

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Railway applications – Rolling stock – Pantographs – Characteristics and tests –
Part 1: Pantographs for main line vehicles**

**Applications ferroviaires – Matériel roulant – Pantographes – Caractéristiques et
essais –**

Partie 1: Pantographes pour véhicules grandes lignes

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60494-1:2013



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2013 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

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

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...).

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

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.

Liens utiles:

Recherche de publications CEI - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...).

Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Railway applications – Rolling stock – Pantographs – Characteristics and tests –
Part 1: Pantographs for main line vehicles**

**Applications ferroviaires – Matériel roulant – Pantographes – Caractéristiques et
essais –
Partie 1: Pantographes pour véhicules grandes lignes**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

U

ICS 45.060

ISBN 978-2-8322-1091-8

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions, symbols and abbreviations	8
3.1 General.....	8
3.2 Design.....	8
3.3 General characteristics.....	10
3.4 Symbols and abbreviations.....	10
4 Technical requirements	11
4.1 General.....	11
4.2 Gauge	11
4.3 Extension of the pantograph.....	11
4.4 Electrical values	11
4.5 Force requirements	11
4.6 Transverse rigidity.....	11
4.7 Collector head	12
4.7.1 Length	12
4.7.2 Width.....	12
4.7.3 Head profiles	12
4.7.4 Contact strips	12
4.8 Operating system	12
4.9 Automatic dropping device (ADD).....	12
4.10 Pantograph mass and force on the roof	13
4.11 Protection against corrosion.....	13
5 Marking	13
6 Tests	13
6.1 Categories of tests	13
6.1.1 Overview	13
6.1.2 Type tests	13
6.1.3 Routine tests	14
6.1.4 Investigation tests	14
6.1.5 Combined tests	14
6.2 General tests.....	14
6.2.1 Visual inspection (routine test).....	14
6.2.2 Weighing (type test)	14
6.2.3 Dimensions.....	14
6.2.4 Identification (routine test).....	15
6.2.5 Functional check of ADD (type test).....	15
6.2.6 Functional check of ADD (routine test).....	15
6.3 Operating tests.....	15
6.3.1 Measurement of static contact force at ambient temperature (routine test).....	15
6.3.2 Checking of the operating system of the pantograph (routine test).....	16
6.3.3 Operating climatic tests (type test)	16
6.3.4 Measurement of mean static contact force at ambient temperature (investigation test)	16

6.4	Endurance tests	16
6.4.1	Raising/lowering operations (type test)	16
6.4.2	Collector head suspension (type test)	17
6.4.3	Resistance to vibrations	17
6.5	Resistance to shocks (supplementary type test)	18
6.6	Transverse rigidity test (type test)	19
6.7	Air tightness tests	19
6.7.1	General	19
6.7.2	Air tightness tests on pantograph mounted pneumatic equipment (routine test)	19
6.7.3	Air tightness climatic test (type test)	20
6.8	Measurement of degrees of freedom of collector head (routine test)	20
6.9	Measurement of housing force (type test)	20
6.10	Total mean uplift force (combined test)	20
6.11	Current collection tests (combined test)	21
6.12	Current heating tests	21
6.12.1	Heating tests: rated and maximum current, vehicle at standstill (supplementary type test)	21
6.12.2	Heating test: simulation of running vehicle (supplementary type test)	21
6.12.3	Field test (combined test)	21
6.13	Check of operating system at maximum speed (combined test)	22
7	Inspection plan	22
8	Reliability	22
8.1	General	22
8.2	Specification	22
8.3	In-service reliability demonstration	23
9	Maintenance	23
9.1	Structure	23
9.2	Collector head structure	23
9.3	Maintainability	23
Annex A (normative)	Static contact force tolerances	24
Annex B (normative)	List of tests	25
Annex C (informative)	Items to be specified in customer specification	27
Annex D (informative)	Static contact force tolerances in Japan	28
Bibliography	.....	29
Figure 1 – Pantograph terminology	.....	9
Figure 2 – Test principle	.....	19
Figure A.1 – Static contact force tolerances (grey area)	.....	24
Table 1 – Design definitions	.....	8
Table B.1 – Catalogue of tests	.....	25
Table D.1 – Static contact force tolerances in Japan	.....	28

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS –
ROLLING STOCK – PANTOGRAPHS –
CHARACTERISTICS AND TESTS –****Part 1: Pantographs for main line vehicles****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 60494-1 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

This standard is based on EN 50206-1.

This second edition cancels and replaces the first edition issued in 2002 and constitutes a technical revision.

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

- simplification and standardization of the tolerances for static contact force (Annexes A and B);
- definition of a new investigation test "Measurement of mean static contact force at ambient temperature" (6.3.4);
- deletion of combined test "Total contact force" (6.11);

- definition of a new combined test "Check of operating system at maximum speed" (6.13);
- adjustment of terms (static contact force instead of static force);
- deletion of Clause 10;
- new Annex D " Static contact force tolerances in Japan ".

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

FDIS	Report on voting
9/1821/FDIS	9/1845/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 in the IEC 60494 series, published under the general title *Railway applications – Rolling stock – Pantographs – Characteristics and tests*, can be found 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60494-1:2013

INTRODUCTION

The electrical power supply of a tractive unit is achieved by the collection of current from one or more contact wires by means of one or more pantograph(s), installed on the traction unit or on the trainset's vehicle.

The contact strips of the pantograph which slide along the contact wire facilitate the transmission of power.

The pantograph and the overhead contact line system form two oscillating sub-systems which can be displaced. There exists a unilateral sliding linkage between them, which shall ensure continuous contact. Their design shall allow for minimum wear of both sub-systems when used.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60494-1:2013

RAILWAY APPLICATIONS – ROLLING STOCK – PANTOGRAPHS – CHARACTERISTICS AND TESTS –

Part 1: Pantographs for main line vehicles

1 Scope

This part of IEC 60494 specifies the general assembly characteristics which are to be applied to pantographs, to enable current collection from the overhead contact line system. It also specifies the tests the pantographs have to perform, excluding insulators.

This Standard is not applicable to pantograph dielectric tests, which are to be performed on the pantograph installed on the vehicle roof. If no other requirement is agreed between customer and supplier, insulation coordination according to IEC 62497-1 may be used.

This Standard is not applicable to pantographs used on isolated metros and light rail systems. These pantographs are considered in IEC 60494-2.

2 Normative references

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

IEC 60077 (all parts), *Railway applications – Electric equipment for rolling stock*

IEC 60850, *Railway applications – Supply voltages of traction systems*

IEC 60913:2013, *Railway applications – Fixed installations – Electric traction overhead contact lines*

IEC 61373, *Railway applications – Rolling stock equipment – Shock and vibration tests*

IEC 62278 (all parts), *Railway applications – Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)*

IEC 62486, *Railway applications – Current collection systems – Technical criteria for the interaction between pantograph and overhead line (to achieve free access)*

IEC 62498-1, *Railway applications – Environmental conditions for equipment – Part 1: Equipment on board rolling stock*

IEC 62499, *Railway applications – Current collection systems – Pantographs, testing methods for carbon contact strips*

EN 50317, *Railway applications – Current collection systems – Requirements for and validation of measurements of the dynamic interaction between pantograph and overhead contact line*¹

3 Terms and definitions, symbols and abbreviations

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

3.1 General

3.1.1

supplier

manufacturer of the pantograph

3.1.2

customer

either operating authority or vehicle manufacturer

3.1.3

pantograph (see Figure 1)

apparatus for collecting current from one or more contact wires, formed of a hinged device designed to allow vertical movement of the pantograph head

[IEC 60050-811:1991, 811-32-02]

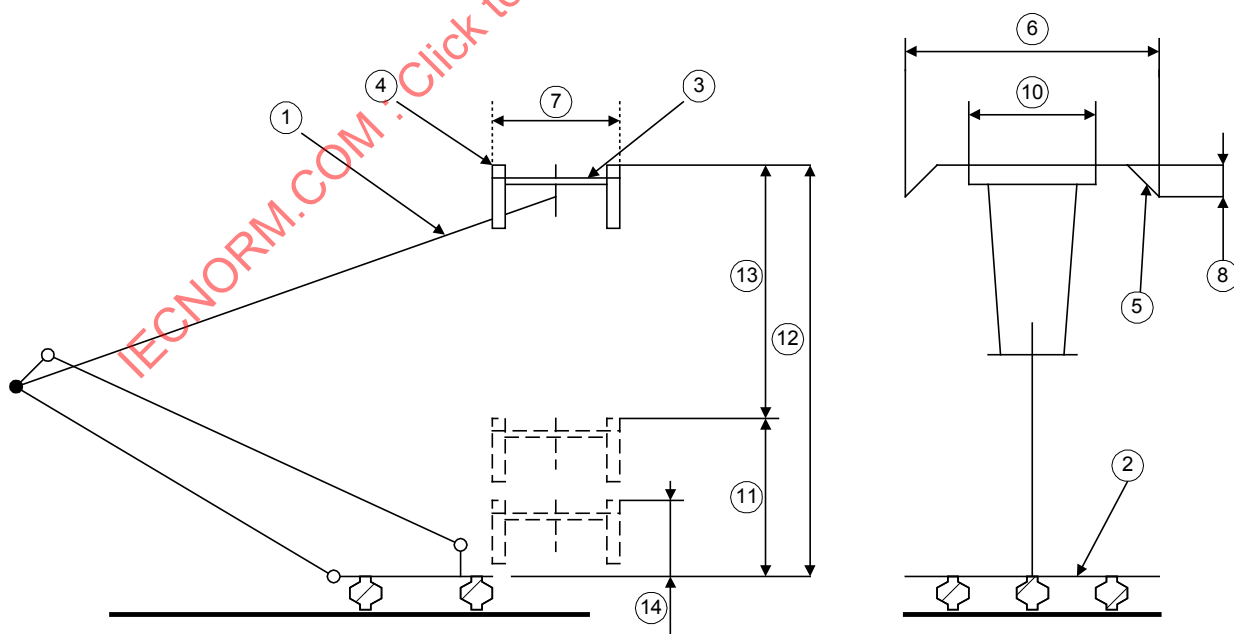
3.2 Design

Table 1 – Design definitions

Def. No.	Term	Item No.	Definition
3.2.1	frame	1	articulated structure which enables the collector head to move in a vertical direction with respect to the base frame of the pantograph
3.2.2	base frame	2	fixed part of the pantograph which supports the frame and is mounted on insulators fixed to the vehicle roof
3.2.3	collector head	3	part of the pantograph supported by the frame which includes contact strips, horns and may include a suspension
3.2.4	contact strip	4	replaceable wearing part of the collector head which interfaces with the overhead contact line system
3.2.5	horns	5	ends of the collector head which ensure smooth engagement with the contact wire
3.2.6	collector head length	6	dimension of collector head measured transversely in the horizontal plane in relation to the vehicle
3.2.7	collector head width	7	maximum distance measured along the axis of the track between the outer edges of the contact strips
3.2.8	collector head height	8	vertical distance between the lowest point of the horns and the uppermost point of the contact strips
3.2.9	collector head pivot	9	pitching axis of the collector head
3.2.10	length of contact strips	10	total length of wearable material intended for normal interaction measured transversely in relation to the vehicle

