tel que, s'il était maintenu constant (ligne A–C en Figure 3), engendrerait la même surface tension-temps que celle obtenue à partir de la courbe réelle (ligne A–D en Figure 3), pendant la première demi-seconde (ou pendant un intervalle de temps différent, s'il est spécifié).

NOTE 2 Le facteur de réponse nominal du système d'excitation est défini pour une charge du système d'excitation constituée par une résistance égale à U_{fN}/I_{fN} et une inductance juste suffisante pour que les effets de chute de tension et de forme d'onde du courant et de la tension soient raisonnablement pris en compte.

NOTE 3 Le facteur de réponse nominal du système d'excitation est défini pour une valeur de la tension du système d'excitation initialement égale à la tension de champ assignée de la machine synchrone, à la suite de quoi la tension de plafond du système d'excitation est rapidement atteinte en introduisant un signal d'erreur de tension en échelon de valeur spécifiée.

NOTE 4 Pour les systèmes d'excitation dont l'alimentation dépend de la tension et (éventuellement) du courant de la machine synchrone, la nature de la perturbation du réseau et les paramètres conceptuels spécifiques du système d'excitation et de la machine synchrone influent sur les grandeurs de sortie du système d'excitation. Pour de tels systèmes, le facteur de réponse nominal du système d'excitation est défini en considérant une chute de tension et (éventuellement) une augmentation de courant appropriées.

NOTE 5 Pour les systèmes d'excitation utilisant une excitatrice tournante, le facteur de réponse nominal du système d'excitation est défini à la vitesse assignée et aux conditions de service assignées de l'excitatrice.



Légende

y Tension du système d'excitation U_e

x t(s)

1 Courbe d'établissement réelle

2 Pente

3 Surface ABC = ABD

Figure 3 – Détermination du facteur de réponse nominal du système d'excitation, V_e

2.22

temps de réponse en tension du système d'excitation

durée en secondes nécessaire pour que la tension d'excitation atteigne 95 % de la différence entre la tension de plafond et la tension de champ assignée, comptée à partir de l'instant de la variation d'échelon en tension aux bornes de la machine synchrone

2.23

systèmes d'excitation avec réponse initiale élevée

systèmes d'excitation dont le temps de réponse en tension est égal à 0,1 s ou inférieur

NOTE Pour des systèmes d'excitation avec réponse initiale élevée, le temps de réponse est très court par rapport à la constante de temps du champ de la machine synchrone et aux oscillations caractéristiques du réseau d'énergie, et la forme de la réponse initiale n'est pas un objet de préoccupation.

3 Catégories d'excitatrices

3.1

excitatrice tournante

machine tournante qui emprunte sa puissance mécanique à l'arbre et qui fournit la puissance électrique à l'enroulement de champ

NOTE L'arbre peut être entraîné par la machine synchrone ou par une autre machine.

3.1.1

excitatrice à courant continu

excitatrice tournante utilisant un collecteur et des balais pour fournir du courant continu

3.1.2

excitatrice à courant alternatif

excitatrice tournante produisant la puissance en courant alternatif et utilise des redresseurs pour fournir du courant continu

NOTE Les redresseurs peuvent être commandés ou non.

3.1.2.1

excitatrice à courant alternatif à redresseurs stationnaires

excitatrice à courant alternatif telle que la sortie des redresseurs est reliée aux balais associés aux bagues de l'enroulement de champ de la machine synchrone

3.1.2.2

excitatrice à courant alternatif à redresseurs tournants (excitatrice sans balais)

excitatrice à courant alternatif dont les redresseurs tournent sur le même arbre que l'excitatrice et la machine synchrone; la sortie des redresseurs étant reliée directement, sans bagues ni balais, à l'enroulement de champ de la machine synchrone

3.2

excitatrice statique

excitatrice recevant sa puissance d'une ou de plusieurs sources électriques stationnaires, utilisant des redresseurs stationnaires pour fournir du courant continu

3.2.1

excitatrice statique à source de tension

excitatrice statique recevant sa puissance uniquement d'une source de tension (qui peut être constituée par les bornes de la machine synchrone) et utilisant des redresseurs commandés

3.2.2

excitatrice statique composée

excitatrice statique recevant sa puissance de l'ensemble d'une source de courant et d'une source de tension (dépendant des grandeurs aux bornes de la machine synchrone)

NOTE L'addition des apports des deux sources peut être faite soit du côté alternatif, soit du côté continu des redresseurs, et peut être effectuée en parallèle ou en série. Les redresseurs peuvent être commandés ou non, selon la conception.

3.2.3

excitatrice statique à source d'enroulement auxiliaire

excitatrice statique dont l'énergie est reçue à partir d'un enroulement de puissance dédié séparé dans le stator de la machine synchrone principal

3.3

excitatrice pilote

équipement fournissant la source de puissance de champ en vue de l'excitation d'une autre excitatrice

4 Fonctions de commande

4.1

régulation en tension

fonction dont l'objet est de comparer la tension réelle d'une machine synchrone avec une valeur de référence et, en fonction de l'écart, de régler par des moyens appropriés la tension de sortie d'une excitatrice

4.2

compensation du courant de charge

fonction destinée à influencer sur la régulation en tension, de façon à régler la tension en un point autre que celui où est mesurée la tension de la machine synchrone

NOTE Comme application de la compensation du courant de charge, on peut citer la compensation partielle de la chute de tension dans l'impédance extérieure. Une autre application consiste à permettre la répartition de la puissance réactive entre des unités en parallèle sans impédance entre celles-ci.

4.3

limitation de surexcitation

fonction dont le but est de limiter, à des valeurs admissibles, le courant de champ de la machine synchrone et de l'équipement d'excitation

NOTE L'action de limitation peut être instantanée ou différée, ou encore une combinaison des deux.

4.4

limitation du courant statorique

fonction servant à empêcher que le courant statorique ne dépasse une valeur préréglée

NOTE Si la machine fonctionne en l'état surexcité, la limitation permet une diminution de l'excitation, tandis que lors d'un fonctionnement sous-excité, la limitation donne lieu à une augmentation de l'excitation.

4.5

limitation de sous-excitation

le but est de limiter la diminution d'excitation en dessous des valeurs correspondant aux limites de stabilité ou à la tolérance thermique des machines à entrefer constant vis-à-vis de l'échauffement des parties frontales du stator

NOTE Les grandeurs d'entrée usuelles sont:

le courant actif de la machine synchrone, son courant réactif et la tension aux bornes,

l'angle de charge ou

ou le courant de champ (éventuellement en combinaison avec d'autres variables).

4.6

limitation du rapport Volts par Hertz

fonction agissant de manière à provoquer une baisse de la tension réglée, proportionnellement à la baisse de fréquence, si la fréquence descend en dessous d'une valeur prédéterminée

NOTE Le but de la limitation du rapport Volts par Hertz est d'éviter un excès de flux magnétique dans la machine synchrone ou les transformateurs.

4.7

stabilisation du réseau

fonction dont l'objet est d'influencer la grandeur de sortie de l'excitatrice, de façon à amortir les oscillations de puissance de la machine synchrone

NOTE Les grandeurs d'entrée peuvent correspondre à la valeur compensée de la fréquence, de la vitesse de l'arbre, de la fréquence de la tension aux bornes, du courant de rotor, de la puissance (ou une combinaison de variables).

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch