

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Rotating electrical machines –
Part 22: AC generators for reciprocating internal combustion (RIC) engine driven
generating sets**

**Machines électriques tournantes –
Partie 22: Génératrices à courant alternatif pour groupes électrogènes entraînés
par un moteur à combustion interne**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2009 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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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 60034-22

Edition 2.0 2009-10

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Rotating electrical machines –

**Part 22: AC generators for reciprocating internal combustion (RIC) engine driven
generating sets**

Machines électriques tournantes –

**Partie 22: Génératrices à courant alternatif pour groupes électrogènes entraînés
par un moteur à combustion interne**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

R

ICS 29.160

ISBN 2-8318-1065-4

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative references.....	5
3 Terms and definitions	5
4 Rating.....	9
5 Limits of temperature and temperature rise	10
5.1 Base continuous rating	10
5.2 Peak continuous rating	10
6 Parallel operation.....	10
6.1 General	10
6.2 Effect of electromechanical vibration and its frequency.....	11
7 Special load conditions	11
7.1 General	11
7.2 Unbalanced load current	11
7.3 Sustained short-circuit current (see also 8.3)	11
7.4 Occasional excess current capability.....	11
7.5 Total harmonic distortion (THD)	11
7.6 Radio interference suppression.....	12
8 Asynchronous generators with excitation equipment.....	12
8.1 General	12
8.2 Rated speed and rated slip	12
8.3 Sustained short-circuit current	12
8.4 Range of voltage setting (see also 3.9)	12
8.5 Parallel operation (see also Clause 6).....	12
9 Operating limit values	12
10 Rating plate	13
Annex A (informative) AC generator transient voltage characteristic following a sudden change in load	15
Bibliography	20
Figure A.1 – Generator transient voltage versus time for sudden load application and removal: r.m.s. voltage versus time	17
Figure A.2 – Generator transient voltage versus time for sudden load applications: instantaneous voltage versus time.....	18
Figure A.3 – Performance curves (step loading) ($\cos \phi \leq 0,4$)	19
Table 1 – Operating limit values	13

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ROTATING ELECTRICAL MACHINES –

**Part 22: AC generators for reciprocating internal combustion (RIC)
engine driven generating sets**

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 60034-22 has been prepared by IEC technical committee 2: Rotating machinery.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1996 and constitutes a technical revision.

The technical changes with regard to the previous edition include:

- Clause 2: The standards which were not referenced in the text have been deleted.
- Clause 3: Technical and editorial changes to many of the definitions have been made.
- Clause 4: In the NOTE, the quantity T_L has been replaced by TL .
- Clause 7: Technical and editorial changes to many clauses have been made.
- Clause 9: Table 1 has been revised.
- Annex A: This annex has been revised.

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

FDIS	Report on voting
2/1568/FDIS	2/1573/RVD

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.

A list of all parts of IEC 60034 series, under the general title, *Rotating electrical machines*, can be found on the IEC website.

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result 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 22: AC generators for reciprocating internal combustion (RIC) engine driven generating sets

1 Scope

This part of IEC 60034 establishes the principal characteristics of a.c. generators under the control of their voltage regulators when used for reciprocating internal combustion (RIC) engine driven generating set applications and supplements the requirements given in IEC 60034-1. It covers the use of such generators for land and marine use, but excludes generating sets used on aircraft or used to propel land vehicles and locomotives.

NOTE 1 For some specific applications (e.g. essential hospital supplies, high-rise buildings, etc.) supplementary requirements may be necessary. The provisions of this standard should be regarded as a basis for such requirements.

NOTE 2 Attention is drawn to the need to take note of additional regulations or requirements imposed by various regulatory bodies. Such regulations or requirements may form the subject of agreement between the customer and the manufacturer when conditions of use of the end product invoke such requirements.

NOTE 3 Examples of regulatory authorities:

- classification societies, for generating sets used on ships and offshore installations;
- government agencies;
- inspection agencies, local utilities, etc.

Annex A discusses the behaviour of generators covered by this standard when subjected to sudden load changes.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60034-1:2004, *Rotating electrical machines – Part 1: Rating and performance*

IEC 60085, *Electrical insulation – Thermal evaluation and designation*

CISPR 11, *Industrial, scientific and medical equipment – Radio-frequency disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply:

NOTE 1 In this standard, suffix “N” is used for “rated” in accordance with IEC 60027-1 and IEC 60027-4 whereas in ISO 8528, suffix “r” is so used.

NOTE 2 Voltage terms relate to a generator running at constant (rated) speed under the control of the normal excitation and voltage control system.

3.1

rated output

S_N

the product of the rated r.m.s. voltage, the rated r.m.s. current and a constant m , expressed in volt-amperes (VA) or its decimal multiples

where

$m = 1$ for single-phase;

$m = \sqrt{2}$ for two-phase;

$m = \sqrt{3}$ for three-phase

3.2

rated active power

P_N

the product of the rated r.m.s. voltage, the in-phase component of the rated r.m.s. current and a constant m , expressed in watts (W) or its decimal multiples

where

$m = 1$ for single-phase;

$m = \sqrt{2}$ for two-phase;

$m = \sqrt{3}$ for three-phase

3.3

rated power factor

$\cos \phi_N$

the ratio of the rated active power to the rated output

$$\cos \phi_N = \frac{P_N}{S_N}$$

3.4

rated reactive power

Q_N

the geometrical difference of the rated apparent power and the rated active power expressed in volt-amperes reactive (var) or its decimal multiples

$$Q_N = \sqrt{(S_N^2 - P_N^2)}$$

3.5

rated speed of rotation

n_N

the speed of rotation necessary for voltage generation at rated frequency

NOTE 1 For a synchronous generator, the rated speed of rotation is given by:

$$n_N = \frac{f_N}{p}$$

where

p is the number of pole pairs;

f_N is the rated frequency (according to load requirements).

For an asynchronous generator the rated speed of rotation is given by:

$$n_N = \frac{f_N}{p} (1 - s_N)$$

where

p is the number of pole pairs;

f_N is the rated frequency (according to load requirements);

s_N is the rated slip.

NOTE 2 Since the slip of an asynchronous generator is always negative, the rated speed is above the synchronous speed.

3.6

rated slip

s_N

the difference between the synchronous speed and the rated speed of the rotor divided by the synchronous speed, when the generating set is giving its rated active power

$$s_N = \frac{\frac{f_N}{p} - n_N}{\frac{f_N}{p}}$$

NOTE Rated slip s_N is only relevant to an asynchronous generator.

3.7

rated voltage

U_N

the line-to-line voltage at the terminals of the generator at rated frequency

NOTE Rated voltage is the voltage assigned by the manufacturer for operating and performance characteristics.

3.8

no-load voltage

U_0

the line-to-line voltage at the terminals of the generator at rated frequency and no-load

3.9

range of voltage setting

ΔU_s

the range of possible upward and downward adjustment of voltage at generator terminals (ΔU_{sup} and ΔU_{sdo} , where U_{sup} is the upper limit of voltage setting and U_{sdo} is the lower limit of voltage setting) at rated frequency, for all loads between no-load and rated output.

$$\Delta U_s = |\Delta U_{sup}| + |\Delta U_{sdo}|$$

The voltage setting range is expressed as a percentage of the rated voltage.

a) upward range, ΔU_{sup}

$$\Delta U_{sup} = \frac{U_{sup} - U_N}{U_N} \times 100 \%$$

b) downward range, ΔU_{sdo}

$$\Delta U_{sdo} = \frac{U_{sdo} - U_N}{U_N} \times 100 \%$$

3.10**steady-state voltage tolerance band** ΔU ¹⁾

the agreed voltage band about the steady-state voltage that the voltage may reach within a given voltage recovery time after a specified sudden increase or decrease of load

3.11**steady-state voltage regulation** ΔU_{st} ¹⁾

the change in steady-state voltage for all load changes between no-load and rated output, taking into account the influence of temperature but not considering the effect of quadrature current compensation voltage droop.

NOTE The initial set voltage is usually rated voltage, but may be anywhere within the range of voltage setting, ΔU_s . See 3.9.

The steady-state voltage regulation is expressed as a percentage of the rated voltage.

$$\Delta U_{st} = \frac{U_{st:\max} - U_{st:\min}}{U_N} \times 100\%$$

3.12**transient voltage regulation** δ_{dynU}

the maximum voltage change following a sudden change of load, expressed as a percentage of the rated voltage.

- a) With load increase

maximum transient voltage drop δ_{dynU}^-

the voltage drop when the generator, initially at rated voltage, is switched onto a symmetrical load which absorbs a specified current at rated voltage at a given power factor or range of power factors.

$$\delta_{dynU}^- = \frac{U_{dyn:\min} - U_N}{U_N} \times 100\%$$

- b) With load decrease

maximum transient voltage rise δ_{dynU}^+

the voltage rise when a specified load at a given power factor is suddenly switched off.

$$\delta_{dynU}^+ = \frac{U_{dyn:\max} - U_N}{U_N} \times 100\%$$

3.13**voltage recovery time** t_{rec} ¹⁾

the time interval from the time at which a load change is initiated (t_0) until the time when the voltage returns to and remains within the specified steady-state voltage tolerance band ($t_{u, in}$)

$$t_{rec} = (t_{u, in}) - (t_0)$$

1) For an explanation of these terms and examples of their use, see Annex A.

3.14**recovery voltage U_{rec} ²⁾**

the final steady-state voltage for a specified load condition

NOTE Recovery voltage is normally expressed as a percentage of the rated voltage. For loads in excess of rated, recovery voltage is limited by saturation and exciter-regulator field forcing capability.

3.15**voltage modulation** **$\hat{U}_{\text{mod}}$**

the quasi-periodic voltage variation (peak-to-valley) about a steady-state voltage having typical frequencies below the fundamental generation frequency expressed as a percentage of average peak voltage at rated frequency and uniform drive

$$\hat{U}_{\text{mod}} = 2 \times \frac{\hat{U}_{\text{mod: max}} - \hat{U}_{\text{mod: min}}}{\hat{U}_{\text{mod: max}} + \hat{U}_{\text{mod: min}}} \times 100 \%$$

3.16**voltage unbalance** **U_{ubal}**

the rms value of the unbalanced phase voltages between consecutive phases in a three-phase system that may occur.

Voltage unbalance is expressed as a percentage of the mean voltage

$$\hat{U}_{\text{ubal}} = \frac{\hat{U}_{\text{max}} - \hat{U}_{\text{mean}}}{\hat{U}_{\text{mean}}} \times 100 \%$$

3.17**voltage regulation characteristics**

curves of terminal voltage as a function of load current at a given power factor under steady-state conditions at rated speed without any manual adjustment of the voltage regulation system

3.18**relative thermal life expectancy factor** **TL**

the relative thermal life expectancy related to the thermal life expectancy in case of duty type S1 with rated output (see Annex A of IEC 60034-1)

4 Rating

The generator rating class shall be specified in accordance with IEC 60034-1. In the case of generators for RIC engine driven generating sets, continuous ratings (duty type S1) or ratings with discrete constant loads (duty type S10) are applicable.

For the purpose of this standard, the maximum continuous rating based on duty type S1 is named the base continuous rating (BR).

Additionally, for duty type S10, there is a peak continuous rating (PR), where the permissible generator temperature rises are increased by a specific amount according to the thermal classification.

NOTE In the case of duty type S10, operation at the peak continuous rating (PR) thermally ages the generator insulation systems at an increased rate. Quantity TL for the relative thermal life expectancy of the insulation system is therefore an important integral part of the rating class (see 4.2.10 of IEC 60034-1).

²⁾ For an explanation of these terms and examples of their use, see Annex A.

5 Limits of temperature and temperature rise

5.1 Base continuous rating

The generator shall be capable of delivering its base continuous rating (BR) over the whole range of operating conditions (e.g. minimum to maximum coolant temperatures) with total temperatures not exceeding the sum of 40 °C and the temperature rises specified in Table 6 of IEC 60034-1. See Note 1 below.

5.2 Peak continuous rating

At the generator peak continuous rating (PR), the total temperatures may be increased by the following allowances (see Notes 1 and 2).

Thermal classification in accordance with IEC 60085	Rating <5 MVA	Rating ≥5 MVA
A or E	15 °C	10 °C
B or F	20 °C	15 °C
H	25 °C	20 °C

For ambient temperatures below 10 °C, the limit of total temperature shall be reduced by 1 °C for each °C by which the ambient temperature is below 10 °C.

NOTE 1 The RIC engine output may vary with changes of ambient air temperature. In operation, the generator total temperature will depend upon its primary coolant temperature which is not necessarily related to the RIC engine inlet air temperature.

NOTE 2 When the generator operates at these higher temperatures, the generator insulation system will age thermally at between 2 to 6 times the rate which occurs at the generator base continuous rating temperature rise values (depending on the temperature increase and specific insulation system). For example, the thermal ageing relevant to operation for 1 h at peak continuous rating is approximately equal to that obtained with operation for 2 h to 6 h at base continuous rating. It is essential that the value of TL be determined by the manufacturer and marked on the rating plate in accordance with item b) of Clause 10.

6 Parallel operation

6.1 General

When running in parallel with other generator sets or with another source of supply, means shall be provided to ensure stable operation and correct sharing of reactive power.

This is most often effected by influencing the automatic voltage regulator by a sensing circuit with an additional reactive current component. This causes a voltage droop characteristic for reactive loads.

The grade of quadrature current compensation (QCC) voltage droop δ_{qcc} is the difference between the no-load voltage U_0 and the voltage at the rated current at the power factor zero (overexcited) U_Q when running isolated, expressed as a percentage of rated voltage U_N .

$$\delta_{qcc} = \frac{U_0 - U_Q}{U_N} \times 100 \%$$

NOTE 1 Unity power factor loads produce virtually no droop.

NOTE 2 Identical a.c. generators with identical excitation systems may operate in parallel without requiring voltage droop when their field windings are connected by equalizer links. Adequate reactive load sharing is achieved when there is correct active load sharing.

NOTE 3 When generating sets are operating in parallel with star points directly connected together, circulating currents may occur, particularly third harmonic currents. Circulating currents can increase the r.m.s. current which may reduce the thermal life expectancy of the insulation system.

6.2 Effect of electromechanical vibration and its frequency

It is the responsibility of the generating set manufacturer to ensure that the set shall operate stably in parallel with others, and the generator manufacturer shall collaborate as necessary to achieve this.

If there is a RIC engine torque irregularity at a frequency close to the electromechanical natural frequency, resonance will occur. The electrical natural frequency usually lies in the range of 1 Hz to 5 Hz, and hence resonance is most likely to arise with low speed (100 min^{-1} to 180 min^{-1}) RIC engine generator sets.

In such cases, the generating set manufacturer shall be prepared to give advice to the customer, assisted by a system analysis if necessary, and it is expected that the generator manufacturer will assist in such investigation.

7 Special load conditions

7.1 General

In addition to the conditions given in IEC 60034-1, the requirements given in 7.2 to 7.6 shall apply.

NOTE Consideration of the variation of these requirements from IEC 60034-1 will assist in the specification of special load conditions.

7.2 Unbalanced load current

Limiting values shall be in accordance with 7.2.3 of IEC 60034-1, except that generators with ratings up to 1 000 kVA, which are intended to be loaded between line and neutral, shall be capable of operating continuously with a negative phase sequence current up to and including 10 % of the rated current.

7.3 Sustained short-circuit current (see also 8.3)

Sustained short-circuit current is attained by an excitation system of a synchronous generator designed to provide a specified value of short-circuit current for a specified period of time. The value of sustained short-circuit current shall be decided by agreement between purchaser and manufacturer.

NOTE 1 Under short-circuit conditions on a synchronous generator, it may be necessary to sustain a minimum value of current (after the transient disturbance has ceased) for a sufficient time to ensure operation of the system's protective devices.

NOTE 2 Sustained short-circuit current is not necessary in cases where special relaying or other designs or means are employed to otherwise achieve selective protection, or where no selective protection is required.

7.4 Occasional excess current capability

Short-term excess current capability shall be in accordance with 9.3.2 of IEC 60034-1.

7.5 Total harmonic distortion (THD)

Limiting values of the total harmonic distortion of the line-to-line terminal voltages shall be in accordance with 9.11 of IEC 60034-1. When tested on open-circuit and at rated speed and voltage, the total harmonic distortion of the line-to-line terminal voltage shall not exceed 5 %.

7.6 Radio interference suppression

Limiting values of radio interference for continuous and clicking disturbances shall be in accordance with CISPR 11.

The grade of radio interference suppression involves the interface voltage, power and field strength. This shall be decided by agreement between purchaser and manufacturer.

8 Asynchronous generators with excitation equipment

8.1 General

Asynchronous generators need reactive power for voltage generation. When running in isolation, special equipment is necessary to provide their excitation, and this equipment also has to supply the reactive power demand of the connected load. The following terms and notes are valid for asynchronous generators which are not connected to the power grid for supplying the required reactive power but are provided with specially incorporated excitation equipment.

8.2 Rated speed and rated slip

(For definitions, see Clause 3.)

8.3 Sustained short-circuit current

(For definition, see 7.3.)

NOTE Asynchronous generators deliver an occasional sustained short-circuit current only when provided with especially equipped excitation sources.

8.4 Range of voltage setting (see also 3.9)

To provide a range of voltage adjustment for asynchronous generators special controllable excitation equipment is required.

8.5 Parallel operation (see also Clause 6)

Asynchronous generators, with special excitation equipment, running in parallel (to another such generator or to the mains), share the reactive power demand of the connected load according to the capabilities of their excitation systems.

Asynchronous generators share the active power demand of the connected load according to the speed of the RIC engine.

9 Operating limit values

Four performance classes of major significance are given in table 1 to describe the generator characteristics. (For definitions of performance class, see ISO 8528-1, Clause 7.)

The values in Table 1 apply only to the generator, exciter and regulator operating at constant (rated) speed and starting from ambient temperature. The effect of the prime mover speed regulation may cause these values to differ from the values given in the table.

Table 1 – Operating limit values

Parameter	Symbol	Unit	Reference to subclause	Load change	Power factor (overexcited)	Performance class			
						G1	G2	G3	G4
Range of voltage setting	ΔU_s	%	3.9	a)	Rated	$\geq [\pm 5]$ d)			AMP c)
Steady-state voltage tolerance band	ΔU	%	3.10	a)	Rated	± 3	± 3	± 3	AMP
Steady-state voltage regulation	ΔU_{st}	%	3.11	b)	Rated	5	2,5	1	AMP
Maximum transient voltage drop f), g), h)	δ^-_{dynU}	%	3.12	0 to 100 % e)	Rated	–30	–24	–18	AMP
Maximum transient voltage rise f), g), h)	δ^+_{dynU}	%	3.12	100 % to 0 e)	Rated	35	25	20	AMP
Maximum voltage recovery time f), g)	t_{rec}	s	3.13	0 to 100 % e) 100 % to 0	$> 0 \leq 0,4$ Rated	2,5	1,5	1,5	AMP
Maximum voltage unbalance j)	U_{ubal}	%	3.16	i)	Rated	$\leq 1,0$	$\leq 1,0$	$\leq 1,0$	AMP
a) All loads between no-load and rated output (SN). b) All load changes between no-load and rated output. c) AMP = by agreement between manufacturer and purchaser. d) Not necessary if parallel operation or fixed voltage setting is not required. e) Load current at rated voltage, constant impedance load. f) Other power factors and limit values may be by agreement. g) It should be noted that the choice of a grade of transient voltage performance better than is actually necessary can result in a much larger generator. Since there is a fairly consistent relationship between transient voltage performance and the sub-transient reactances, the system fault level will also be increased. h) Higher values may be applied to generators with rated outputs higher than 5 MVA and rotational speeds of 600 min^{-1} or less. i) At no-load. j) In case of parallel operation, these values will be reduced to 0,5.									

10 Rating plate

The generator rating plate shall comply with the requirements of IEC 60034-1 and, in addition, the rated output and power factor and class of rating shall be combined as follows.

- a) Where a continuous rating based on duty type S1 is stated, the rated output shall be followed by the marking “BR” (base continuous rating), for example:

$$S_N = 22 \text{ kVA} (\cos \phi 0,8 \text{ overexcited}) \text{ BR}$$

- b) Where a rating with discrete constant loads based on duty type S10 is stated, the base continuous rating based on duty S1 shall be marked as in a). In addition, the peak rated output shall be shown followed by the marking “PR” (peak continuous rating), the maximum

running time per year (see 13.3.2 of ISO 8528-1:2005) and the value of the quantity TL , for example:

$$S_N = 24 \text{ kVA (cos } \phi \text{ 0,8 overexcited), PR, 300 h, } TL = 0,90$$

Upon request, the generator manufacturer shall provide the set manufacturer with a capability graph or set of values showing the permissible output of the generator set over the range of coolant temperature involved.

Annex A (informative)

AC generator transient voltage characteristic following a sudden change in load

A.1 General

When a generator is subjected to a sudden load change there will be a resultant time varying change in terminal voltage. One function of the exciter-regulator system is to detect this change in terminal voltage, and to vary the field excitation as required to restore the terminal voltage. The maximum transient deviation in terminal voltage that occurs is a function of:

- a) the magnitude, power factor and rate of change of the applied load;
- b) the magnitude, power factor and current versus voltage characteristic of any initial load;
- c) the response time and voltage forcing capability of the exciter-regulator system;
- d) the RIC engine speed versus time following the sudden load change.

Transient voltage performance is therefore a system performance characteristic involving the generator, exciter, regulator and RIC engine and cannot be established on the basis of generator data alone. The scope of this annex covers only the generator and exciter-regulator system.

In selecting or applying generators, the maximum transient voltage deviation (voltage dip) following a sudden increase in load is often specified or requested. When requested by the customer, the generator manufacturer should furnish the expected transient voltage deviation, assuming either of the following criteria applies:

- the generator, exciter, and regulator are furnished as an integrated package by the a.c. generator manufacturer, or
- complete data defining the transient performance of the regulator (and exciter if applicable) is made available to the generator manufacturer.

When furnishing the expected transient voltage deviation, the following conditions shall be assumed unless otherwise specified:

- 1) constant speed (rated);
- 2) generator, exciter, regulator initially operating at no-load, rated voltage, starting from ambient temperature;
- 3) application of a constant impedance linear load as specified.

NOTE The expected transient voltage deviation refers to the average voltage change of all phases at the generator terminals, i.e. it takes no account of asymmetry which is influenced by factors outside the control of the generator manufacturer.

A.2 Voltage recorder performance

The following requirements are desirable:

- a) response time ≤ 1 ms;
- b) sensitivity ≥ 1 %/mm.

NOTE When peak-to-peak recording instruments are used, readings of the steady-state terminal voltage before and after load application should be made with an r.m.s.-indicating instrument in order to determine minimum transient voltage (see Figure A.2).

A.3 Examples

Strip charts of the output voltage as a function of time demonstrate the transient performance of the generator, exciter, regulation system to sudden changes in load. The entire voltage envelope should be recorded to determine the performance characteristics.

Strip charts representing two types of voltage recorder are illustrated in Figures A.1 and A.2. The labelled charts and sample calculations should be used as a guide to determine the generator-exciter-regulator performance when subjected to a sudden load change.

A.4 Motor starting loads

A.4.1 Test conditions

The following test conditions are recommended for demonstrating the capability of a synchronous generator, exciter and regulation system for starting a motor.

A.4.2 Load simulation

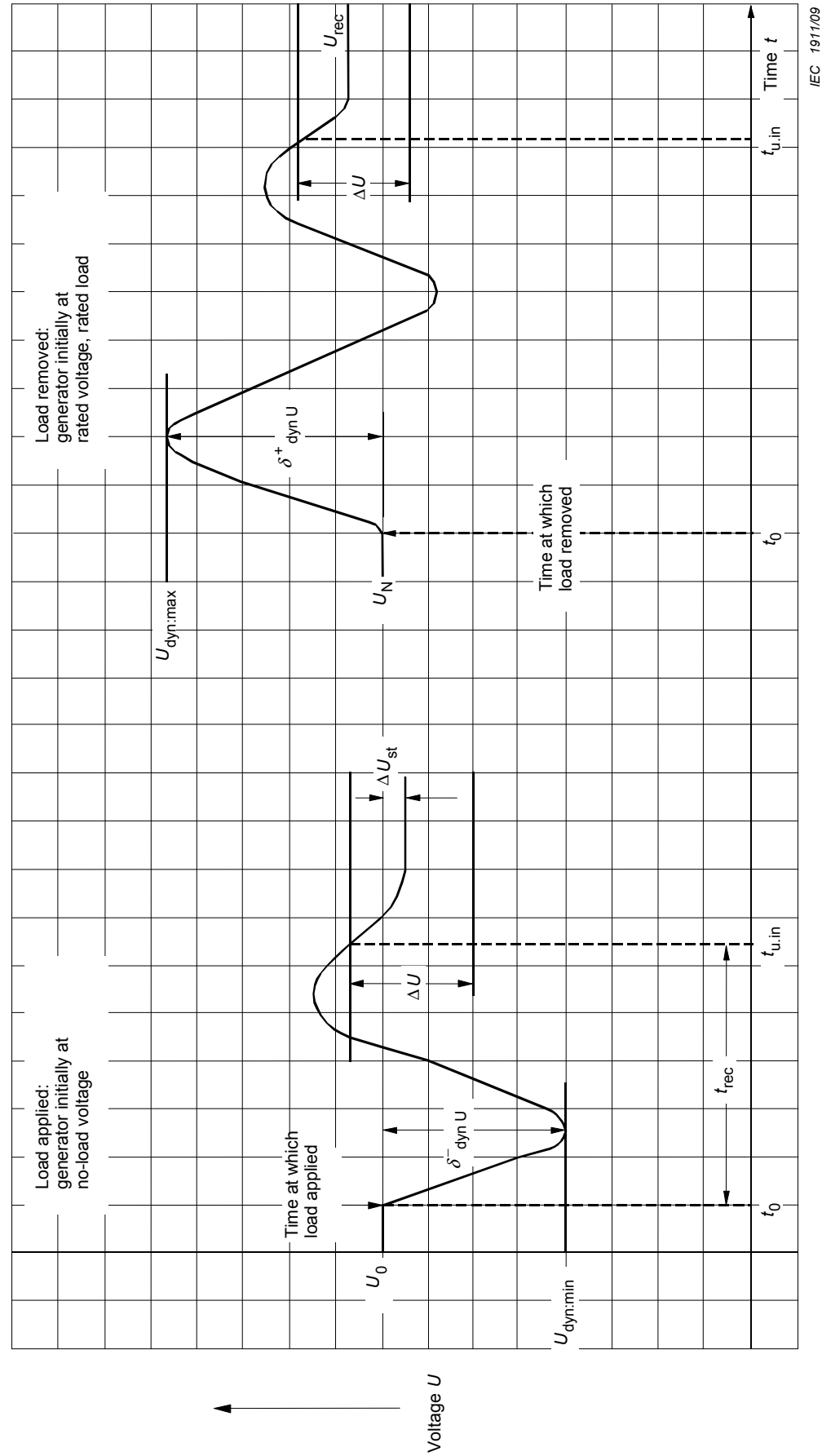
The load simulation consists of:

- a) Constant impedance (non-saturable reactive load).
- b) Power factor $\leq 0,4$ overexcited.

NOTE The current drawn by the simulated motor starting load should be corrected by the ratio U_N/U_{rec} whenever the generator terminal voltage fails to return to rated voltage. This value of current and rated terminal voltage should be used to determine the actual kVA load applied.

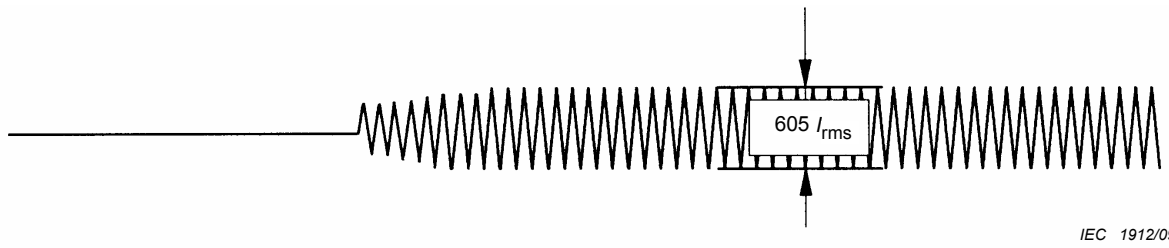
A.4.3 Temperature

The test should be conducted with the generator and excitation system initially at ambient temperature.