¹ EN 50317 is under consideration at the IEC and will be published as IEC 62846.

Def. No.	Term	Item No.	Definition
3.2.11	height at "lower operating position"	11	vertical distance between the pantograph mounting plane on the top of insulators and the upper surface of contact strips, the pantograph being raised to the lowest level at which it is designed to collect current
3.2.12	height at "upper operating position"	12	vertical distance between the pantograph mounting plane on the top of insulators and the upper surface of the contact strips, the pantograph being raised to the highest level at which it is designed to collect current
3.2.13	working range	13	difference between the "upper operating position" height and the "lower operating position" height
3.2.14	housed height	14	vertical distance between the pantograph mounting plane on the top of insulators and the upper surface of the contact strips or any other part of the pantograph structure if higher (pantograph being in the housed position)
3.2.15	pantograph "electrical thickness"	15	vertical distance between the highest live part and the lowest live part of the pantograph at housed position
3.2.16	operating system	16	device which provides a force to raise or to lower the pantograph
3.2.17	maximum extension	17	maximum extended height to mechanical stops (vertical distance between the pantograph mounting plane on the top of insulators and the upper surface of contact strips, without any device which will limit the pantograph extension within the working range)
3.2.18	limited maximum extension	18	reduced extension allowed by intermediate mechanical stops (vertical distance between the pantograph mounting plane on the top of insulators and the upper surface of contact strips)
3.2.19	Automatic dropping device	19	Device that lowers the pantograph in the event of pantograph head failure or damage of the pantograph head.
NOTE The definitions are related to Figure 1, except items 9, 15, 16, 17, 18, and 19.			



IEC 2234/13

NOTE The sketch in Figure 1 is an example only and does not exclude other types of pantographs (diamond type, for example).

Figure 1 – Pantograph terminology

3.3 General characteristics

3.3.1

rated voltage

voltage at which the pantograph is designed to function

3.3.2

rated current, vehicle at standstill

average value of that current withstood for 30 min by the pantograph at standstill

3.3.3

maximum current, vehicle at standstill

maximum value of that current withstood by the pantograph at standstill for a given time

3.3.4

rated current, vehicle running

continuous current transfer capacity of the pantograph

3.3.5

static contact force

vertical force exerted upward by the collector head on the overhead contact line system at standstill

3.3.6

nominal static contact force

specified set point for the static contact force

3.3.7

mean static contact force

average of the actual values of static contact forces

Note 1 to entry: evaluated as follows: the static contact forces are measured continually within the working range during raising (F_r) and lowering (F_l) operation. By convention, the mean static contact force at any point is equal to $\frac{F_r + F_l}{2}$.

3.3.8

target static contact force

upward force measured at the standard working height of the pantograph when the pantograph is raised at 0,05 m/s under the same conditions as in actual use

3.3.9

total mean uplift force

vertical force measured at the collector head, the latter not touching the contact wire

Note 1 to entry: It is equal to the sum of static contact force and the aerodynamic force caused by the air at the considered speed for a given collector height, the results being referred to zero ambient wind conditions.

3.3.10

total contact force

total force between collector head and contact wire while running

3.3.11

housing force

force applied vertically to the collector head to maintain the whole pantograph in housed position

3.4 Symbols and abbreviations

AC Alternating current

ADD	Automatic dropping device
DC	Direct current
F_0	Natural transverse frequency
F_r	Force during raising the pantograph
F_l	Force during lowering the pantograph
MDBF	Mean distance between failure
Γ	Acceleration at collector head pivot

4 Technical requirements

4.1 General

All general characteristics are given in the customer specifications. Unless otherwise specified, environmental conditions are defined in IEC 62498-1. The category of environment has to be specified by the customer.

4.2 Gauge

The pantograph, at housed position and operating position, shall comply with the gauge specified in the customer specifications or shall be in accordance with IEC 62486.

4.3 Extension of the pantograph

The customer specifications shall state the values in relationship with items 10 to 13 in Table 1. In the absence of specifications in the tender documents, when the pantograph is raising or lowering, the collector head trajectory over the working range shall be within a range of ± 50 mm in the longitudinal direction, and ± 10 mm in the lateral direction in relation to the vertical line.

4.4 Electrical values

The supply voltages of traction systems are specified in IEC 60850.

The customer specifications shall also state the duration and values of the exceptional voltages for operating pantographs and housed pantographs.

Values defined in 3.3.2 to 3.3.4 shall be given in the customer specifications.

4.5 Force requirements

Unless larger tolerances are agreed between user and supplier, static contact forces measured during raising and lowering shall lie within the boundaries defined in Annex A.

Operating requirements for static contact force, total mean uplift force and total contact force shall follow the requirements in IEC 62486 if not specified in the customer specifications.

4.6 Transverse rigidity

When a transverse force is exerted on the part of the frame which supports the collector head at the upper operating position, the deflection shall not exceed the value defined in 6.6 and no permanent deformation shall occur.

4.7 Collector head

4.7.1 Length

If not specified in the customer specification, lengths defined in IEC 62486 shall be used.

4.7.2 Width

The collector head width shall be defined according to the type of suspension, the number of wear strips and the system characteristics of the overhead contact line system.

4.7.3 Head profiles

If not specified in the customer specification, the collector head outline profiles and maximum allowable tilt defined in IEC 62486 shall be used.

4.7.4 Contact strips

When not specified in IEC 62486 wear strip material, maximum current at standstill and under running conditions shall be specified in the customer specifications. If applicable, testing methods according to IEC 62499 are recommended.

4.8 Operating system

The installation and the definition of the operating system shall be provided by the supplier.

If not specified by the customer, the operating system shall be designed to ensure, at standstill and up to the maximum speed of the traction unit, a break from the contact wire, within 3 s, over the minimum insulation distance.

The housing force shall prevent the pantograph from raising from the housed position at all speeds up to maximum speed of the vehicle.

The housing force may be agreed between the customer and the supplier. Alternatively, provision may be made for the fitting of a holding down device.

4.9 Automatic dropping device (ADD)

The automatic dropping device has to be mounted only when the customer so requires. Impact or damage occurring to contact strips liable to cause subsequent damage to overhead contact line system shall be detected by ADD. Impacts or damages to other parts of the collector head like horns can be included in the ADD, if specified by the customer.

When designing, the following characteristics shall be taken into account:

- ADD reaction time;
- ADD failure to safe condition;
- ADD self-test in workshop;
- ADD reliability;
- pantograph integrity after work of ADD.

The ADD system shall be designed to ensure that minor damage to the contact strips as may be experienced in daily service shall not cause operation of ADD system.

The ADD shall not cause additional damage to the pantograph.

4.10 Pantograph mass and force on the roof

The supplier shall specify the mass of the pantograph with or without insulators and the maximum force at every fixing point. In addition the supplier shall specify all relevant parameters to enable the calculation of the maximum efforts at every fixing point.

4.11 Protection against corrosion

The specifications regarding the application requirements and type of corrosion protection shall be given in the customer specifications.

5 Marking

As a minimum the following shall be labelled on the pantograph:

- manufacturer's name;
- pantograph serial number;
- type of pantograph;
- month and year of production.

6 Tests

6.1 Categories of tests

6.1.1 Overview

There are four categories of tests:

- type tests;
- routine tests;
- investigation tests;
- combined tests.

The above tests are described in 6.1.2 to 6.1.5.

Annex B summarises the tests which shall be performed.

6.1.2 Type tests

This International Standard distinguishes the basic model of a pantograph from the derived model of the same pantograph. The derived model can incorporate modifications to the basic design which shall be considered to be covered by the existing relevant type tests. This is provided that any such changes can be demonstrated to be at least equal to the basic design through calculation or operational experience of at least two years on operational lines, and with technical requirements at least equal to those for which the basic model was designed.

Type tests shall be performed on a single piece of apparatus of a given design.

Equipment in current manufacture shall be considered to have satisfied the type tests and shall be exempted from them, if the manufacturer provides signed reports of type tests already made on identical apparatus constructed previously.

Supplementary type tests shall be required if they are requested in the customer specification and after agreement with the supplier.

6.1.3 Routine tests

Routine tests shall be carried out to verify that the properties of a product correspond to those measured during the type test. Routine tests shall be performed by the supplier on each equipment. For certain apparatus, after agreement between customer and supplier, routine tests may be replaced by sampling tests (tests performed on a number of apparatus taken at random from a batch).

6.1.4 Investigation tests

Investigation tests are special tests, which are supplementary, and performed on a single item in order to obtain additional information. They are required only if they are specified in the customer specifications.

The acceptance of the apparatus shall not rely on the results of those investigation tests.

6.1.5 Combined tests

Combined tests are special and supplementary tests which can only be carried out in an operating environment. They shall take into account the type of vehicle to be used, its speed and direction of travel. They shall be carried out using the track and/or overhead contact line system defined in the customer specifications.

These tests apply to both basic and derived pantograph models.

6.2 General tests

6.2.1 Visual inspection (routine test)

The pantograph shall be completely assembled.

Test acceptance criteria:

The pantograph shall include all electrical and mechanical components, shall be free from physical defects and surface treatments shall have been carried out (see 4.11).

6.2.2 Weighing (type test)

The pantograph shall be completely assembled.

Test acceptance criteria:

The mass of the pantograph shall comply with the contractual mass as specified in 4.10.

6.2.3 Dimensions

The dimensions of pantograph (including tolerances), as specified on the drawings, shall be verified with appropriate measurement devices.

As a minimum, the following measurements shall be carried out:

- collector head length (routine test);
- collector head height (routine test);
- collector head width (type test);
- head profile (type test);
- length of contact strips (type test);

- housed height (routine test);
- maximum extension (routine test);
- limited maximum extension (routine test);
- electrical thickness (routine test);
- distance between mounting points (routine test).

Test acceptance criteria:

The dimensions shall be within the tolerances specified on the drawings.

6.2.4 Identification (routine test)

Test acceptance criteria:

The marking shall comply with the requirements described in Clause 5.

6.2.5 Functional check of ADD (type test)

The test shall be performed for two extensions of the pantograph:

- upper operating position;
- 20 % of the working range above housed position.

After the pantograph is raised to the considered extension, the ADD shall be released by simulating damage. The simulation shall be carried out with the same physical signal as in real operation. The reaction time shall be measured from generating the signal to 20 cm below the considered extension.

Test acceptance criteria:

The reaction time shall be less or equal to 1 s. There shall be no damage on the pantograph structure.

6.2.6 Functional check of ADD (routine test)

The pantograph shall be raised to the extensions described in 6.2.5 and then the ADD shall be released by simulating a damage.

Test acceptance criteria:

The ADD shall operate.

6.3 Operating tests

6.3.1 Measurement of static contact force at ambient temperature (routine test)

If a damper is fitted, this shall be disconnected.

The static contact force shall be measured between upper and lower operating position directly under the collector head suspension during a continuous cycle of raising and lowering, at a speed of $0,05 \text{ m/s} \pm 10 \%$.

The measuring device, which shall include load measuring, signal processing and data logging shall have a system accuracy better than 3 %.

Test acceptance criteria:

The measured forces shall comply with 4.5.

6.3.2 Checking of the operating system of the pantograph (routine test)

The pantograph shall be coupled to the whole operating system. The test shall be carried out at ambient temperature and at rated air supply pressure or rated voltage in the case of electrical operating system.

Test acceptance criteria:

A smooth, steady rise to maximum working height shall be attained free from shocks liable to cause damage.

The rise from housed height to maximum working height shall be achieved in a time not exceeding 10 s from the moment the pantograph starts to rise.

The lowering movement from any height in the working range shall operate with a rapid commencement.

The lowering action shall be free from shocks liable to cause damage.

The lowering of the pantograph from maximum working height shall be achieved in a time not exceeding 10 s from the moment the pantograph starts to lower.

6.3.3 Operating climatic tests (type test)

The tests as described in 6.3.2 shall be carried out at the extremes of temperature and humidity specified in the customer specifications. If the values are not specified, the tests shall be carried out at $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, ambient humidity.

The above tests, at the extremes of temperature shall also be carried out at the minimum and maximum values of air pressure or voltage specified in the customer specifications.

Test acceptance criteria:

During and after the tests, the pantograph shall operate satisfactorily in accordance with the acceptance criteria given in 6.3.2.

6.3.4 Measurement of mean static contact force at ambient temperature (investigation test)

If a damper is fitted, the test described in 6.3.1 shall be repeated with the damper in place.

6.4 Endurance tests

6.4.1 Raising/lowering operations (type test)

6.4.1.1 Operation between housed position and upper operating position

The pantograph fitted with a collector head which has the largest mass designed for that pantograph, shall be submitted to 10 000 raising and lowering consecutive operations from housed position up to upper operating position. For the first 500 and last 500 operations, the pantograph shall raise to the maximum extension while the operating system energy (air or electricity) supply is at the minimum value indicated in IEC 60077 series. If the customer specification requires a different number of operations, then the test and the acceptance requirement shall be the subject of agreement between customer and supplier.

NOTE The number of 10 000 was derived from assumptions about average figures of life time, days of operation per year and number of raising and lowering operations per day.

Test acceptance criteria:

After the test, all parameters shall be adjusted to the nominal values.

There shall be no abnormal wear. The pantograph shall meet the requirements of 6.3.1 and 6.3.2.

There shall be no distortions or fractures.

6.4.1.2 Operation within working range

The pantograph with a collector head in the same conditions as described in 6.4.1.1 shall be submitted to 75 000 raising and lowering consecutive operations within the working range at a speed of 0,1 m/s (if damper is fitted this shall be disconnected).

NOTE The number of 75 000 was derived from assumptions about "up and down movement" along the contact wire during the life time of the pantograph.

Test acceptance criteria:

After the test, all parameters shall be adjusted to the nominal values.

There shall be no abnormal wear. The pantograph shall meet the requirements of 6.3.1 and 6.3.2.

There shall be no distortions or fractures.

6.4.2 Collector head suspension (type test)

The collector head suspension shall be subjected to $1,2 \times 10^6$ consecutive cycles throughout its design operating range. This test shall be carried out at a minimum frequency of 0,5 Hz.

NOTE The number of 0,5 Hz was derived from assumptions about the speed of the pantograph and the span of the contact line.

Test acceptance criteria:

There shall be no abnormal wear: the pantograph shall meet the requirements of 6.3.1 and 6.3.2.

There shall be no distortions or fractures.

6.4.3 Resistance to vibrations**6.4.3.1 General**

The pantograph and any attached component (electrical and/or pneumatic) shall be capable of withstanding the vibration and shock given by the test requirements of IEC 61373.

6.4.3.2 Measurement of natural transverse frequency of the pantograph (F_0)

The natural transverse frequency (F_0) shall be measured. With the pantograph extended to 75 % of its upper operating position, it shall be brought into natural oscillation by releasing it from the position it has when a transverse force of 300 N is applied on the collector head pivot.

6.4.3.3 Transverse vibration tests (type test)

The pantograph fitted with a collector head which has the largest mass designed for that pantograph shall be installed with its insulators on a vibrating table producing sinusoidal

vibrations the amplitude and the frequency of which shall be adjustable in the transverse direction. While this test is carried out, the frequency of the table shall be 10 % lower than transverse natural frequency of oscillation.

The amplitude of oscillation of the table shall be adjusted to make the acceleration (Γ) at the collector head pivot 7 m/s^2 , for an extension equal to 75 % of the upper operating position.

(This value derives from the formula

$$\Gamma = 0,7 \cdot g \cdot F_0^2 / (F_0^2 - 1)$$

where

F_0 is the transverse natural frequency of oscillation in hertz and $F_0 > 3 \text{ Hz}$).

NOTE This formula is under investigation.

Test acceptance criteria:

After 10^7 cycles, there shall be no deterioration which prevents the pantograph meeting the requirements of 6.3.1 and 6.3.2.

6.4.3.4 Vertical vibration tests (investigation test)

The pantograph fitted with its normal operating device and with the collector head corresponding to the overhead contact line system it will be used on, shall be installed under a system producing sinusoidal vibration in the vertical direction. This system shall have a rigidity at least 10 times higher than the total rigidity of the collector head suspension. The static contact force exerted by the pantograph on the system and its extension shall be agreed with the customer.

The maximum increase of frequency shall be 0,02 Hz/s from 0,5 Hz to 10 Hz and 0,1 Hz/s from 10 Hz to 50 Hz. The amplitude of the sinusoidal vibration shall be agreed between supplier and customer or shall be close to the value where contact force is lost.

The test shall be carried out first with the system in the middle of the contact strips and then at the extremity of the stagger.

Contact force variations as a function of frequency and amplitude of the system shall be recorded.

6.5 Resistance to shocks (supplementary type test)

Unless otherwise agreed between customer and supplier, the following test shall be carried out.

The pantograph shall be raised at the nominal static contact force and tethered between collector head pivot and base frame at 75 % of its upper operating position. A 300 N force shall be applied longitudinally on the collector head pivot, and then abruptly disconnected (see Figure 2). This test shall be carried out 3 times in both longitudinal directions.

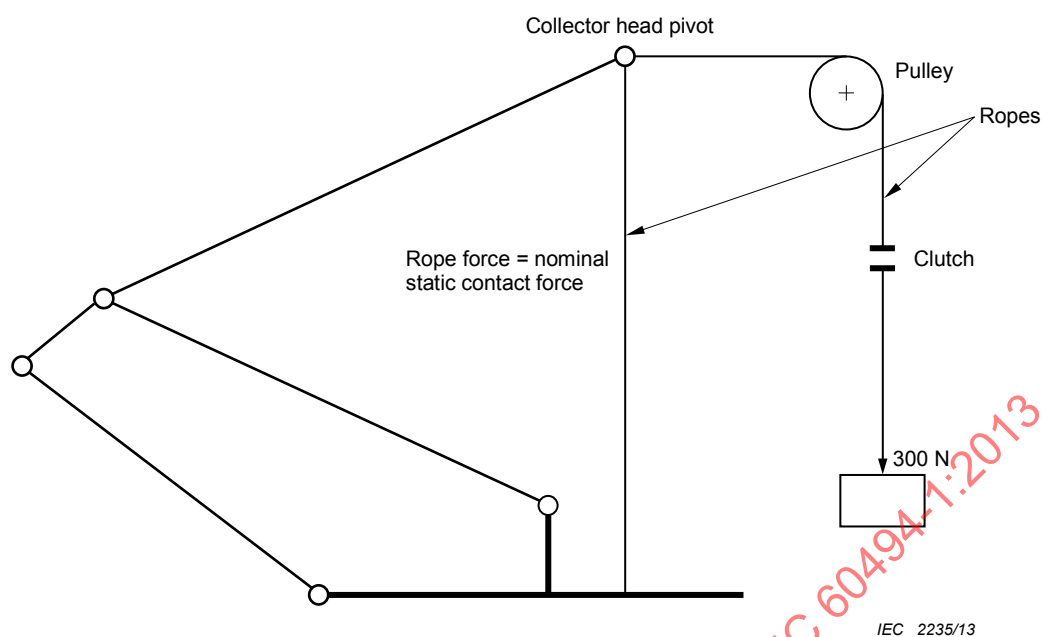


Figure 2 – Test principle

Test acceptance criteria:

There shall be no deterioration of the pantograph.

6.6 Transverse rigidity test (type test)

The pantograph shall be extended to its upper operating position.

Test acceptance criteria:

When a force of 300 N is applied successively on each side of the part of the frame which supports the collector head, then the displacement shall be less or equal to 30 mm on each side.

After each application force, there shall be no permanent deformation.

6.7 Air tightness tests

6.7.1 General

The following applies if the operating system is of the pneumatic type.

6.7.2 Air tightness tests on pantograph mounted pneumatic equipment (routine test)

The test, which shall be carried out at ambient temperature, checks the sealing of the pantograph mounted pneumatic equipment (except regulators).

It shall be connected to a tank whose volume is the same as the pantograph mounted pneumatic equipment. The whole assembly shall then be filled at the nominal operating pressure.

Test acceptance criteria:

The pressure in the tank shall not decrease by more than 5 % of the initial pressure after 10 min.

6.7.3 Air tightness climatic test (type test)

A tank, as described in 6.7.2, shall be used in this test. The test shall be carried out at the maximum and minimum temperatures specified in the customer specifications. If temperatures are not specified, the test shall be carried out at $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ and at $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Test acceptance criteria:

The pressure in the tank shall not decrease by more than 5 % of the initial pressure after 10 min.

6.8 Measurement of degrees of freedom of collector head (routine test)

The collector head degrees of freedom shall be agreed between the customer and the supplier. Strokes and rotations shall be measured in the working range.

Test acceptance criteria:

The amplitude of the degrees of freedom shall comply with the agreed values. No mechanical interference shall be evident.

6.9 Measurement of housing force (type test)

The housing force of a pantograph without a locking system is measured by slowly lifting the collector head pivot. The value shall be measured by means of an instrument fixed to the collector head pivot on which an upward vertical force is exerted.

Test acceptance criteria:

The force measured shall meet the requirements of 4.8.

6.10 Total mean uplift force (combined test)

The pantograph shall be restrained with collector head in the horizontal position, and not in contact with the overhead contact line system.

The value of total mean uplift force is the sum of the forces measured on each contact strip (or group of contact strips).

The height of collector head shall be representative of nominal and minimal height of operated line. If no track with nominal height is available the test shall be done with the pantograph restrained at a distance agreed between customer and supplier.

Values shall not be validated under bad weather conditions: strong rain, wind speed above 8 m/s.

Test acceptance criteria:

The total mean uplift force shall be in accordance with 4.5 at the specified range of operating heights for a given maximum speed and in both directions of travel.

6.11 Current collection tests (combined test)

The dynamic interaction between the pantograph and the overhead contact line system shall be evaluated with a measurement system according to EN 50317 for a given speed and in both directions of movement under a representative section of the overhead contact line system.

Test acceptance criteria:

The limits given in IEC 62486 or in the customer specification shall not be exceeded.

6.12 Current heating tests

6.12.1 Heating tests: rated and maximum current, vehicle at standstill (supplementary type test)

The pantograph shall be connected in an electric circuit whose supply shall provide for 30 min, a current equal to the rated current at standstill and then immediately after, for 30 s with a current equal to the maximum current, vehicle at standstill.

The test shall be carried out with a conductor whose cross section shall be 90 % of the cross-section of the nominal contact wire. The strips shall be in the "as new" condition but shall be dressed to simulate initial wear. The force between the contact strips and the conductor shall be the nominal static contact force.

During the test the temperature of the contact wire shall be measured as close as possible to the point of contact.

Test acceptance criteria:

The temperature of the contact wire shall not exceed that defined in the customer specification.

6.12.2 Heating test: simulation of running vehicle (supplementary type test)

The purpose is to establish whether the pantograph structure is capable of carrying the rated current vehicle running without damage.

The pantograph without the contact strips shall be connected in a circuit whose supply shall provide for 1 h, 50 % of rated current which shall be collected when running, and then immediately after for 5 min, with a current equal to the rated current vehicle running.

For this test the supply shall be connected to the total number of shunts connecting the contact strips to the collector head/frame.

During the test, temperature and current against time shall be recorded in critical sections.

Test acceptance criteria:

There shall be no signs of deformation or abnormal heating on any part of the pantograph.

There shall be no damage due to the passage of current to bearings, pivots and shunts.

6.12.3 Field test (combined test)

The purpose is to establish that the collector head will carry the rated current, with the vehicle under running conditions, without damage.

The test shall be carried out with the pantograph installed on the roof of a locomotive hauling a train on a line and with an electrical load given in the customer specifications.

During this test, temperature and current against time shall be recorded on the contact strips and in critical sections of the collector head. It is permitted to evaluate only maximum temperatures by attaching thermo labels.

Test acceptance criteria:

There shall be no sign of over-heating on any part of the collector head.

6.13 Check of operating system at maximum speed (combined test)

The pantograph shall be lowered at maximum speed. The time from the command issue to the moment when the contact strip passes the minimum insulation distance from the contact wire will be measured.

The test has to be done in both moving directions. As reference for the minimum insulation distance the following could be used:

- IEC 60913, Table 2 – Electrical clearances, column “Static”;
- specification of the customer.

Acceptance criteria:

If not specified by the customer specification, the time shall be 3 s or lower.

7 Inspection plan

The inspection plan should be in accordance with ISO 9001.

8 Reliability

8.1 General

Reliability specification shall be agreed between manufacturer and customer or according to IEC 62278 series.

8.2 Specification

The reliability specification shall include definitions and categories of failure, and the expected conditions of operation and expected operating life. For a pantograph the failure categories are typically:

- A category: failure of the pantograph which results in damage to the overhead contact line system;
- B category: failure which causes inoperability of the pantograph;
- C category: other failure which does not prevent the vehicle from completing its journey.

Reliability shall be expressed as mean distance between failures (MDBF), separately for categories A, B and C.

8.3 In-service reliability demonstration

Demonstration of the achievement of the reliability of a pantograph in service shall be monitored by the customer in accordance with IEC 62278 series.

9 Maintenance

9.1 Structure

The design life of the pantograph structure (frame, base frame) and operating system shall be 12×10^6 km or 30 years, whichever is sooner, unless other values are agreed between customer and supplier.

The structure and operating system may include consumables which have a lower design life. If not otherwise specified in the customer specification, the design life of these consumable parts shall as a minimum be 2×10^6 km or 5 years, whichever is sooner.

9.2 Collector head structure

This structure includes collector head, collector head pivot and connecting shunts. Design life shall be defined in the customer specifications.

9.3 Maintainability

All bearings shall be easily replaceable and their surfaces shall not form part of a main component.

The collector head shall be easily removable from the pantograph frame.

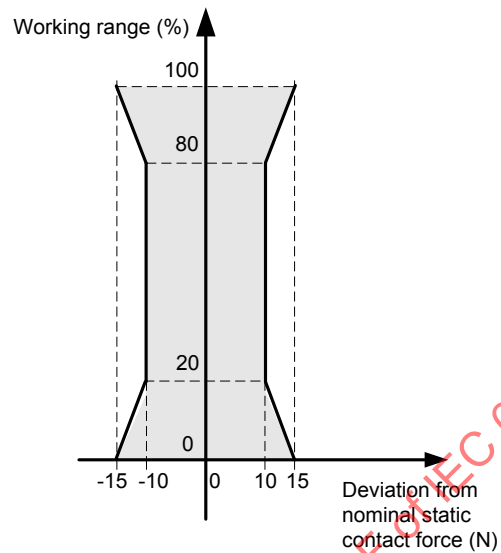
The contact strips shall be easily removable from the collector head.

Maintenance documentation shall be defined in customer specifications.

Design life and maintainability shall be demonstrated through calculation or operational experience of at least five years.

Annex A (normative)

Static contact force tolerances



IEC 2236/13

Figure A.1 – Static contact force tolerances (grey area)

Refer to Table 1 and Figure 1 in 3.2 for the definition of working range and to 3.3.6 for the definition of nominal static contact force.

