

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

Applications ferroviaires – Systèmes de captage de courant – Exigences et validation des mesures de l'interaction dynamique entre le pantographe et la caténaire

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62846:2016



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2016 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 l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC 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.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables 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 online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC 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 l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

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

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC 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.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. 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 de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

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 – Current collection systems – Requirements for and validation of measurements of the dynamic interaction between pantograph and overhead contact line

Applications ferroviaires – Systèmes de captage de courant – Exigences et validation des mesures de l'interaction dynamique entre le pantographe et la caténaire

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 45.060

ISBN 978-2-8322-3651-2

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
1 Scope.....	6
2 Normative references.....	6
3 Terms and definitions	6
4 Symbols and abbreviated terms	9
5 General	10
6 Measurement of total mean uplift force.....	11
7 Measurement of contact force	13
7.1 General requirements.....	13
7.2 Aerodynamic influence of the measurement system	14
7.3 Inertia correction	14
7.4 Aerodynamic correction.....	14
7.5 Calibration of the measurement system	15
7.6 Measurement parameters.....	16
7.7 Measurement results	16
8 Measurement of displacement.....	16
8.1 General.....	16
8.2 Vertical displacement of the contact point.....	16
8.3 Uplift at the support.....	16
8.4 Measurement of other displacements in the overhead contact line.....	16
9 Measurement of arcing	17
9.1 General requirements.....	17
9.2 Calibration of the arc measurement system.....	18
9.3 Adjustment of threshold for the measurement distance.....	18
9.4 Values to be measured.....	18
9.5 Measurement results	19
Annex A (informative) Particular conditions existing in certain countries (exceptions) – Japan	20
A.1 Measurement of percentage of all arcing AQ.....	20
A.1.1 General requirements	20
A.1.2 Calibration of the arc measurement system	20
A.1.3 Adjustment of threshold for the measurement distance.....	21
A.1.4 Values to be measured	21
A.1.5 Measurement results	21
A.2 Measurement of percentage of current loss.....	22
A.2.1 General requirements	22
A.2.2 Current loss detection.....	22
A.2.3 Measurement result	22
Annex B (informative) Contact wire bending stress	24
B.1 General.....	24
B.2 Measurement points of contact wire bending stress.....	24
B.3 Measurement result.....	24
Bibliography	25
Figure 1 – Principle arrangements for a tethered test.....	12

Figure 2 – Contact force measurement	13
Figure 3 – Example for segmented contact strip	14
Figure 4 – Detector location	18
Figure A.1 – Test setup	22
Table 1 – Initial test speed	12

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62846:2016

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS –
CURRENT COLLECTION SYSTEMS –
REQUIREMENTS FOR AND VALIDATION OF MEASUREMENTS
OF THE DYNAMIC INTERACTION BETWEEN PANTOGRAPH
AND OVERHEAD CONTACT LINE**

FOREWORD

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

International Standard IEC 62846 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

This standard has been derived from EN 50317.

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

FDIS	Report on voting
9/2198/FDIS	9/2205/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.

The reader's attention is drawn to the fact that Annex A lists all of the “in-some-country” clauses on differing practices of a permanent nature relating to the subject of this standard.

The following differing practices of a less permanent nature exist in the countries indicated below.

- Subclause 3.20: t_{total} is the total measuring time (China).
- Subclause 9.5: The evaluation of the interaction includes counting the number of arcs longer than a predefined length (China).

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.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

RAILWAY APPLICATIONS – CURRENT COLLECTION SYSTEMS – REQUIREMENTS FOR AND VALIDATION OF MEASUREMENTS OF THE DYNAMIC INTERACTION BETWEEN PANTOGRAPH AND OVERHEAD CONTACT LINE

1 Scope

This International Standard specifies the functional requirements for output and accuracy of measurements of the dynamic interaction between pantograph and overhead contact line.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 62486:2010, *Railway applications – Current collection systems – Technical criteria for the interaction between pantograph and overhead line (to achieve free access)*

3 Terms and definitions

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

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1

collector head

pantograph head

part of the pantograph supported by the frame which includes contact strips, horns and may include a suspension

[SOURCE: IEC 60494-1:2013, 3.2.3, modified – the term "pantograph head" has been added.]

3.2

contact point

point of mechanical contact between a contact strip and a contact wire

3.3

working area of the pantograph head

lateral and vertical range of possible contact points on the contact strips during normal operation

3.4

contact force

vertical force applied by the pantograph to the overhead contact line. The contact force is the sum of forces for all contact points of one pantograph

[SOURCE: IEC 62486:2010, 3.2]

3.5

mean contact force

F_m

statistical mean value of the contact force

Note 1 to entry: F_m is formed by the static and aerodynamic components of the pantograph contact force.

[SOURCE: IEC 62486:2010, 3.4, modified – the symbol F_m and the note have been added.]

3.6

static contact force

mean vertical force exerted upwards by the pantograph head on the overhead contact line, and caused by the pantograph-raising device, whilst the pantograph is raised and the vehicle is at standstill

[SOURCE: IEC 62486:2010, 3.3]

3.7

standard deviation of contact force σ

square root of the sum of the squared differences between data values and the mean contact force divided by the number of data values minus 1

3.8

aerodynamic force

additional vertical force applied by the pantograph as a result of air flow around the pantograph assembly

3.9

statistical minimum of contact force

value of contact force represented by $F_m - 3\sigma$

3.10

statistical maximum of contact force

value of contact force represented by $F_m + 3\sigma$

3.11

cord force

measured force in a cord restraining a contact strip at a defined height

3.12

total mean uplift force

vertical force measured at the pantograph head, the latter not touching the contact line

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 height of contact points.

3.13

transfer function magnitude

magnitude of the ratio between the applied and the measured forces of the pantograph and instrumentation determined by a dynamic excitation of the pantograph, at the pantograph head for a range of frequencies

3.14

tension length

length of overhead contact line between two terminating points

[SOURCE: IEC 60913:2013, 3.4.1]

3.15

control section

representative part of the total measuring length, over which the measuring conditions are compliant with standard conditions

3.16

pantograph current

current that flows through the pantograph

3.17

arcing

flow of current through an air gap between a contact strip and a contact wire usually indicated by the emission of intense light

[SOURCE: IEC 62486:2010, 3.15]

3.18

sensitivity curve

relationship between the power density of the arc in $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ and the response of the detector in volts within the spectral range of interest

3.19

nominal current

current that flows through one pantograph for nominal power of train

3.20

percentage of arcing

NQ

this is given by the following formula:

$$NQ = \frac{\sum t_{\text{arc}}}{t_{\text{total}}} \times 100$$

where

t_{arc} is the duration of an arc lasting longer than 5 ms;

t_{total} is the measuring time with a current greater than 30 % of the nominal current

The result, given in percent, is a characteristic for a given speed of the vehicle

Note 1 to entry: Refer to the Foreword for special national conditions.

[SOURCE: IEC 62486:2010, 3.16, modified – a note has been added.]

3.21

contact wire bending stress

bending stress variation of a contact wire which is caused by a passing pantograph

3.22**percentage of all arcing**

this is given by the following formula:

$$AQ = \frac{\sum t_{\text{all_arc}}}{t_{\text{total}}} \times 100$$

where

$t_{\text{all_arc}}$ is the duration of an arc by measuring the visible light of arcing;

t_{total} is the measuring time with a current greater than 30 % of the nominal current.

The result, given in percent, is a characteristic for a given speed of the vehicle

[SOURCE: IEC 62486:2010, 3.20]

3.23**percentage of current loss**

this is given by the following formula:

$$CQ = \frac{\sum t_{\text{cl}}}{t_{\text{total}}} \times 100$$

where

t_{cl} is the duration of current loss (e.g. measurement with waveform of collected current of pantograph which is connected with another pantograph);

t_{total} is the measuring time with a current greater than 30 % of the nominal current.