IEC 1911/09

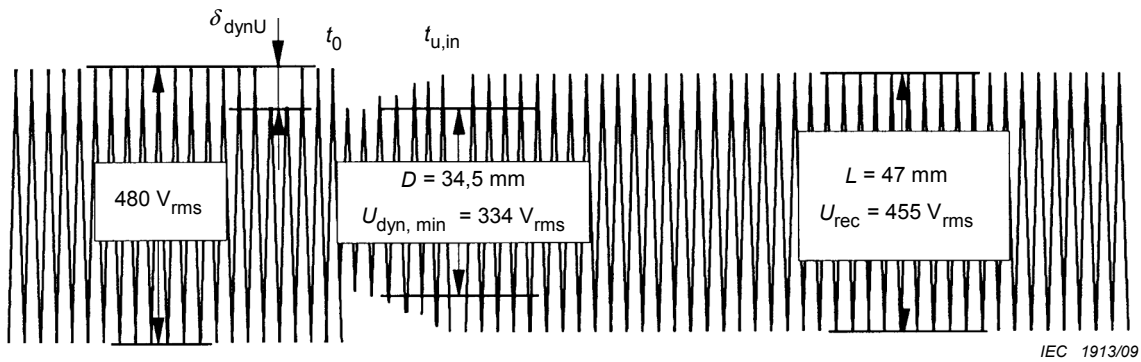
Figure A.1 – Generator transient voltage versus time for sudden load application and removal: r.m.s. voltage versus time



Oscillogram of load current

Current drawn by the load corrected to rated voltage:

$$I'_L = I_L \times \frac{U_N}{U_{rec}}$$



Oscillogram of terminal voltage

Key

δ_{dynU}^-	voltage dip
U_N	rated terminal voltage
U_0	no-load voltage (r.m.s. voltmeter reading)
L	measured peak-to-peak amplitude of recovery voltage (mm)
I'_L	current drawn by the load corrected to rated voltage
I_L	real current drawn by the load
U_{rec}	steady-state voltmeter reading of recovery voltage (r.m.s.)
D	measured peak-to-peak amplitude of minimum transient voltage (mm)
$U_{dyn,min}$	calculated minimum transient voltage
t_0	instant at which load is applied
$t_{u,in}$	instant of recovering to specified band

Example: $U_N = 480 \text{ V}$; $U_0 = 480 \text{ V}$ $U_{dyn,min} = \frac{D}{L} \times U_{rec} = \frac{34,5}{47} \times 455 = 334 \text{ V}$

$$\delta_{dynU}^- = \frac{U_{dyn,min} - U_N}{U_N} \times 100 = \frac{334 - 480}{480} \times 100 = -30,4 \%$$

**Figure A.2 – Generator transient voltage versus time for sudden load applications:
instantaneous voltage versus time**

A.5 Presentation of data

Transient voltage regulation performance curves should be plotted as 'voltage dip' (in per cent of rated voltage) versus 'kVA load' (see Figure A.3).

The performance characteristics will vary considerably for broad voltage range generators when operating over the full range of their adjustment. Therefore, the per cent voltage dip versus kVA load curve provided for broad voltage range generators should show the performance at the extreme ends of the operating range; i.e., 208-240/416-480 V. For discrete voltage generators, the per cent voltage dip versus kVA load curve should show the performance at the discrete rated voltage(s).

Unless otherwise noted, the per cent voltage dip versus kVA load curve should provide a voltage recovery to at least 90 % of rated voltage. If the recovery voltage is less than 90 % of rated voltage, a point on the voltage dip curve beyond which the voltage will not recover to 90 % of voltage should be identified or a separate voltage recovery versus kVA load curve should be provided.

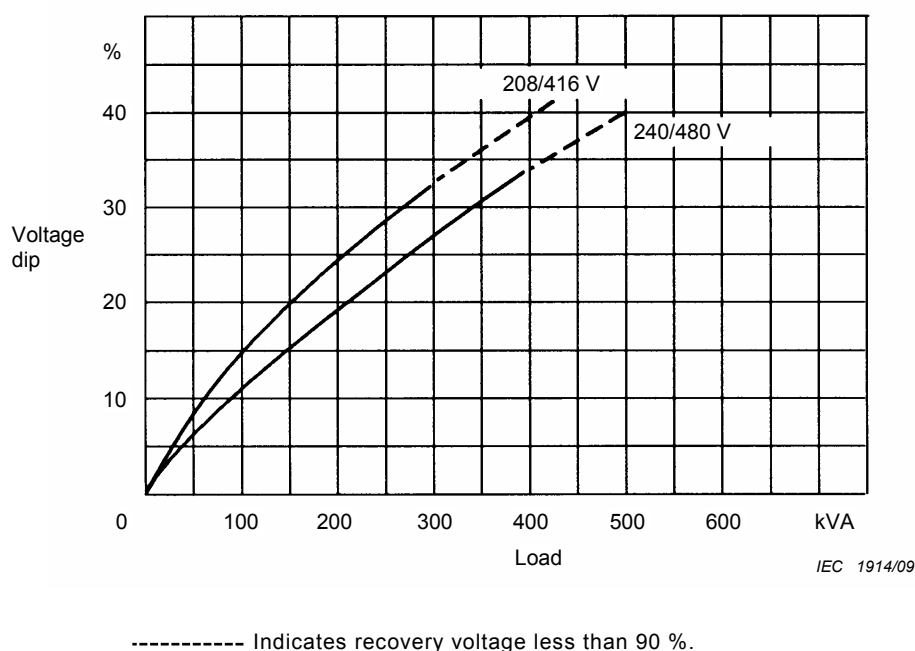


Figure A.3 – Performance curves (step loading) ($\cos \phi \leq 0,4$)

Bibliography

IEC 60027-1, *Letter symbols to be used in electrical technology – Part 1: General*

IEC 60027-4, *Letter symbols to be used in electrical technology – Part 4: Rotating electric machines*

IEC 60034-26, *Rotating electrical machines – Part 26: Effects of unbalanced voltages on the performance of the three-phase cage induction motors*

ISO 8528-1:2005, *Reciprocating internal combustion engine driven alternating current generating sets – Part 1: Application, ratings and performance*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	23
1 Domaine d'application	25
2 Références normatives	25
3 Termes et définitions	25
4 Caractéristiques assignées	29
5 Valeurs limites de température et d'échauffement	30
5.1 Caractéristiques assignées du type continu de base	30
5.2 Caractéristiques assignées du type continu de pointe	30
6 Fonctionnement en parallèle	30
6.1 Généralités	30
6.2 Effet d'une vibration électromagnétique et de sa fréquence	31
7 Conditions spéciales de charges	31
7.1 Généralités	31
7.2 Déséquilibre de courant	31
7.3 Courant de court-circuit permanent (voir également 8.3)	32
7.4 Capacité de surintensité occasionnelle	32
7.5 Distorsion harmonique totale (THD, <i>Total harmonic distortion</i>)	32
7.6 Suppression des perturbations radioélectriques	32
8 Génératrices asynchrones avec système d'excitation	32
8.1 Généralités	32
8.2 Vitesse assignée et glissement assigné	32
8.3 Courant de court-circuit permanent	32
8.4 Plage de réglage de la tension (voir également 3.9)	33
8.5 Fonctionnement en parallèle (voir également l'Article 6)	33
9 Valeurs limites de fonctionnement	33
10 Plaque signalétique	34
Annexe A (informative) Caractéristique de tension transitoire d'une génératrice à courant alternatif à la suite d'une brusque variation de charge	35
Bibliographie	40
Figure A.1 – Tension transitoire de la génératrice en fonction du temps lors d'une brusque application et d'une brusque suppression de charge: tension efficace en fonction du temps	37
Figure A.2 – Tension transitoire de la génératrice en fonction du temps lors de brusques applications de la charge: tension instantanée en fonction du temps	38
Figure A.3 – Courbes caractéristiques (charge progressive) ($\cos \phi \leq 0,4$)	39
Tableau 1 – Valeurs limites de fonctionnement	33

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MACHINES ÉLECTRIQUES TOURNANTES –

Partie 22: Génératrices à courant alternatif pour groupes électrogènes entraînés par un moteur à combustion interne

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 propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60034-22 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 1996, dont elle constitue une révision technique.

Les changements techniques techniques par rapport à l'édition précédente comprennent:

- Article 2: Les normes qui ne sont pas référencées dans le texte ont été supprimées.
- Article 3: Des modifications techniques et éditoriales ont été effectuées dans plusieurs définitions.
- Article 4: Dans la NOTE, la grandeur T_L est remplacée par TL .

- Article 7: Des modifications techniques et éditoriales ont été apportées dans plusieurs articles.
- Article 9: Le Tableau 1 a été révisé.
- Annexe A: Cette annexe a été révisée.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
2/1568/FDIS	2/1573/RVD

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.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60034, présentées sous le titre général *Machines électriques tournantes*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

NOTE Un tableau de références croisées de toutes les publications du CE 2 de la CEI est donné sur le tableau de bord du CE 2 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 maintenance 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 22: Génératrices à courant alternatif pour groupes électrogènes entraînés par un moteur à combustion interne

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60034 établit les principales caractéristiques des génératrices à courant alternatif, équipées de leurs régulateurs de tension et utilisées pour des groupes électrogènes entraînés par un moteur à combustion interne; elle complète les exigences données dans la CEI 60034-1. Elle couvre les applications terrestres et marines de telles génératrices, mais exclut les groupes électrogènes utilisés à bord des aéronefs ou pour la propulsion de véhicules terrestres et de locomotives.

NOTE 1 Pour des applications particulières (par exemple l'alimentation principale d'hôpitaux, d'immeubles de grande hauteur, etc.), des exigences supplémentaires peuvent être nécessaires. Il convient alors de prendre comme base pour ces exigences les dispositions de la présente norme.

NOTE 2 L'attention est attirée sur la nécessité de tenir compte des règles ou des exigences supplémentaires imposées par divers organismes réglementaires. De telles règles ou exigences peuvent être l'objet d'un accord entre le client et le constructeur, si les conditions d'utilisation du produit final motivent de telles exigences.

NOTE 3 Exemples d'autorités réglementaires:

- sociétés de classification, pour les groupes électrogènes utilisés à bord des navires ou sur des installations en plate-forme;
- agences gouvernementales;
- organismes de contrôle, services publics, etc.