Annex B (normative)

List of tests

Table B.1 – Catalogue of tests

Test description	Routine test	Type test		Investigation test	Combined test
		Mandatory	Supplementary		
General tests (6.2)					
– visual inspection	X	X			
– weighing	.....	X			
– collector head length	X	X			
– collector head height	X	X			
– collector head width	.....	X			
– head profile	.....	X			
– length of contact strips	.....	X			
– housed height	X	X			
– maximum extension	X	X			
– limited maximum extension	X	X			
– electrical thickness	X	X			
– distance between mounting points	X	X			
– identification	X	X			
– functional check of automatic dropping device	X	X			
Operating tests (6.3)					
– static contact force	X	X			
– checking operating system	X	X			
– operating climatic test	.....	X			
– mean static force with damper	.....	.....	.....	X	
Endurance tests (6.4)					
– raising/lowering operations	.....	X			
– collector head suspension	.....	X			
– transverse vibrations	.....	X			
– vertical vibrations	.....	.....	.....	X	
Resistance to shocks (6.5)	.....	.....	X		
Transverse rigidity test (6.6)	.....	X			
Air tightness tests (6.7)					
– pantograph mounted pneumatic equipment	X	X			
– tightness climatic test	.....	X			
Measurements (6.8 to 6.10, 6.13)					
– degrees of freedom of collector head	X	X			
– housing force	.....	X			
– total mean uplift force	.....	.....	.....	.....	X
– operating system at maximum speed	.....	.....	.....	.....	X
Current collection (6.11)	.....	.....	.....	.....	X
Current heating tests (6.12)					

Test description	Routine test	Type test		Investigation test	Combined test
		Mandatory	Supplementary		
– at standstill			X		
– simulation of running vehicle			X		
– field tests					X

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60494-1:2013

Annex C (informative)

Items to be specified in customer specification

	Clause/Subclause
• Characteristics of the railway equipment and infrastructure	3.3
• Category of environment	3.3
• Rated voltage	3.3.1
• Rated current, vehicle at standstill.....	3.3.2
• Maximum current, vehicle at standstill	3.3.3
• Rated current, vehicle running.....	3.3.4
• Nominal static contact force	3.3.6
• Total mean uplift force.....	3.3.9
• Total contact force.....	3.3.10
• Extension of the pantograph.....	4.3
• Collector head length	4.7.1
• Collector head profiles.....	4.7.3
• Contact strips	4.7.4
• Automatic dropping device (ADD).....	4.9
• Protection against corrosion	4.11
• Supplementary type tests	6.1.2
• Investigation tests	6.1.4
• Combined tests	6.1.5
• Test condition for operating climatic tests.....	6.3.3
• Test condition for vertical vibrations tests.....	6.4.3.4
• Test condition for tightness climatic test.....	6.7.3
• Test condition for field tests.....	6.12.3
• Reference for minimum insulation distance.....	6.13
• Inspections.....	7
• Reliability.....	8
• Maintenance documentation and design life for collector head structure.....	9

Annex D
(informative)

Static contact force tolerances in Japan

Table D.1 – Static contact force tolerances in Japan

Item		For conventional line cars N	For conventional line electric locomotives		For Shinkansen cars N
			DC and DC-AC N	AC N	
Target static contact force		59	54	44	54
Contact force throughout entire acting range	Ascent	49 minimum	44 minimum	34 minimum	45 minimum
	Descent	83 maximum	78 maximum	69 maximum	78 maximum
Difference in contact force between ascent and descent at standard acting height		Within 15	Within 15	Within 15	Within 25
Difference in contact force between ascent and descent over entire acting height		Within 20	Within 20	Within 20	Within 29
NOTE 1 These figures represent those of pantographs without dampers for conventional line cars and electric locomotives and with dampers for Shinkansen cars.					
NOTE 2 AC = alternating current, DC = direct current, DC-AC = DC and AC dual system.					

Bibliography

IEC 60494-2, *Rolling stock – Pantographs – Characteristics and tests – Part 2: Pantographs for metros and light rail vehicles*

IEC 62497-1, *Railway applications – Insulation coordination – Part 1: Basic requirements – Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment*

ISO 9001:2008, *Quality management systems – Requirements*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60494-1:2013

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	32
INTRODUCTION.....	34
1 Domaine d'application	35
2 Références normatives	35
3 Termes et définitions, symboles et abréviations.....	36
3.1 Généralités.....	36
3.2 Conception	36
3.3 Caractéristiques générales	38
3.4 Symboles et abréviations	39
4 Exigences techniques.....	39
4.1 Généralités.....	39
4.2 Gabarit.....	39
4.3 Développement du pantographe	39
4.4 Valeurs électriques.....	40
4.5 Exigences relatives aux forces	40
4.6 Rigidité mécanique transversale	40
4.7 Tête de captage	40
4.7.1 Longueur	40
4.7.2 Largeur.....	40
4.7.3 Profils de la tête	40
4.7.4 Bandes de frottement	40
4.8 Mécanisme de commande	40
4.9 Dispositif d'abaissement automatique (ADD)	41
4.10 Masse du pantographe et force sur la toiture.....	41
4.11 Protection contre la corrosion.....	41
5 Marquage	41
6 Essais	42
6.1 Catégories d'essais	42
6.1.1 Vue d'ensemble.....	42
6.1.2 Essais de type	42
6.1.3 Essais de série	42
6.1.4 Essais d'investigation	42
6.1.5 Essais combinés.....	43
6.2 Essais généraux.....	43
6.2.1 Examen visuel (essai de série)	43
6.2.2 Masse (essai de type).....	43
6.2.3 Dimensions.....	43
6.2.4 Identification (essai de série).....	43
6.2.5 Contrôle fonctionnel du dispositif d'abaissement automatique (essai de type)	44
6.2.6 Contrôle fonctionnel du dispositif d'abaissement automatique (essai de série).....	44
6.3 Essais en fonctionnement.....	44
6.3.1 Mesure de la force de contact statique à température ambiante (essai de série).....	44
6.3.2 Contrôle du mécanisme de commande du pantographe (essai de série).....	44

6.3.3	Essais climatiques en fonctionnement (essai de type)	45
6.3.4	Mesure de la force de contact statique moyenne à température ambiante (essai d'investigation)	45
6.4	Essais d'endurance	45
6.4.1	Montée/descente (essai de type)	45
6.4.2	Suspension de la tête de captage (essai de type)	46
6.4.3	Résistance aux vibrations	46
6.5	Résistance aux chocs (essai de type facultatif)	47
6.6	Essai de rigidité transversale (essai de type)	48
6.7	Essais d'étanchéité à l'air	48
6.7.1	Généralités	48
6.7.2	Essais d'étanchéité à l'air de l'équipement pneumatique monté sur le pantographe (essai de série)	48
6.7.3	Essai climatique d'étanchéité (essai de type)	49
6.8	Mesure des degrés de liberté de la tête de captage (essai de série)	49
6.9	Mesure de la force de maintien en position repos (essai de type)	49
6.10	Force de planage totale moyenne (essai combiné)	49
6.11	Essais de captage du courant (essai combiné)	50
6.12	Essais d'échauffement électrique	50
6.12.1	Essais d'échauffement: courant assigné et courant maximal du véhicule à l'arrêt (essai de type facultatif)	50
6.12.2	Essai d'échauffement: simulation du véhicule en circulation (essai de type facultatif)	50
6.12.3	Essais en ligne (essai combiné)	51
6.13	Contrôle du mécanisme de commande à vitesse maximale (essai combiné)	51
7	Plan d'inspection	51
8	Fiabilité	51
8.1	Généralités	51
8.2	Spécification	51
8.3	Démonstration de la fiabilité en service	52
9	Maintenance	52
9.1	Structure	52
9.2	Structure de la tête de captage	52
9.3	Maintenabilité	52
Annexe A (normative)	Tolérances de force de contact statique	53
Annexe B (normative)	Liste des essais	54
Annexe C (informative)	Articles à indiquer dans les spécifications du client	56
Annexe D (informative)	Tolérances de force de contact statique au Japon	57
Bibliographie		58
Figure 1	Terminologie des pantographes	38
Figure 2	Principe de l'essai	48
Figure A.1	Tolérances de force de contact statique (zone grisée)	53
Tableau 1	Définitions liées à la conception	36
Tableau B.1	Catalogue des essais	54
Tableau D.1	Tolérances de force de contact statique au Japon	57

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – MATÉRIEL ROULANT – PANTOGRAPHES – CARACTÉRISTIQUES ET ESSAIS –

Partie 1: Pantographes pour véhicules grandes lignes

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 60494-1 a été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

Cette norme est basée sur l'EN 50206-1.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2002, dont elle constitue une révision technique.

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

- simplification et normalisation des tolérances de force de contact statique (Annexes A et B);

- définition d'un nouvel essai d'investigation "Mesure de la force de contact statique moyenne à température ambiante" (6.3.4);
- suppression de l'essai combiné "force totale de contact " (6.11);
- définition d'un nouvel essai combiné "Contrôle du mécanisme de commande à vitesse maximale" (6.13);
- rectification de termes (force de contact statique au lieu de force statique);
- suppression de l'Article 10;
- nouvelle Annexe D " Tolérances de force de contact statique au Japon ".

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/1821/FDIS	9/1845/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 60494, publiées sous le titre général *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Pantographes – Caractéristiques et essais*, peut être consultée 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.

INTRODUCTION

L'alimentation électrique d'un engin de traction s'effectue par le captage du courant sur un ou plusieurs fils de contact au moyen d'un ou plusieurs pantographes, installés sur l'engin de traction ou sur un véhicule du train.

Les bandes de frottement du pantographe, glissant sur le fil de contact, permettent la transmission de l'énergie.

Le pantographe et le matériel de ligne aérienne de contact forment deux sous-systèmes oscillants qui peuvent se déplacer l'un par rapport à l'autre. Il existe, entre eux, une liaison glissante unilatérale, qui doit assurer un contact continu. Leur conception doit minimiser l'usure des 2 sous-systèmes.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60494-1:2013

APPLICATIONS FERROVIAIRES – MATÉRIEL ROULANT – PANTOGRAPHES – CARACTÉRISTIQUES ET ESSAIS –

Partie 1: Pantographes pour véhicules grandes lignes

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60494 définit les caractéristiques générales de montage qui sont à appliquer aux pantographes, afin de permettre le captage du courant sur la ligne aérienne de contact. Elle définit aussi les essais de bon fonctionnement de ceux-ci, à l'exclusion de ceux des isolateurs.