The result, given in percent, is a characteristic for a given speed of the vehicle

Note 1 to entry: This method is only applicable for at least two electrically connected pantographs. In the context of this measuring method "current loss" means that the current flowing through one of these pantographs is zero.

[SOURCE: IEC 62486:2010 3.21, modified – a note has been added.]

3.24**contact loss**

condition where the contact force is zero

Note 1 to entry: Contact loss surely induces arcing except in the case of coasting. However, if two or more pantographs are connected electrically to each other, the arc will immediately disappear and then the condition will shift to 'current loss'.

3.25**current loss**

condition where current flowing through a pantograph is zero under the condition of contact loss

Note 1 to entry: When a train is equipped with two or more pantographs electrically connected by a bus cable, necessary traction power can be supplied by other pantographs through the bus cable in case of contact loss. Therefore, current loss condition will generally not affect the driving of the train.

4 Symbols and abbreviated terms

$a_{\text{Sensor},i}$ acceleration measured in acceleration sensor i

c coefficient for calculation of speed dependent limit of effect of measurement system on the aerodynamic force

d	measurement distance between arc detector and light source (see Figure 4)
d_{ref}	reference distance between arc detector and light source
F_{applied}	force applied to pantograph head
F_{c}	contact force
$F_{\text{corr,aero}}$	aerodynamic force correction
F_{m}	mean contact force
F_{measured}	force measured
$F_{\text{Sensor,i}}$	measured force in sensor i
$F_{\text{z,i}}$	measured force in cord i
f_1	minimum frequency
f_i	actual frequency
f_n	maximum frequency
g	surface power density generated by the smallest arc that shall be detected at reference distance
J	accuracy of the transfer function
k_{a}	number of acceleration sensors
k_{f}	number of force sensors
m_{above}	mass between contact point and force sensors
NQ	percentage of arcing
AQ	percentage of all arcing
CQ	percentage of current loss
n	number of frequency steps
t_{arc}	duration of an arc recorded longer than a specified value
$t_{\text{all_arc}}$	duration of any arc recorded
t_{cl}	duration of current loss
t_{total}	measured duration with a pantograph current greater than a specified value
v	speed
x	surface power density generated by the smallest arc that shall be detected at measurement distance
x_{ref}	surface power density generated by the smallest arc that shall be detected at reference distance
σ	standard deviation of contact force

5 General

The measurement of the interaction of the contact line and the pantograph is intended to prove the safety of operation and the quality of the current collection system. Results of measurements of different current collection systems shall be comparable, in order to approve components for free access within operated railway lines.

To check the performance capability of the current collection system, measurements shall be done in accordance with the requirements for dynamic interaction performance defined in IEC 62486 including the type of measurement methods which shall be used. The methods are described in detail in Clauses 6 to 9. Special national conditions are described in Annex A.

In addition to the measured values, the operating conditions (train speed, location, etc.) shall be recorded and/or processed continuously and the environmental conditions (rain, ice, temperature, wind, tunnel, etc.) and test configuration (parameters related to pantographs and

overhead line systems, etc.) during the measurement shall be recorded in the test report. This additional information shall ensure repeatability of the measurement and comparability of the results.

NOTE In case of assessing the risk of a contact wire fatigue crack caused by bending stress, a measuring method is provided in Annex B for information.

6 Measurement of total mean uplift force

Where a tethered test (see Figure 1) is used to measure the total mean uplift force the following requirements shall be fulfilled.

A tethered test determines cord force(s). The total mean uplift force is the sum of all mean values of the measured cord forces at the chosen height, speed and measurement conditions.

The aerodynamic force is the difference between the total mean uplift force and the static contact force.