L'Annexe A analyse le comportement des génératrices couvertes par la présente norme dans le cas de brusques modifications de la charge.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60034-1:2004, *Machines électriques tournantes – Partie 1: Caractéristiques assignées et caractéristiques de fonctionnement*

CEI 60085, *Isolation électrique – Evaluation et désignation thermique*

CISPR 11, *Appareils industriels, scientifiques et médicaux – Caractéristiques de perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent:

NOTE 1 Dans la présente norme, la lettre «N» en indice signifie «assigné», conformément à la CEI 60027-1 et à la CEI 60027-4, alors que l'ISO 8528 utilise dans le même cas la lettre «r».

NOTE 2 Les termes de tension s'appliquent à une génératrice tournant à vitesse (assignée) constante, équipée du système normal d'excitation et de commande de tension.

3.1

puissance assignée

S_N

produit de la valeur efficace de la tension assignée, de la valeur efficace du courant assigné et d'une constante m , exprimé en voltampères (VA) ou leurs multiples décimaux,

où

$m = 1$ pour le monophasé;

$m = \sqrt{2}$ pour le diphasé;

$m = \sqrt{3}$ pour le triphasé

3.2

puissance active assignée

P_N

produit de la valeur efficace de la tension assignée, de la composante active de la valeur efficace du courant assigné et d'une constante m , exprimé en watts (W) ou leurs multiples décimaux

où

$m = 1$ pour le monophasé;

$m = \sqrt{2}$ pour le diphasé;

$m = \sqrt{3}$ pour le triphasé

3.3

facteur de puissance assigné

$\cos \phi_N$

rapport de la puissance active assignée à la sortie assignée

$$\cos \phi_N = \frac{P_N}{S_N}$$

3.4

puissance réactive assignée

Q_N

différence vectorielle entre la puissance apparente assignée et la puissance active assignée, exprimée en voltampères réactifs (var) ou leurs multiples décimaux

$$Q_N = \sqrt{(S_N^2 - P_N^2)}$$

3.5

vitesse de rotation assignée

n_N

vitesse de rotation nécessaire à la production de tension à la fréquence assignée

NOTE 1 Pour un alternateur synchrone, la vitesse de rotation assignée est donnée par:

$$n_N = \frac{f_N}{p}$$

où

p est le nombre de paires de pôles;

f_N est la fréquence assignée (en fonction des exigences de la charge).

Pour une génératrice asynchrone, la vitesse de rotation assignée est donnée par:

$$n_N = \frac{f_N}{p} (1 - s_N)$$

où

p est le nombre de paires de pôles;

f_N est la fréquence assignée (en fonction des exigences de la charge);

s_N est le glissement assigné

NOTE 2 Parce que le glissement d'un générateur est toujours négatif, la vitesse assignée est toujours supérieure à la vitesse de synchronisation.

3.6

glissement assigné

s_N

différence entre vitesse synchrone et la vitesse assignée du rotor, divisée par la vitesse synchrone, lorsque le groupe électrogène fournit sa puissance active assignée

$$s_N = \frac{\frac{f_N}{p} - n_N}{\frac{f_N}{p}}$$

NOTE Le glissement assigné s_N n'est pertinent que dans le cas d'une génératrice synchrone.

3.7

tension assignée

U_N

tension entre phases aux bornes de la génératrice à la fréquence assignée

NOTE La tension assignée est la tension attribuée par le constructeur pour les caractéristiques de fonctionnement et de performance.

3.8

tension à vide

U_0

tension entre phases aux bornes de la génératrice à la fréquence assignée et à charge nulle

3.9

plage de réglage de tension

ΔU_s

plage de réglage possible supérieur et inférieur de la tension aux bornes de la génératrice (ΔU_{sup} et ΔU_{sdo} , où U_{sup} est la limite supérieure du réglage de la tension et U_{sdo} est la limite inférieure du réglage de tension) à la fréquence assignée, pour toutes charges comprises entre la charge nulle et la puissance assignée

$$\Delta U_s = |\Delta U_{sup}| + |\Delta U_{sdo}|$$

La plage de réglage de la tension est exprimée en pour-cent de la tension assignée.

a) Plage supérieure, ΔU_{sup}

$$\Delta U_{sup} = \frac{U_{sup} - U_N}{U_N} \times 100 \%$$

b) Plage inférieure, ΔU_{sdo}

$$\Delta U_{sdo} = \frac{U_{sdo} - U_N}{U_N} \times 100 \%$$

3.10

tolérance de tension en régime permanent

ΔU ¹⁾

plage de tension convenue, située autour de la tension en régime permanent, que la tension peut atteindre en un temps donné de rétablissement de la tension après un accroissement ou une diminution brusques spécifiés de la charge

3.11

écart de la tension en régime permanent

ΔU_{st} ¹⁾

modification de la tension en régime permanent pour toutes modifications de charges entre la charge nulle et la puissance assignée, en tenant compte de l'influence de la température, mais sans tenir compte du statisme de tension.

NOTE La tension initiale de réglage est généralement la tension assignée, mais ce peut être n'importe quelle tension de la plage de réglage, ΔU_s . Voir 3.9.

L'écart de tension en régime permanent est exprimé en pour-cent de la tension assignée

$$\Delta U_{st} = \frac{U_{st,max} - U_{st,min}}{U_N} \times 100 \%$$

3.12

écart de tension en régime transitoire

δ_{dynU}

modification de la tension maximale à la suite d'une brusque modification de la charge, exprimée en pour-cent de la tension assignée.

- a) Avec accroissement de la charge

chute maximale de tension transitoire δ_{dynU}^-

chute de tension lorsque la génératrice, initialement à la tension assignée, est connectée à une charge symétrique qui absorbe un courant spécifié à la tension assignée, à un facteur de puissance ou une plage de facteurs de puissance donnés

$$\delta_{dynU}^- = \frac{U_{dyn,min} - U_N}{U_N} \times 100 \%$$

- b) Avec diminution de la charge

surtension maximale transitoire δ_{dynU}^+

élévation de tension lors de la brusque déconnexion d'une charge spécifiée à un facteur de puissance donné

$$\delta_{dynU}^+ = \frac{U_{dyn,max} - U_N}{U_N} \times 100 \%$$

3.13

temps de rétablissement de la tension

t_{rec} ¹⁾

intervalle de temps entre le début d'une variation de charge (t_0) et le rétablissement de la tension et son maintien dans la plage spécifiée de tolérance de tension en régime permanent ($t_{u, in}$)

¹ Voir l'explication de ces termes et les exemples d'utilisations à l'Annexe A.

$$t_{\text{rec}} = (t_{u, \text{in}}) - (t_0)$$

3.14**tension de rétablissement** **U_{rec}** ²⁾

tension finale en régime permanent pour une condition spécifiée de charge

NOTE La tension de rétablissement est normalement exprimée en pour-cent de la tension assignée. Pour des charges supérieures à la charge assignée, la tension de rétablissement est limitée par la saturation et la capacité de surexcitation de l'excitatrice/régulateur.

3.15**modulation de tension** **$\hat{U}_{\text{mod}}$**

variation quasi-périodique de tension (crête à creux) autour de la tension en régime permanent, de fréquences typiques inférieures à la fréquence fondamentale, exprimée en pourcentage de la moyenne de tension de crête à fréquence assignée et entraînement uniforme

$$\hat{U}_{\text{mod}} = 2 \times \frac{\hat{U}_{\text{mod: max}} - \hat{U}_{\text{mod: min}}}{\hat{U}_{\text{mod: max}} + \hat{U}_{\text{mod: min}}} \times 100 \%$$

3.16**déséquilibre de tension** **U_{ubal}**

la valeur efficace des tensions de phase d'un réseau triphasé peut être inégale entre des phases consécutives et un déséquilibre de tension peut alors apparaître.

Le déséquilibre de tension est exprimé en pourcentage de la tension moyenne

$$\hat{U}_{\text{ubal}} = \frac{\hat{U}_{\text{max}} - \hat{U}_{\text{mean}}}{\hat{U}_{\text{mean}}} \times 100 \%$$

3.17**caractéristiques de régulation de tension**

courbes de tension aux bornes en fonction du courant en charge, à un facteur de puissance donné, en régime permanent, à la vitesse assignée, sans aucun réglage manuel du système de régulation de tension

3.18**facteur d'espérance de vie thermique relative** **TL**

espérance de vie thermique relative en proportion de l'espérance de vie thermique en cas de service type S1 avec puissance assignée (voir l'Annexe A de la CEI 60034-1)

4 Caractéristiques assignées

La classe de caractéristiques assignées de la génératrice doit être spécifiée conformément à la CEI 60034-1. Dans le cas de génératrices pour groupes électrogènes entraînés par un moteur à combustion interne, des caractéristiques assignées de type continu (service type S1) ou des caractéristiques assignées avec charges constantes distinctes (service type S10) sont applicables.

²⁾ Voir l'explication de ces termes et les exemples d'utilisations à l'Annexe A.

Pour les besoins de la présente norme, les caractéristiques assignées du type continu maximal basées sur le service type S1 sont appelées caractéristiques assignées du type continu de base (BR, *base continuous rating*).

De plus, pour le service type S10, il existe des caractéristiques assignées de type continu de pointe (PR, *peak continuous rating*) pour lesquelles les échauffements admissibles de la génératrice sont augmentés d'une quantité spécifique, conformément à la classification thermique.

NOTE Dans le cas d'un service type S10, le fonctionnement aux caractéristiques assignées de type continu de pointe (PR) provoque un vieillissement thermique accéléré du système d'isolation de la génératrice. La grandeur TL de l'espérance de vie thermique relative du système d'isolation constitue par conséquent une partie intégrante importante de la classe de caractéristiques assignées (voir 4.2.10 de la CEI 60034-1).