La présente Norme ne s'applique pas aux essais de tenue en tension du pantographe, qui sont à effectuer lorsque celui-ci est monté sur le toit du véhicule. Si aucune autre exigence n'est convenue entre le client et le fournisseur, une coordination de l'isolement conformément à la CEI 62497-1 peut être utilisée.

La présente Norme ne s'applique pas aux pantographes utilisés sur des réseaux isolés de chemins de fer métropolitains ou de véhicules légers. Ces pantographes sont traités dans la CEI 60494-2.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 60077 (toutes les parties), *Applications ferroviaires – Equipements électriques du matériel roulant*

CEI 60850, *Applications ferroviaires – Tensions d'alimentation des réseaux de traction*

CEI 60913:2013, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Lignes aériennes de contact pour la traction électrique*

CEI 61373, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Essais de chocs et vibrations*

CEI 62278 (toutes les parties), *Applications ferroviaires – Spécification et démonstration de la fiabilité, de la disponibilité, de la maintenabilité et de la sécurité (FDMS)*

CEI 62486, *Applications ferroviaires – Systèmes de captage de courant – Critères techniques d'interaction entre le pantographe et la ligne aérienne de contact (réalisation du libre accès)*

CEI 62498-1, *Applications ferroviaires – Conditions d'environnement pour le matériel – Partie 1: Equipement embarqué du matériel roulant*

CEI 62499, *Applications ferroviaires – Systèmes de captage de courant – Méthodes d'essais des bandes de frottement en carbone des pantographes*

EN 50317, *Applications ferroviaires – Systèmes de captage de courant – Prescriptions et validation des mesures de l'interaction dynamique entre le pantographe et la caténaire*¹

3 Termes et définitions, symboles et abréviations

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

3.1 Généralités

3.1.1

fournisseur

constructeur du pantographe

3.1.2

client

exploitant ou constructeur du véhicule

3.1.3

pantographe (voir Figure 1)

appareil de prise de courant sur le ou les fils de contact, constitué par un système articulé prévu pour permettre une translation verticale de la semelle de pantographe

[CEI 60050-811:1991, 811-32-02]

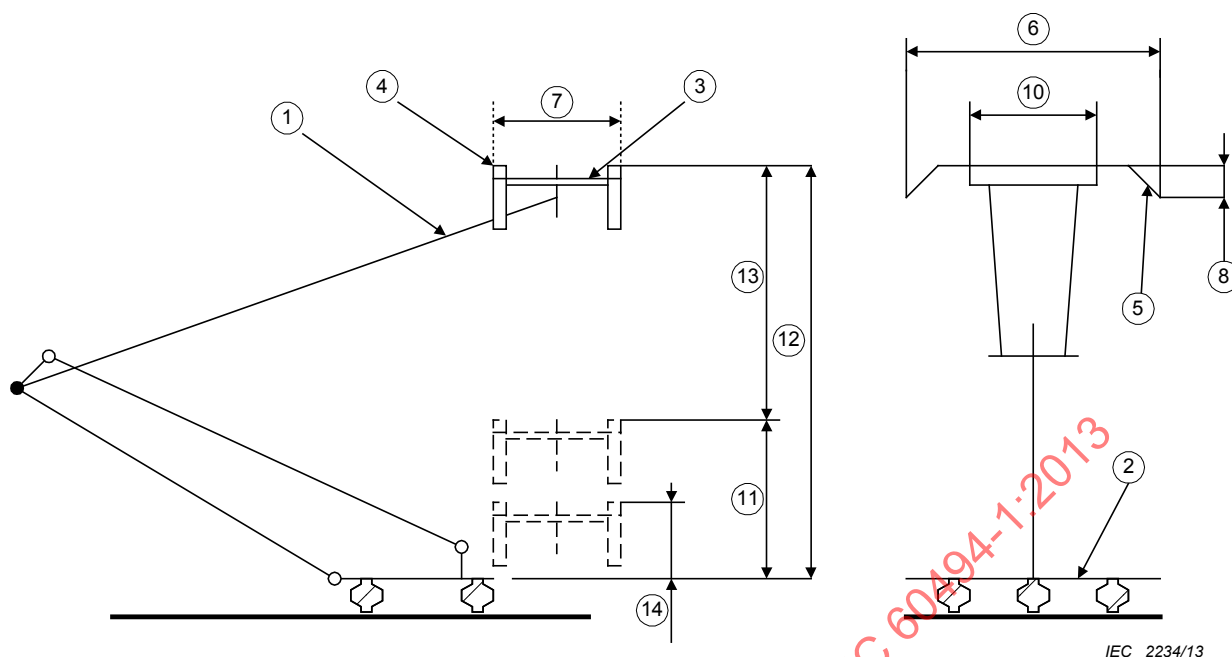
3.2 Conception

Tableau 1 – Définitions liées à la conception

N de déf.	Terme	N° de point	Définition
3.2.1	cadre	1	structure articulée qui est capable de déplacer verticalement la tête de captage par rapport au bâti du pantographe
3.2.2	bâti	2	partie fixe du pantographe qui supporte le cadre et est montée grâce à des isolateurs sur le toit du véhicule
3.2.3	tête de captage	3	partie du pantographe supportée par le cadre qui inclut les bandes de frottement, les cornes et peut inclure une suspension
3.2.4	bande de frottement	4	partie remplaçable de la tête de captage qui interface avec le matériel de ligne aérienne
3.2.5	cornes	5	extrémités de la tête de captage qui permettent un engagement doux avec le fil de contact
3.2.6	longueur de la tête de captage	6	dimension de la tête de captage mesurée transversalement au plan horizontal par rapport au véhicule
3.2.7	largeur de la tête de captage	7	distance maximale mesurée le long de l'axe de la voie entre les bords extérieurs des bandes de frottement
3.2.8	hauteur de la tête de captage	8	distance verticale entre le point le plus bas de la corne et le point le plus haut de la bande de frottement
3.2.9	pivot de la tête de captage	9	axe de rotation de la tête de captage

¹ L'EN 50317 est à l'étude à la CEI et sera publiée en tant que CEI 62846.

N de déf.	Terme	N° de point	Définition
3.2.10	longueur des bandes de frottement	10	longueur totale du matériau d'usure, prévu pour une utilisation normale, mesurée transversalement par rapport au véhicule
3.2.11	hauteur de la "position basse de travail"	11	distance verticale entre le plan de montage du pantographe au-dessus des isolateurs et le plan supérieur des bandes de frottement, le pantographe étant levé au niveau le plus bas qui, par construction, permet de capter le courant
3.2.12	hauteur de la "position haute de travail"	12	distance verticale entre le plan de montage du pantographe au-dessus des isolateurs et le plan supérieur des bandes de frottement, le pantographe étant levé au niveau le plus haut qui, par construction, permet de capter le courant
3.2.13	plage de travail	13	différence entre la hauteur de la "position la plus haute de travail" et la hauteur de la "position la plus basse de travail"
3.2.14	hauteur en position de repos	14	distance verticale entre le plan de montage du pantographe au-dessus des isolateurs et le plan supérieur des bandes de frottement ou une autre partie de la structure du pantographe si celle-ci est plus haute, (le pantographe étant en position de repos)
3.2.15	"épaisseur électrique" du pantographe	15	distance verticale entre les parties sous tension la plus haute et la plus basse du pantographe en position de repos
3.2.16	mécanisme de commande	16	dispositif qui fournit une force pour lever ou pour abaisser le pantographe
3.2.17	développement maximal	17	hauteur de développement maximal permise par les butées mécaniques (distance verticale entre le plan de montage du pantographe au-dessus des isolateurs et le plan supérieur des bandes de frottement, sans aucun dispositif en vue de limiter le développement du pantographe dans la plage de fonctionnement)
3.2.18	développement maximal limité	18	développement réduit permis par les butées mécaniques intermédiaires (distance verticale entre le plan de montage du pantographe au-dessus des isolateurs et le plan supérieur des bandes de frottement)
3.2.19	Dispositif d'abaissement automatique	19	Dispositif qui déclenche l'abaissement du pantographe s'il survient une défaillance ou un endommagement de la tête du pantographe.
NOTE Les définitions sont liées à la Figure 1, à l'exception des points 9, 15, 16, 17, 18 et 19.			



NOTE Le croquis de la Figure 1 ne constitue qu'un exemple et n'exclut pas d'autres types de pantographes (de type diamant, par exemple).

Figure 1 – Terminologie des pantographes

3.3 Caractéristiques générales

3.3.1

tension assignée

tension pour laquelle le pantographe est conçu

3.3.2

courant assigné, véhicule à l'arrêt

valeur moyenne du courant supporté pendant 30 min par le pantographe à l'arrêt

3.3.3

courant maximal, véhicule à l'arrêt

valeur maximale du courant supporté par le pantographe à l'arrêt pour un temps donné

3.3.4

courant assigné, véhicule en circulation

capacité de transfert du courant continu du pantographe

3.3.5

force de contact statique

force verticale ascendante exercée par la tête de captage sur le matériel de ligne aérienne à l'arrêt

3.3.6

force de contact statique nominale

valeur de consigne spécifiée pour la force de contact statique

3.3.7

force de contact statique moyenne

moyenne des valeurs réelles des forces de contact statiques

Note 1 à l'article: évaluées comme suit: les forces de contact statiques sont mesurées d'une manière continue dans la plage de travail durant la montée (F_r) et la descente (F_l) du pantographe. Par convention, la force de contact statique moyenne en un point quelconque est égale à $\frac{F_r + F_l}{2}$.

3.3.8

force de contact statique cible

force ascendante mesurée à la hauteur normalisée de la plage de fonctionnement lorsque le pantographe est levé à 0,05 m/s dans des conditions identiques à celles d'une utilisation réelle

3.3.9

force de planage nominale de levée

force verticale mesurée à la tête de captage, cette dernière ne touchant pas le fil de contact

Note 1 à l'article: Elle est égale à la somme de la force de contact statique et de la force aérodynamique, exercée par l'air à la vitesse considérée, pour une hauteur de captage donnée, les résultats étant ramenés à un vent ambiant nul.