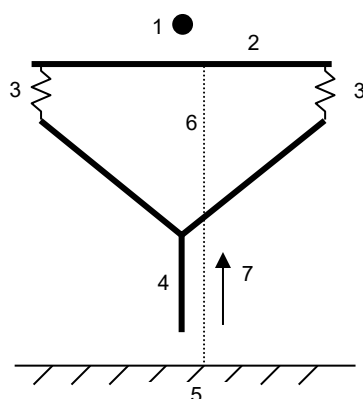
For this measurement the pantograph shall be restrained at a height as near as possible to the contact wire height for which the result shall be valid. The restraint shall be provided by vertical cords to each collector strip. The cords shall have adequate tensile stiffness, to constrain pitching of the head.

The accuracy of adjustment shall be checked on a horizontal track without cant. The collector strips shall be adjusted so that the along track and cross track errors are less than 1,5° relative to the plane of rails.

The contact wire shall not touch the testing pantograph during the test.

NOTE 1 A typical distance between collector head and contact wire is 10 cm to 15 cm. Simulation results can be used to take into account maximum dynamic movement of the contact wire caused by any other pantograph in operation.

The force in each cord shall be measured.



IEC

Key

- 1 contact wire
- 2 contact strip(s)
- 3 suspension of pantograph head
- 4 upper arm of pantograph
- 5 base frame or roof of vehicle
- 6 cord(s)
- 7 cord force(s) $F_{z,1}(t) \dots F_{z,i}(t)$

Figure 1 – Principle arrangements for a tethered test

The dynamic behaviour of the cord forces depends on a number of influences (surrounding conditions, turbulence around the cords, track conditions, tunnels, etc.).

To achieve confidence with the results the variance of the forces recorded and their repeatability over different sections shall be demonstrated.

The speed dependency of the total mean uplift force shall be evaluated by measurement of the cord force(s) between an initial test speed according to Table 1 and the maximum train speed in steps. The step shall be chosen in accordance with the maximum train speed.

Table 1 – Initial test speed

Maximum train speed [km/h]	≤ 200	> 200
Initial test speed [km/h]	100	160

NOTE 2 A typical step is 20 km/h or 5 steps for the complete speed range.

In addition to the conditions recorded according to Clause 5, the train configuration and driving direction and also the restrained height and wear conditions of the collector strips shall be noted.

As a result of the tethered test the total mean uplift force as a function of speed for the measured configuration shall be presented.

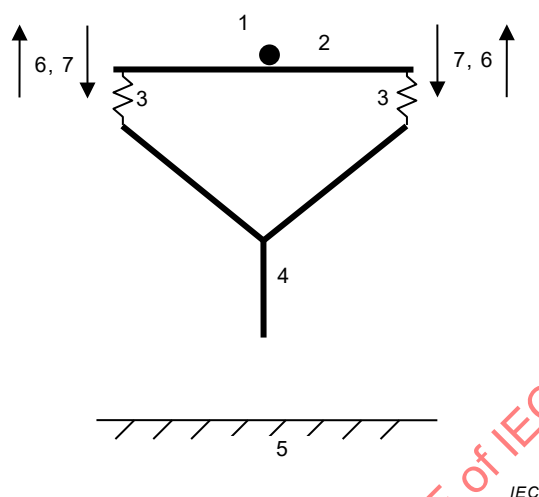
NOTE 3 The results of the test can be used for optimization of pantograph aerodynamic properties, for example optimization of angle of wind deflectors on the pantograph.

In case the contact wire height is so low that the tethered pantograph is below its height at the "lower operating position", a wind tunnel test can be chosen as an alternative test method. The aerodynamic conditions around the pantograph (roof layout) shall be taken into account for this test method.

7 Measurement of contact force

7.1 General requirements

The measurement of contact force (see Figure 2) shall be carried out on the pantograph using force sensors. The force sensors shall be located as near as practicable to the contact points.