5 Valeurs limites de température et d'échauffement

5.1 Caractéristiques assignées du type continu de base

La génératrice doit être capable de fournir ses caractéristiques assignées du type continu de base (BR) sur la totalité de la plage des conditions de fonctionnement (par exemple, température minimale et maximale du fluide de refroidissement), sans que les températures totales n'excèdent la valeur obtenue en faisant la somme de 40 °C et des échauffements spécifiés dans la CEI 60034-1, Tableau 6. Voir Note 1 ci-dessous.

5.2 Caractéristiques assignées du type continu de pointe

Aux caractéristiques assignées du type continu de pointe (PR) de la génératrice, les températures totales peuvent être augmentées dans les limites admissibles suivantes, voir Tableau 1 (voir Notes 1 et 2).

Classification thermique conforme à la CEI 60085	Caractéristiques assignées <5 MVA	Caractéristiques assignées ≥5 MVA
A ou E	15 °C	10 °C
B ou F	20 °C	15 °C
H	25 °C	20 °C

Pour des températures ambiantes inférieures à 10 °C, la valeur limite de la température totale doit être réduite de 1 °C pour chaque °C au-dessous de 10 °C de température ambiante.

NOTE 1 La puissance du moteur à combustion interne peut varier en fonction de la température ambiante. En fonctionnement, la température totale de la génératrice dépendra de la température de son fluide de refroidissement primaire, qui n'est pas nécessairement fonction de la température de l'air d'admission du moteur à combustion interne.

NOTE 2 Si la génératrice fonctionne à ces températures plus élevées, son système d'isolation vieillira thermiquement de 2 à 6 fois plus vite qu'aux valeurs d'échauffement aux caractéristiques assignées de type continu de base de cette génératrice (en fonction de l'accroissement de température et du système d'isolation spécifique). Par exemple, un fonctionnement pendant 1 h aux caractéristiques assignées de type continu de pointe donne des valeurs de vieillissement thermique sensiblement égales à celles obtenues en fonctionnement aux caractéristiques assignées de type continu de base pendant 2 h à 6 h. Il est essentiel que la valeur de TL soit déterminée par le constructeur et marquée sur la plaque signalétique, conformément au point b) de l'Article 10.

6 Fonctionnement en parallèle

6.1 Généralités

Lors du fonctionnement en parallèle avec d'autres groupes électrogènes ou avec d'autres sources d'alimentation, des moyens doivent être mis en œuvre pour s'assurer d'un fonctionnement stable et d'une répartition correcte de la puissance réactive.

Ceci est le plus souvent réalisé en agissant sur le régulateur automatique de tension par un circuit de mesure avec une composante réactive de courant supplémentaire. Il en résulte un statisme de tension caractéristique des charges réactives.

Le niveau de statisme de tension δ_{qcc} , de compensation du courant réactif (QCC, *quadrature current compensation*) est la différence entre la tension à vide U_0 et la tension U_Q au courant assigné pour un facteur de puissance arrière nul (avec surexcitation), lors d'un fonctionnement en solo, exprimée en pour-cent de la tension assignée U_N .

$$\delta_{qcc} = \frac{U_0 - U_Q}{U_N} \times 100 \%$$

NOTE 1 Les charges à facteur de puissance unitaire ne produisent en principe pas de statisme.

NOTE 2 Des génératrices à courant alternatif identiques ayant des systèmes d'excitation identiques peuvent fonctionner en parallèle sans nécessiter de statisme de tension si leurs enroulements d'excitation sont reliés par des liaisons équipotentiels. Une répartition correcte de la charge réactive est réalisée lorsque la répartition de charge active est correcte.

NOTE 3 Si les groupes électrogènes fonctionnent en parallèle avec un couplage en étoile avec des points neutres directement reliés entre eux, des courants de circulation peuvent se produire, en particulier des courants harmoniques de rang 3. Des courants de circulation peuvent augmenter la valeur efficace du courant, ce qui peut réduire l'espérance de vie thermique du système d'isolation.

6.2 Effet d'une vibration électromagnétique et de sa fréquence

Il est de la responsabilité du constructeur du groupe électrogène de s'assurer que le groupe fonctionne de façon stable, en parallèle avec d'autres groupes, et le constructeur de la génératrice doit apporter la collaboration nécessaire dans ce but.

S'il existe une irrégularité du couple du moteur à explosion à une fréquence proche de la fréquence électromécanique propre, il se produira une résonance. La fréquence électrique naturelle se situe généralement dans la plage de 1 Hz à 5 Hz, et une telle résonance est plus susceptible de se produire à faible vitesse (100 min^{-1} à 180 min^{-1}) du groupe électrogène entraîné par un moteur à combustion interne.

Dans de tels cas, le constructeur du groupe électrogène doit être en mesure de conseiller le client, en analysant le système, si cela est nécessaire, avec l'aide du constructeur de la génératrice.

7 Conditions spéciales de charges

7.1 Généralités

En plus des conditions de la CEI 60034-1, les exigences données de 7.2 à 7.6 doivent être appliquées.

NOTE L'étude des divergences de ces exigences par rapport à la CEI 60034-1 facilitera la spécification des conditions spéciales de charges.

7.2 Déséquilibre de courant

Les valeurs limites doivent être conformes à 7.2.3 de la CEI 60034-1, sauf pour les génératrices de caractéristiques inférieures ou égales à 1 000 kVA, prévues pour être connectées entre phase et neutre, qui doivent être capables de fonctionner en continu avec une composante inverse du courant inférieure ou égale à 10 % du courant assigné.

7.3 Courant de court-circuit permanent (voir également 8.3)

Le courant de court-circuit permanent est obtenu par un système d'excitation du générateur synchrone conçu pour fournir une valeur spécifiée du courant de court-circuit pendant une durée spécifiée. La valeur du courant de court-circuit permanent doit être décidée par accord entre l'acheteur et le constructeur.

NOTE 1 Lorsque la génératrice est en court-circuit, il peut être nécessaire de maintenir l'intensité à une valeur minimale (après cessation des perturbations transitoires) pendant un temps suffisant pour assurer le fonctionnement des dispositifs de protection du système.

NOTE 2 Un courant de court-circuit permanent n'est pas nécessaire lorsque, par l'utilisation spéciale de relais ou par d'autres conceptions ou moyens, la protection sélective est assurée, ou lorsqu'aucune protection sélective n'est exigée.

7.4 Capacité de surintensité occasionnelle

La capacité de surintensité de courte durée doit être conforme à 9.3.2 de la CEI 60034-1.

7.5 Distorsion harmonique totale (THD, *Total harmonic distortion*)

Les valeurs limites de la distorsion harmonique totale entre bornes de phase doivent être conformes à 9.11 de la CEI 60034-1. Lorsqu'elle est soumise aux essais en circuit ouvert et à une vitesse et une tension assignées, la distorsion harmonique totale de la tension entre bornes de phase ne doit pas dépasser 5 %.

7.6 Suppression des perturbations radioélectriques

Les valeurs limites des perturbations radioélectriques en émission continue et discontinue doivent être conformes à la CISPR 11.

Le niveau de suppression des perturbations radioélectriques concerne la tension d'interface, la puissance et l'intensité de champ. Ceci doit faire l'objet d'un accord entre acheteur et constructeur.

8 Génératrices asynchrones avec système d'excitation

8.1 Généralités

Les génératrices asynchrones ont besoin de puissance réactive pour la production de tension. En fonctionnement en solo, un système spécial est nécessaire pour fournir leur excitation, et ce système doit aussi alimenter la demande en énergie réactive de la charge connectée. Les termes et notes suivants s'appliquent à des génératrices asynchrones non reliées au réseau de puissance pour fournir l'énergie réactive exigée, mais équipées d'un système d'excitation spécialement incorporé.

8.2 Vitesse assignée et glissement assigné

(Pour les définitions, voir Article 3.)

8.3 Courant de court-circuit permanent

(Pour la définition, voir également 7.3.)

NOTE Les génératrices asynchrones ne fournissent occasionnellement un courant de court-circuit permanent que si elles sont équipées d'une source d'excitation particulière.

8.4 Plage de réglage de la tension (voir également 3.9)

Des systèmes d'excitation spéciaux et réglables sont nécessaires pour assurer une plage de réglage de la tension pour les génératrices asynchrones.

8.5 Fonctionnement en parallèle (voir également l'Article 6)

Les génératrices asynchrones avec un système d'excitation spécial, fonctionnant en parallèle (avec d'autres génératrices ou avec le réseau), répartissent la demande en puissance réactive de la charge connectée en fonction des possibilités de leurs systèmes d'excitation.

Les génératrices asynchrones répartissent la demande en puissance active de la charge connectée en fonction de la vitesse du moteur à combustion interne.

9 Valeurs limites de fonctionnement

Pour décrire les caractéristiques des génératrices, quatre classes principales d'application sont données dans le Tableau 1. (Pour les définitions de la classe d'application, voir l'ISO 8528-1, Article 7.)

Les valeurs du Tableau 1 ne s'appliquent qu'à la génératrice, à l'excitatrice et au régulateur fonctionnant à vitesse (assignée) constante et démarrant à la température ambiante. L'effet de régulation de vitesse de la source d'énergie peut provoquer une divergence de ces valeurs par rapport aux valeurs données dans le tableau.