3.3.10

force totale de contact

force totale entre la tête de captage et le fil de contact pendant le déplacement du véhicule

3.3.11

force de maintien en position de repos

force appliquée verticalement sur la tête de captage pour maintenir le pantographe en entier en position de repos

3.4 Symboles et abréviations

AC	Courant alternatif
ADD	Dispositif d'abaissement automatique (<i>Automatic Dropping Device</i>)
DC	Courant continu
F_0	Fréquence transversale naturelle
F_r	Force pendant la montée du pantographe
F_l	Force pendant la descente du pantographe
MDBF	Distance moyenne entre défaillances (<i>Mean Distance Between Failure</i>)
Γ	Accélération au niveau pivot de la tête de captage

4 Exigences techniques

4.1 Généralités

Toutes les caractéristiques générales sont fournies dans les spécifications du client. Sauf spécifications contraires, les conditions d'environnement sont précisées par la CEI 62498-1. La catégorie d'environnement doit être spécifiée par le client.

4.2 Gabarit

Le pantographe, en position de repos ou de travail, doit respecter le gabarit précisé par les spécifications du client ou doit être conforme à la CEI 62486.

4.3 Développement du pantographe

Les spécifications du client doivent indiquer les valeurs relatives aux points 10 à 13 du Tableau 1. En cas d'absence de spécifications dans l'appel d'offre, lorsque le pantographe est levé ou abaissé, la trajectoire de la tête de captage au-delà de la plage de travail doit

respecter la tolérance de ± 50 mm en longitudinal, et ± 10 mm en latéral par rapport à une ligne verticale.

4.4 Valeurs électriques

Les tensions d'alimentation des systèmes de traction sont spécifiées par la CEI 60850.

Les spécifications du client doivent aussi fixer la durée et les valeurs des tensions exceptionnelles pour les pantographes en fonctionnement ou au repos.

Les valeurs définies en 3.3.2 à 3.3.4 doivent être indiquées dans les spécifications du client.

4.5 Exigences relatives aux forces

Sauf si des tolérances supérieures font l'objet d'un accord entre utilisateur et fournisseur, les forces de contact statiques mesurées lors de la montée et la descente du pantographe doivent rester dans les limites définies en Annexe A.

Les exigences de fonctionnement de la force de contact statique, de la force de planage nominale et de la force totale de contact doivent suivre les exigences de la CEI 62486, si elles ne sont pas précisées dans les spécifications du client.

4.6 Rigidité mécanique transversale

Quand une force transversale est exercée sur une partie du châssis qui supporte la tête de captage en position haute de travail, la déflexion ne doit pas dépasser la valeur définie en 6.6 et aucune déformation permanente ne doit apparaître.

4.7 Tête de captage

4.7.1 Longueur

En l'absence de précisions dans les spécifications du client, les longueurs définies dans la CEI 62486 doivent être utilisées.

4.7.2 Largeur

La largeur de la tête de captage doit être définie en fonction du type de la suspension, du nombre de bandes de frottement et des caractéristiques système du matériel de ligne aérienne.

4.7.3 Profils de la tête

En l'absence de précisions dans les spécifications du client, les profils de la tête de captage et la pente maximale autorisée définis dans la CEI 62486 doivent être employés.

4.7.4 Bandes de frottement

En l'absence de spécifications dans la CEI 62486, le matériau des bandes de frottement, le courant maximal à l'arrêt et les conditions en circulation doivent être précisés dans les spécifications du client. Si elles sont applicables, les méthodes d'essai conformes à la CEI 62499 sont recommandées.

4.8 Mécanisme de commande

L'installation et la définition du mécanisme de commande doivent être prévues par le fournisseur.

En l'absence de spécification du client, le mécanisme de commande doit être conçu pour assurer, du repos jusqu'à la vitesse maximale de l'engin de traction, la descente du pantographe dans les 3 s, à la distance d'isolement minimale.

La force de maintien en position de repos doit empêcher le pantographe de se lever depuis l'arrêt du véhicule jusqu'à sa vitesse maximale.

La force de maintien en position de repos peut faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur. Si ce n'est pas le cas, il peut être prévu un dispositif pour maintenir l'appareil en position basse.

4.9 Dispositif d'abaissement automatique (ADD)

Le dispositif d'abaissement automatique doit être monté seulement si le client l'exige. Un choc ou un dommage subi par les bandes de frottement, susceptibles de provoquer ultérieurement un dommage à un matériel de ligne aérienne doit être détecté par l'ADD. Des chocs ou des dommages sur d'autres parties de la tête de captage, comme les cornes, peuvent être inclus dans l'ADD, si cela est spécifié par le client.

Lors de la conception, les caractéristiques suivantes doivent être prises en compte:

- le temps de réaction de l'ADD;
- la sécurité en cas de défaut de l'ADD;
- l'autotest en atelier de l'ADD;
- la fiabilité de l'ADD;
- l'intégrité du pantographe après le fonctionnement de l'ADD.

L'ADD doit être conçu pour assurer qu'un défaut mineur des bandes de frottement, qui peut se produire en service journalier, ne cause pas son déclenchement.

L'ADD ne doit pas causer de dommages supplémentaires au pantographe.

4.10 Masse du pantographe et force sur la toiture

Le fournisseur doit indiquer la masse du pantographe, avec ou sans les isolateurs et la force maximale en chaque point de fixation. De plus, le fournisseur doit indiquer tous les paramètres permettant le calcul des forces maximales en chaque point de fixation.

4.11 Protection contre la corrosion

Les spécifications relatives aux exigences et aux types de protection anticorrosion doivent être fournies dans les spécifications du client.

5 Marquage

Le pantographe doit porter les indications minimales suivantes:

- nom du constructeur;
- numéro de série du pantographe;
- type du pantographe;
- mois et année de production.

6 Essais

6.1 Catégories d'essais

6.1.1 Vue d'ensemble

Il y a 4 catégories d'essais:

- les essais de type;
- les essais de série;
- les essais d'investigation;
- les essais combinés.

Les essais ci-dessus sont décrits du 6.1.2 au 6.1.5.

L'Annexe B résume les essais qui doivent être réalisés.

6.1.2 Essais de type

La présente Norme internationale fait une distinction entre le modèle de base d'un pantographe et les modèles dérivés de ce même pantographe. Le modèle dérivé peut intégrer des modifications à la conception de base qui doit être considérée comme étant couverte par les essais de type applicables existants. Ceci, à condition que ces modifications quelles qu'elles soient, puissent être démontrées comme étant au moins égales à la conception de base par le calcul ou l'expérience opérationnelle pendant une période d'au moins deux ans sur des lignes opérationnelles, et avec des exigences techniques au moins égales à celles pour lesquelles a été conçu le modèle de base.

Les essais de type doivent être réalisés sur un seul exemplaire d'un appareil de conception donnée.

L'équipement en fabrication courante doit être considéré avoir satisfait aux essais de type et doit être exempté de ceux-ci si le fabricant fournit des rapports authentifiés d'essais de type d'un appareil identique construit précédemment.

Les essais de type facultatifs doivent être exigés s'ils sont demandés dans la spécification du client et après accord avec le fournisseur.

6.1.3 Essais de série

Les essais de série doivent être réalisés pour vérifier que les caractéristiques d'un produit correspondent à celles mesurées durant l'essai de type. Les essais de série doivent être réalisés par le fournisseur sur chaque équipement. Pour certains appareils, les essais de série peuvent être remplacés par des essais d'échantillonnage, après accord entre le client et le fournisseur (essais réalisés sur un nombre d'appareils pris au hasard dans le lot).

6.1.4 Essais d'investigation

Les essais d'investigation sont des essais spéciaux, qui sont facultatifs, et réalisés sur un seul appareil pour obtenir des informations supplémentaires. Ils sont exigés seulement s'ils figurent dans les spécifications du client.

Il ne doit pas y avoir de relation entre l'agrément des appareils et les résultats de ces essais d'investigation.

6.1.5 Essais combinés

Les essais combinés sont des essais spéciaux et facultatifs qui ne peuvent être réalisés que dans un environnement de fonctionnement. Ils doivent prendre en compte le type de véhicule à utiliser, sa vitesse et son sens de déplacement. Ils doivent être effectués en utilisant la voie et/ou le matériel de ligne aérienne, définis par les spécifications du client.

Ces essais s'appliquent à la fois aux modèles de pantographe de base et aux modèles dérivés.

6.2 Essais généraux

6.2.1 Examen visuel (essai de série)

Le pantographe doit être complètement assemblé.

Critère d'acceptabilité de l'essai:

Le pantographe doit comporter tous les composants électriques et mécaniques, doit être exempt de défauts mécaniques et des traitements de surface doivent avoir été appliqués (voir 4.10).

6.2.2 Masse (essai de type)

Le pantographe doit être complètement assemblé.

Critère d'acceptabilité de l'essai:

La masse du pantographe doit être conforme à la masse contractuelle indiquée en 4.10.

6.2.3 Dimensions

Les dimensions du pantographe (y compris les tolérances), spécifiées sur les dessins, doivent être vérifiées grâce à des appareils de mesure appropriés.

Au minimum, les mesures suivantes doivent être effectuées:

- longueur de la tête de captage (essai de série);
- hauteur de la tête de captage (essai de série);
- largeur de la tête de captage (essai de type);
- profil de la tête (essai de type);
- longueur de bandes de frottement (essai de type);
- hauteur en position de repos (essai de série);
- développement maximal (essai de série);
- développement maximal limité (essai de série);
- épaisseur électrique (essai de série);
- distance entre points de montage (essai de série).

Critère d'acceptabilité de l'essai:

Les dimensions doivent respecter les tolérances spécifiées par les dessins.