Key

- 1 contact wire
- 2 contact strip(s)
- 3 suspension of pantograph head
- 4 upper arm of pantograph
- 5 base frame
- 6 force sensor(s) $F_{\text{Sensor},1}(t) \dots F_{\text{Sensor},i}(t)$
- 7 acceleration sensor(s) $a_{\text{Sensor},1}(t) \dots a_{\text{Sensor},i}(t)$

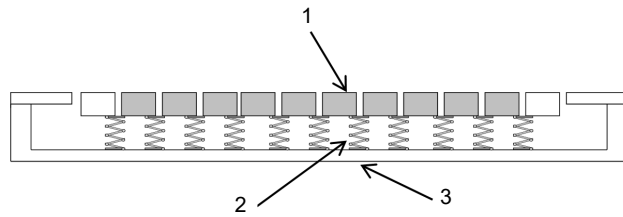
Figure 2 – Contact force measurement

The measurement system shall measure the vertical component of the contact forces, minimising interference from forces in other directions (e.g. contact friction).

All sensors shall be temperature compensated for the measuring conditions.

For pantographs with independent contact strips each contact strip shall be measured separately.

Segmented contact strips (see Figure 3) are considered as one contact strip.



IEC

Key

- 1 segmented contact strip
- 2 spring
- 3 main body

Figure 3 – Example for segmented contact strip

The measurement system shall be immune to electromagnetic interference.

Deviations from the original pantograph mass and geometry caused by installation of the measurement system shall be minimised.

The maximum error of the measurement system shall be less than 10 % of the measured value.

The contact force shall be calculated by the following formula which includes the signals from the force sensors and from the acceleration sensors (inertia correction, see 7.3) as well as the aerodynamic force correction (7.4).

$$F_c = \sum_{i=1}^{k_f} F_{\text{Sensor},i} + \frac{m_{\text{above}}}{k_a} \times \sum_{i=1}^{k_a} a_{\text{Sensor},i} + F_{\text{corr,aero}} \quad (1)$$

7.2 Aerodynamic influence of the measurement system

The measurement system shall not have any effects on the aerodynamic force that changes the total mean uplift force by more than 5 % or $c \times v^2$ with $c = 8 \text{ N}/(300 \text{ km/h})^2$ whichever is larger.

NOTE The most important influence that a measurement system can create on the results is linked to the aerodynamic effect. This distortion can be checked by carrying out a measurement in accordance with Clause 6 with and without the measurement system under repeatable conditions (e.g. in a wind tunnel or with a line test).

7.3 Inertia correction

The inertia forces due to the effect of the mass of the components between the sensors and the contact point shall be corrected. This shall be achieved by measurement of the acceleration of these components.

7.4 Aerodynamic correction

A correction shall be applied to allow for the influence of aerodynamic forces on the components between sensors and the contact points.

This aerodynamic correction $F_{\text{corr,aero}}$ in Formula (1) shall be derived from a measurement of total mean uplift force (e.g. via cords according to Clause 6) and simultaneously measuring the sensor forces.

The difference between the total mean uplift force and the mean of the sum of the sensor forces gives the aerodynamic correction for the measurement system of this pantograph.

The aerodynamic correction shall be established in the defined configuration.

NOTE The aerodynamic correction depends on contact wire height, train configuration, measurement equipment, environmental conditions, etc.

7.5 Calibration of the measurement system

The measurement system shall be laboratory tested to check the accuracy of the measured force. This test shall be carried out for the complete pantograph fitted with the complete force measurement devices and any accelerometers, the data transfer system (telemetry, optical systems) and amplifiers.

This test shall be carried out with the mean force equal to the static force. If the pantograph contact force increases with speed, the test shall also be carried out at the predicted mean contact force appropriate to the maximum train speed.

The transfer function magnitude shall be determined.

NOTE 1 If a sinusoidal force is applied an amplitude of $\pm 15\%$ of the predicted mean contact force gives representative results.

The tests shall be carried out for the two cases:

- the force is being applied centrally to the pantograph head;
- the force is being applied 250 mm from the centre line of the pantograph head, if possible. Otherwise the point of force application shall be as close as possible to this value. If another value is used, it shall be noted in the test report.