Tableau 1 – Valeurs limites de fonctionnement

Paramètre	Symbole	Unité	Référence au paragraphe	Modification de charge	Facteur de puissance (surexcitation)	Classe d'application			
						G1	G2	G3	G4
Plage de réglage de tension	ΔU_s	%	3.9	a)	Assigné	$\geq [\pm 5]^{d)}$			AMP ^{c)}
Tolérance de tension en régime permanent	ΔU	%	3.10	a)	Assigné	± 3	± 3	± 3	AMP
Ecart de tension en régime permanent	ΔU_{st}	%	3.11	b)	Assigné	5	2,5	1	AMP
Chute maximale de tension transitoire ^{f) g) h)}	δ_{dynU}^-	%	3.12	0 à 100 % ^{e)}	Assigné	–30	–24	–18	AMP
Surtension maximale transitoire ^{f) g) h)}	δ_{dynU}^+	%	3.12	100 % à 0 % ^{e)}	Assigné	35	25	20	AMP
Temps maximal de rétablissement de la tension ^{f) g)}	t_{rec}	s	3.13	0 à 100 % ^{e)} 100 % à 0	$> 0 \leq 0,4$ Assigné	2,5	1,5	1,5	AMP
Déséquilibre maximal de tension ^{j)}	U_{ubal}	%	3.16	i)	Assigné	$\leq 1,0$	$\leq 1,0$	$\leq 1,0$	AMP
a) Toutes charges entre la charge à vide et la puissance assignée (S_N). b) Toutes modifications de charge entre la charge à vide et la puissance assignée. c) AMP = par accord entre constructeur et acheteur. d) Inutile si un fonctionnement en parallèle ou un réglage donné de tension ne sont pas exigés.									

- e) Courant de charge à la tension assignée, charge à impédance constante.
- f) D'autres facteurs de puissance et valeurs limites peuvent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et l'acheteur.
- g) Il convient de remarquer que le choix d'un niveau de régulation de tension transitoire meilleur que celui effectivement nécessaire peut conduire à une génératrice plus largement dimensionnée. Comme il y a une relation assez logique entre la régulation de tension transitoire et les réactances sub-transitoires, le niveau du système de détection du défaut devra aussi être augmenté.
- h) Des valeurs plus élevées peuvent être appliquées aux génératrices de puissance assignée supérieure à 5 MVA et de vitesse de rotation inférieure ou égale à 600 tr/min.
- i) Charge à vide.
- j) En fonctionnement en parallèle, ces valeurs seront réduites à 0,5.

10 Plaque signalétique

La plaque signalétique de la génératrice doit être conforme aux exigences de la CEI 60034-1 et, de plus, la puissance assignée, le facteur de puissance et la classe de caractéristiques assignées doivent être associés comme suit.

- a) Si des caractéristiques assignées du type continu basées sur un service type S1 sont stipulées, la puissance assignée doit être suivie du marquage «BR» (caractéristiques assignées du type continu de base), par exemple:

$$S_N = 22 \text{ kVA (cos } \phi \text{ 0,8 avec surexcitation) BR}$$

- b) Si des caractéristiques assignées avec des charges distinctes constantes basées sur un service type S10 sont stipulées, les caractéristiques assignées du type continu de base, basées sur un service S1 doivent porter un marquage tel qu'en a). De plus, la puissance assignée de pointe doit figurer suivie du marquage «PR» (caractéristiques assignées du type continu de pointe), du temps maximal de fonctionnement annuel (voir 13.3.2 de l'ISO 8528-1:2005) et de la valeur de la grandeur TL , par exemple:

$$S_N = 24 \text{ kVA (cos } \phi \text{ 0,8 avec surexcitation), PR, 300 h, } TL = 0,90$$

Sur demande, le constructeur de la génératrice doit fournir au constructeur du groupe un diagramme des possibilités ou l'ensemble des valeurs indiquant la puissance admissible du groupe électrogène pour la plage de températures du fluide de refroidissement concernée.

Annexe A (informative)

Caractéristique de tension transitoire d'une génératrice à courant alternatif à la suite d'une brusque variation de charge

A.1 Généralités

Lorsqu'une génératrice est soumise à une brusque variation de charge, la tension aux bornes résultante varie avec le temps. L'une des fonctions du système d'excitation et de régulation est de détecter cette variation de tension aux bornes et de modifier l'excitation, de manière à rétablir la tension aux bornes. L'écart maximal en régime transitoire de tension aux bornes qui se produit est fonction:

- a) de l'amplitude, du facteur de puissance et de l'importance de la variation de la charge appliquée;
- b) de l'amplitude, du facteur de puissance et de la caractéristique du courant en fonction de la tension de toute charge initiale;
- c) du temps de réponse et de la capacité de surexcitation du système d'excitation et de régulation;
- d) de la vitesse du moteur à combustion interne en fonction du temps à la suite d'une brusque variation de charge.

La caractéristique de tension en régime transitoire est donc une caractéristique de performance du système comprenant la génératrice, l'excitatrice, le régulateur et le moteur à combustion interne, et ne peut être déterminée en fonction des seules caractéristiques de la génératrice. Le domaine d'application de la présente annexe ne couvre que la génératrice et le système d'excitation et de régulation.

Lors du choix ou de l'utilisation des génératrices, l'écart maximal de tension en régime transitoire (creux de tension) à la suite d'une brusque augmentation de charge, est souvent spécifié ou demandé. Sur demande du client, il convient que le constructeur de la génératrice fournisse l'écart présumé de tension transitoire à partir de l'une des deux hypothèses suivantes:

- la génératrice, l'excitatrice et le régulateur sont livrés comme un tout par le constructeur de la génératrice à courant alternatif, ou bien
- les données complètes définissant les caractéristiques en régime transitoire du régulateur (et de l'excitatrice si applicable) sont tenues à la disposition du constructeur de la génératrice.

Lorsqu'on fournit l'écart présumé de tension transitoire, les conditions suivantes doivent être admises, sauf spécification contraire:

- 1) vitesse constante (assignée);
- 2) génératrice, excitatrice, régulateur fonctionnant initialement à vide, à la tension assignée, démarrage à la température ambiante;
- 3) application d'une charge constante d'impédance linéaire, comme spécifié.

NOTE L'écart de tension présumé en régime transitoire correspond à la moyenne des variations de tension de toutes les phases aux bornes de la génératrice, c'est-à-dire que l'asymétrie résultant de facteurs extérieurs au contrôle du constructeur de la génératrice n'est pas prise en compte.

A.2 Caractéristiques du voltmètre enregistreur

Les exigences suivantes sont souhaitables:

- a) temps de réponse ≤ 1 ms;
- b) sensibilité ≥ 1 %/mm.

NOTE Si des instruments d'enregistrement crête à crête sont utilisés, il convient que les lectures de la tension aux bornes en régime permanent avant et après application de la charge soient effectuées avec un instrument indiquant les valeurs efficaces, afin de déterminer la tension transitoire minimale (voir Figure A.2).

A.3 Exemples

L'enregistrement de la tension de sortie en fonction du temps illustre les caractéristiques de fonctionnement transitoire de la génératrice, de l'excitatrice, du système de régulation, lors de brusques variations de charge. Il convient de noter l'enveloppe complète de la tension afin de déterminer les caractéristiques de fonctionnement.

Des enregistrements représentatifs de deux types d'enregistreurs de tension sont donnés par les Figures A.1 et A.2. Il convient que ces enregistrements et exemples de calculs servent de guide pour déterminer les caractéristiques de fonctionnement d'un système génératrice-excitatrice-régulateur soumis à une brusque variation de charge.

A.4 Charges de démarrage d'un moteur

A.4.1 Conditions d'essai

Les conditions d'essai suivantes sont recommandées pour décrire les caractéristiques de fonctionnement d'un alternateur synchrone, d'une excitatrice et d'un système de régulation lors du démarrage d'un moteur.

A.4.2 Simulation de charge

La simulation de charge est composée de:

- a) Impédance constante (charge réactive non saturable).
- b) Facteur de puissance $\leq 0,4$ avec surexcitation.

NOTE Il convient de corriger le courant absorbé par la charge de simulation de démarrage du moteur d'un facteur U_N/U_{rec} lorsque la tension aux bornes de la génératrice ne retombe pas à la tension assignée. Il est recommandé d'utiliser ces valeurs de courant et de tension assignées aux bornes pour déterminer la charge réelle appliquée en kVA.

A.4.3 Température

Il convient de conduire l'essai avec le système génératrice et excitation initialement à la température ambiante.