6.2.4 Identification (essai de série)

Critère d'acceptabilité de l'essai:

Le marquage doit être conforme aux exigences décrites dans l'Article 5.

6.2.5 Contrôle fonctionnel du dispositif d'abaissement automatique (essai de type)

L'essai doit être réalisé pour 2 développements du pantographe:

- en position haute de fonctionnement;
- à une hauteur de 20 % de la plage de fonctionnement au dessus de la position de repos.

Après la montée du pantographe au développement indiqué, l'ADD doit être déclenché par un incident fictif. La simulation doit être effectuée par le même signal physique que celui utilisé en fonctionnement réel. Le temps de réaction doit être mesuré depuis la génération du signal jusqu'à 20 cm en dessous du développement indiqué.

Critère d'acceptabilité de l'essai:

Le temps de réaction doit être inférieur ou égal à 1 s. La structure du pantographe ne doit pas être détériorée.

6.2.6 Contrôle fonctionnel du dispositif d'abaissement automatique (essai de série)

Le pantographe doit être levé au développement précisé en 6.2.5 puis l'ADD doit être déclenché par la simulation d'un incident.

Critère d'acceptabilité de l'essai:

L'ADD doit fonctionner.

6.3 Essais en fonctionnement

6.3.1 Mesure de la force de contact statique à température ambiante (essai de série)

Si un amortisseur est installé, il doit être démonté.

La force de contact statique doit être mesurée entre une position supérieure et inférieure de fonctionnement directement sous la suspension de la tête de captage durant un cycle continu de montée et de descente, à une vitesse de $0,05 \text{ m/s} \pm 10 \%$.

L'appareil de mesure, constitué d'un appareil de mesure de charge, d'un dispositif de traitement des signaux et de mémorisation des données, doit avoir une précision de système supérieure à 3 %.

Critère d'acceptabilité de l'essai:

Les forces mesurées doivent être conformes à 4.5.

6.3.2 Contrôle du mécanisme de commande du pantographe (essai de série)

Le pantographe doit être couplé à l'ensemble du mécanisme de commande. L'essai doit être réalisé à une température ambiante et à une pression d'air d'alimentation assignée ou à la tension assignée dans le cas d'un système fonctionnant à l'électricité.

Critère d'acceptabilité de l'essai:

Une montée régulière et continue doit s'effectuer sans choc susceptible d'occasionner des dommages, jusqu'à la hauteur maximale de la plage de fonctionnement.

La montée doit s'effectuer au plus en 10 s à compter du début de la montée du pantographe, depuis la position de repos à la hauteur maximale de la plage de travail.

La descente doit débiter rapidement de n'importe quelle hauteur de la plage de travail.

La descente doit s'effectuer sans chocs susceptible d'occasionner des dommages.

La descente du pantographe doit s'effectuer au plus en 10 s à compter du début de la descente de celui-ci, depuis la hauteur maximale de la plage de fonctionnement.

6.3.3 Essais climatiques en fonctionnement (essai de type)

Les essais, décrits au 6.3.2, doivent être réalisés aux températures extrêmes et humidité précisées dans les spécifications du client. Si les valeurs ne sont pas spécifiées, les essais doivent être réalisés à $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, à l'humidité ambiante.

Les essais ci-dessus aux températures extrêmes doivent aussi être réalisés aux valeurs de pression d'air maximale ou minimale ou aux tensions spécifiées dans les spécifications du client.

Critère d'acceptabilité de l'essai:

Pendant et après les essais, le pantographe doit fonctionner correctement conformément aux critères d'acceptabilité donnés en 6.3.2.

6.3.4 Mesure de la force de contact statique moyenne à température ambiante (essai d'investigation)

Si un amortisseur est installé, l'essai décrit en 6.3.1 doit être répété lorsque l'amortisseur est en place.

6.4 Essais d'endurance

6.4.1 Montée/descente (essai de type)

6.4.1.1 Fonctionnement entre la position de repos et la position la plus haute de travail

Le pantographe, équipé de la tête de captage comportant la masse la plus forte prévue par conception, doit être soumis à 10 000 manœuvres consécutives de montée et de descente, de la position repos jusqu'à la position la plus haute de travail. Lors des 500 premiers et des 500 derniers cycles, le pantographe doit se lever jusqu'au développement maximal lorsque l'alimentation du dispositif moteur (air ou électricité) correspond à la valeur minimale de l'énergie, précisée par la série CEI 60077. Si un autre nombre de manœuvres est défini dans les spécifications du client, les exigences d'essai et d'acceptabilité doivent alors faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

NOTE Le chiffre de 10 000 est dérivé d'hypothèses relatives aux moyennes de durée de vie, de journées annuelles de fonctionnement et du nombre journalier de montées et de descentes.

Critère d'acceptabilité de l'essai:

Après l'essai, tous les paramètres doivent être réglés aux valeurs nominales.

Il ne doit pas se présenter d'usure anormale. Le pantographe doit répondre aux exigences de 6.3.1 et de 6.3.2.

Il ne doit se présenter ni distorsions ni cassures.

6.4.1.2 Fonctionnement dans la plage de travail

Le pantographe, équipé de la tête de captage décrite en 6.4.1.1 doit être soumis à 75 000 cycles consécutifs de montée/descente de la plage de travail à une vitesse de 0,1 m/s (si un amortisseur équipe le pantographe, celui-ci doit être déposé).

NOTE Le chiffre de 75 000 est dérivé d'hypothèses relatives au "mouvement de montée et de descente" le long du fil de contact au cours de la durée de vie du pantographe.

Critère d'acceptabilité de l'essai:

Après l'essai, tous les paramètres doivent être réglés aux valeurs nominales.

Il ne doit pas se présenter d'usure anormale. Le pantographe doit répondre aux exigences de 6.3.1 et de 6.3.2.

Il ne doit se présenter ni distorsions ni cassures.

6.4.2 Suspension de la tête de captage (essai de type)

La suspension de la tête de captage doit être soumise à $1,2 \times 10^6$ cycles consécutifs dans toute la plage de travail prévue à la conception. Cet essai doit être effectué à la fréquence minimale de 0,5 Hz.

NOTE La valeur de 0,5 Hz est dérivée d'hypothèses relatives à la vitesse du pantographe et à la portée de la ligne de contact.

Critère d'acceptabilité de l'essai:

Il ne doit pas se présenter d'anomalies: le pantographe doit répondre aux exigences de 6.3.1 et de 6.3.2.

Il ne doit présenter ni distorsions ni cassures.

6.4.3 Résistance aux vibrations

6.4.3.1 Généralités

Le pantographe et tout composant fixé (électrique et/ou pneumatique) doivent pouvoir résister aux vibrations et aux chocs prévus par les exigences d'essai de la CEI 61373.

6.4.3.2 Mesure de la fréquence transversale naturelle du pantographe (F_0)

La fréquence transversale naturelle (F_0) doit être mesurée. Le pantographe, étant à 75 % de sa position la plus haute de travail, doit être mis en oscillation naturelle par la libération de la position obtenue lorsqu'une force transversale de 300 N est appliquée sur le pivot de la tête de captage.

6.4.3.3 Essais de vibrations transversales (essai de type)

Le pantographe, équipé de la tête de captage comportant la masse la plus forte prévue par conception, doit être installé avec ses isolateurs, sur une table vibrante, produisant des vibrations sinusoïdales dont l'amplitude et la fréquence doivent être réglables dans la direction transversale. Lors de ces essais, la fréquence de la table vibrante doit être inférieure de 10 % à la fréquence transversale naturelle d'oscillation.

L'amplitude des oscillations de la table doit être réglée pour obtenir une accélération (Γ) de 7 m/s² au pivot de la tête de captage, pour un développement égal à 75 % de la position de travail la plus haute.

(Cette valeur est déduite de la formule

$$\Gamma = 0,7 \cdot g \cdot F_0^2 / (F_0^2 - 1)$$

où

F_0 est la fréquence transversale naturelle d'oscillation en Hertz et $F_0 > 3$ Hz).

NOTE Cette formule est en cours d'étude.

Critère d'acceptabilité de l'essai:

Après 10^7 cycles, le pantographe ne doit pas être détérioré de telle manière que ce dernier ne répondrait pas aux exigences de 6.3.1 et 6.3.2.

6.4.3.4 Essais de tenue aux vibrations verticales (essai d'investigation)

Le pantographe, équipé de son mécanisme de commande et de la tête de captage correspondant au matériel de ligne aérienne sous laquelle il est employé, doit être installé sous un système produisant des vibrations sinusoïdales dans le plan vertical. Ce système doit avoir une rigidité minimale supérieure à 10 fois la rigidité totale de la suspension de la tête de captage. La force de contact statique exercée par le pantographe sur le système et le développement du pantographe doivent nécessiter l'accord du client.

L'accroissement maximal de la fréquence doit être de: 0,02 Hz/s de 0,5 Hz à 10 Hz et 0,1 Hz/s de 10 Hz à 50 Hz. L'amplitude de la vibration sinusoïdale doit faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur ou doit être proche de la valeur à laquelle la force de contact est perdue.

L'essai doit être réalisé d'abord avec le système au milieu de la bande de frottement et ensuite aux extrémités du zigzag.

Les variations de la force de contact en fonction de la fréquence et de l'amplitude du système doivent être enregistrées.

6.5 Résistance aux chocs (essai de type facultatif)

Sauf spécification contraire définie entre le client et le fournisseur, l'essai suivant doit être réalisé.

Le pantographe doit être levé au niveau de la force de contact statique nominale et fixé entre le pivot de la tête de captage et le bâti à 75 % de sa position de travail la plus haute. Une force de 300 N doit être appliquée longitudinalement sur le pivot de la tête de captage, puis brusquement retirée (voir Figure 2). Cet essai doit être effectué 3 fois dans les deux directions longitudinales.