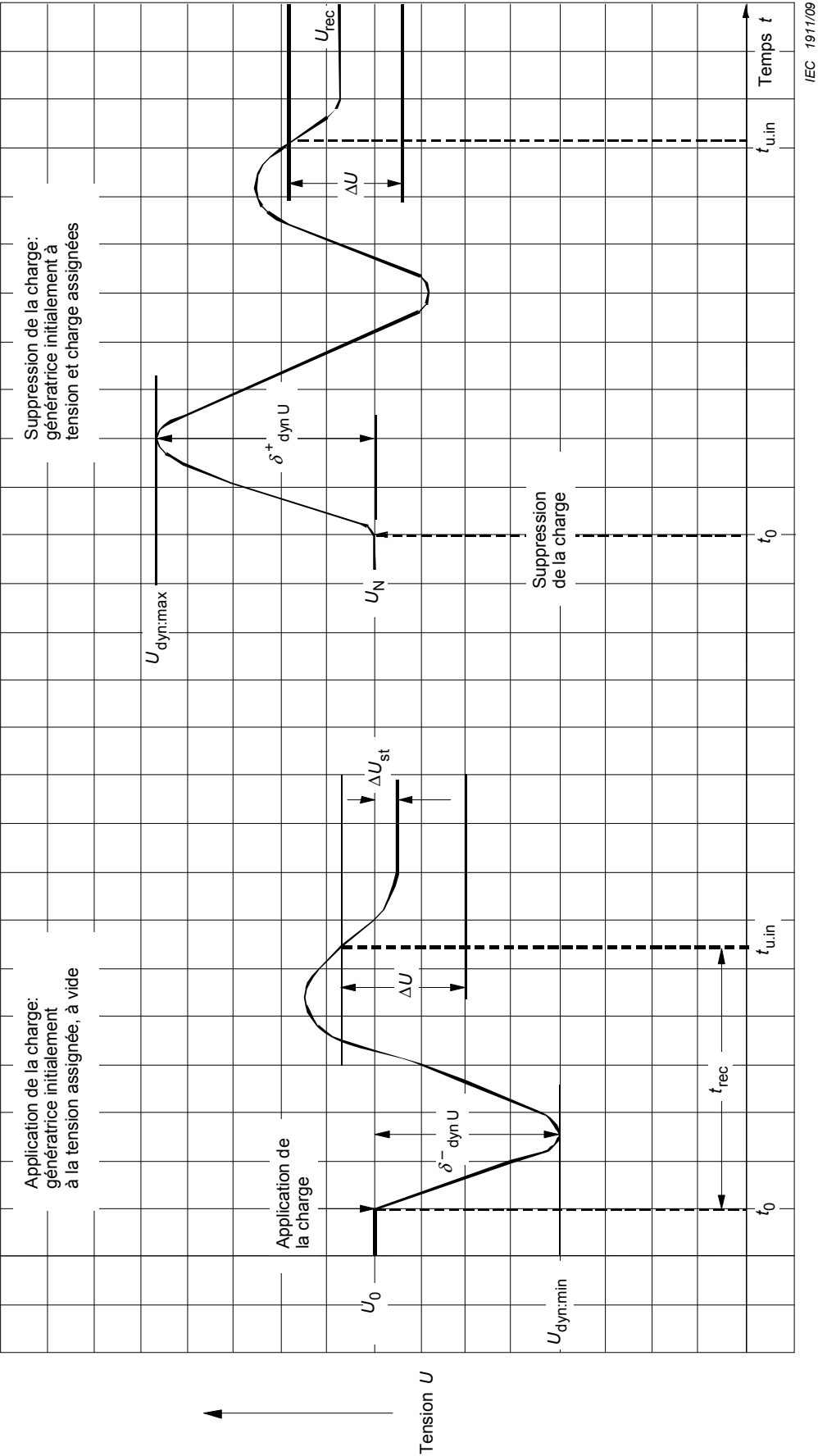
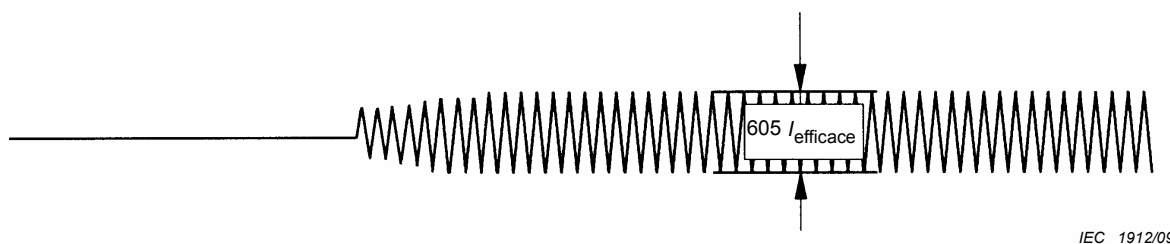


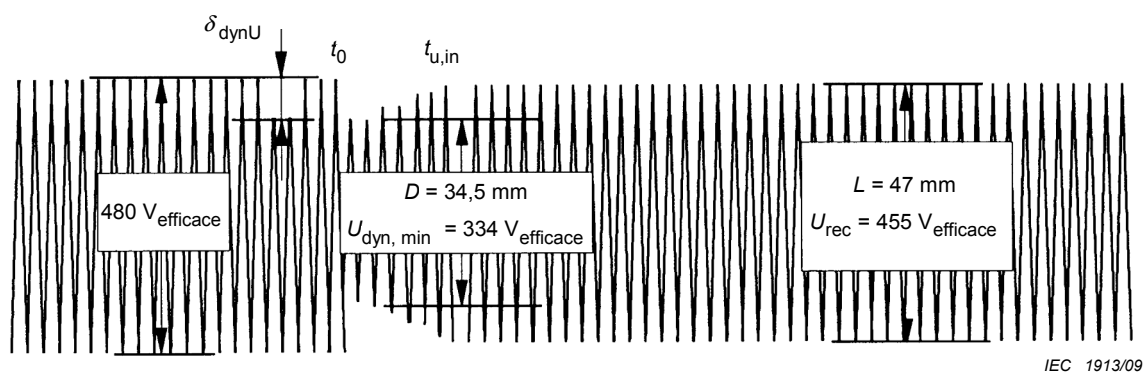
Figure A.1 – Tension transitoire de la génératrice en fonction du temps lors d'une brusque application et d'une brusque suppression de charge: tension efficace en fonction du temps



Oscillogramme du courant de charge

Intensité absorbée par la charge ramenée à la tension assignée:

$$I'_L = I_L \times \frac{U_N}{U_{rec}}$$



Oscillogramme de la tension aux bornes

Légende

δ_{dynU}^-	creux de tension
U_N	tension assignée aux bornes
U_0	tension à vide (lecture du voltmètre en valeurs efficaces)
L	amplitude de la tension de rétablissement mesurée de crête à crête (mm)
I'_L	intensité absorbée par la charge ramenée à la tension assignée
I_L	intensité réelle absorbée par la charge
U_{rec}	lecture, sur le voltmètre, de la valeur stabilisée de la tension de rétablissement (valeur efficace)
D	amplitude de la tension transitoire minimale mesurée de crête à crête (mm)
$U_{dyn,min}$	tension transitoire minimale calculée
t_0	début d'application de la charge
$t_{u,in}$	temps de rétablissement dans la bande spécifiée

Exemple: $U_N = 480 \text{ V}$; $U_0 = 480 \text{ V}$ $U_{dyn,min} = \frac{D}{L} \times U_{rec} = \frac{34,5}{47} \times 455 = 334 \text{ V}$

$$\delta_{dynU}^- = \frac{U_{dyn,min} - U_N}{U_N} \times 100 = \frac{334 - 480}{480} \times 100 = -30,4 \%$$

Figure A.2 – Tension transitoire de la génératrice en fonction du temps lors de brusques applications de la charge: tension instantanée en fonction du temps

A.5 Présentation des données

Il est recommandé de tracer les courbes des caractéristiques de fonctionnement de la régulation de tension transitoire sous forme de creux de tension (en pour-cent de la tension assignée) en fonction de la charge en kVA (voir Figure A.3).

Les caractéristiques de fonctionnement varient considérablement dans le cas de génératrices à large plage de tensions lorsqu'elles fonctionnent sur toute la plage de leur réglage. En conséquence, il convient que la courbe des creux de tension exprimés en pourcentage en fonction de la charge en kVA fournie par des génératrices à large plage de tensions montre les caractéristiques de fonctionnement aux extrémités de la plage de fonctionnement; c'est-à-dire 208-240/416-480 V. Pour les génératrices à tension distinctes, il convient que la courbe du creux de tension exprimée en pourcentage en fonction de la charge en kVA montre les caractéristiques de fonctionnement aux tensions assignées distinctes.

Sauf indication contraire, il convient que la courbe de creux de tension exprimée en pour-cent en fonction de la charge en kVA donne un rétablissement de la tension au moins égale à 90 % de la tension assignée. Si la tension de rétablissement est inférieure à 90 % de la tension assignée, il convient d'identifier sur la courbe de creux de tension un point au-delà duquel la tension ne revient pas jusqu'à 90 %, ou bien il convient de fournir une courbe séparée donnant la tension de rétablissement en fonction de la charge en kVA.

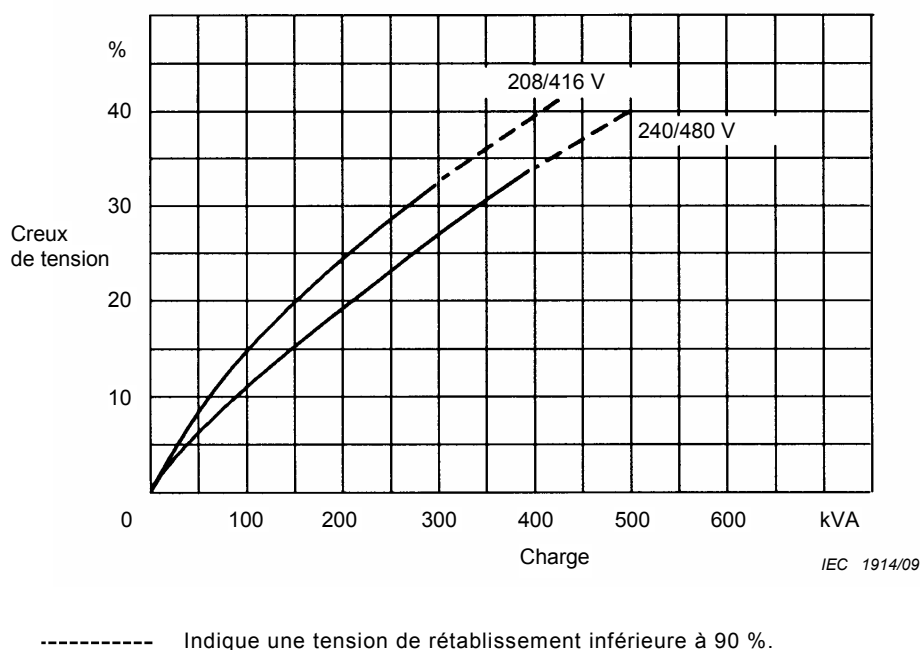


Figure A.3 – Courbes caractéristiques (charge progressive) ($\cos \phi \leq 0,4$)

Bibliographie

CEI 60027-1, *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique – Partie 1: Généralités*

CEI 60027-4, *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique – Partie 4: Machines électriques tournantes*

CEI 60034-26, *Machines électriques tournantes – Partie 26: Effets d'un système de tensions déséquilibrées sur les caractéristiques de fonctionnement des moteurs à cage asynchrones triphasés*

ISO 8528-1:2005, *Groupes électrogènes à courant alternatif entraînés par moteurs alternatifs à combustion interne – Partie 1: Application, caractéristiques et performances*

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