The test shall be carried with a pantograph extension equivalent to the restrained height used in Clause 6.

Measurements of the applied force and the measured force shall be taken at frequencies from 0,5 Hz up to 20 Hz in 0,5 Hz steps, with reduced intervals at resonant frequencies. Reduction of the frequency steps near the resonant frequencies is necessary. The frequency steps near the resonant frequencies shall be specified.

NOTE 2 The transfer function is a continuous function with greater variations close to the resonant frequencies.

The accuracy J of the transfer function magnitude shall be calculated by using the following formula:

$$J = \left(1 - \frac{1}{(f_n - f_1)} \sum_{i=1}^{n-1} \left((f_{i+1} - f_i) \left| 1 - \frac{F_{\text{measured}}}{F_{\text{applied}}} \right| \right) \right) \times 100 \% \quad (2)$$

The term $F_{\text{measured}} / F_{\text{applied}}$ in Formula (2) is the transfer function.

The accuracy of the transfer function magnitude of the measurement systems shall be greater than 90 % up to a frequency limit of 20 Hz (in accordance with 7.1). To achieve this, a correction with filters can be made.

7.6 Measurement parameters

The sampling rate shall be greater than 200 Hz for time sampling or smaller than 0,40 m for distance sampling.

The contact force shall be low pass filtered with a cut-off frequency of 20 Hz. The filter shall be sixth order or higher. Either analogue or digital filters may be used.

The measuring range for the contact force shall be at least:

- for AC-pantographs from 0 N to 500 N,
- for DC-pantographs from 0 N to 700 N.

If it can be proved that the measuring results are not saturated, a lower measuring range can be used.

7.7 Measurement results

Measurements taken within a control section shall be evaluated.

For calculating statistical values the control section should not be shorter than a tension length. Depending on the purpose of the measurement, a shorter evaluation section can be chosen.

As a minimum the following statistical values of the filtered contact force shall be calculated for a control section:

- mean value (F_m);
- statistical maximum ($F_m+3\sigma$);
- statistical minimum ($F_m-3\sigma$);
- standard deviation (σ);
- histogram or probability curve.

8 Measurement of displacement

8.1 General

The measurement system shall not have any effects on the measured displacement which could change the result by more than 3 %.

8.2 Vertical displacement of the contact point

The vertical displacement of the contact point is measured relative to the base frame of the pantograph.

The accuracy of the measurement system shall be better than 10 mm.

8.3 Uplift at the support

The error of the measurement system including its effects on the overhead line system shall be smaller than 5 mm. To ensure the measurements are representative the wind speed shall be recorded at the same location.

8.4 Measurement of other displacements in the overhead contact line

The accuracy of the measurement system shall be better than 10 % of the amplitude of the measured value or less than or equal to 10 mm, whichever gives a higher accuracy.

NOTE This accuracy is valid for measurements of movements of elements of overhead contact lines, for example to check electrical clearance under bridges.

9 Measurement of arcing

9.1 General requirements

For the detection of arcs the detector shall be sensitive to the wavelengths of light emitted by copper materials. For copper and copper alloyed contact wires a wavelength range shall be used that includes the range 220 nm to 225 nm or 323 nm to 329 nm.

NOTE 1 These two wave length ranges have substantial copper emissivity.

The measurement system shall be insensitive to visible light with wavelength greater than 330 nm.

The detector shall:

- be close enough to the pantograph to achieve a sufficiently high sensitivity,
- be close enough to the vehicle's longitudinal axis to achieve a sufficiently high sensitivity,
- be located behind the pantograph according to the direction of travel of the vehicle,
- aim at the trailing contact strip according to the direction of travel,
- be sensitive for a field of view over the whole working area of the pantograph head; the tolerance for this sensitivity shall be better than 10 %,
- have a response time to the beginning and end of an arc of less than 100 μ s,
- have a detection threshold depending on the defined minimum power of arcs which shall be measured.

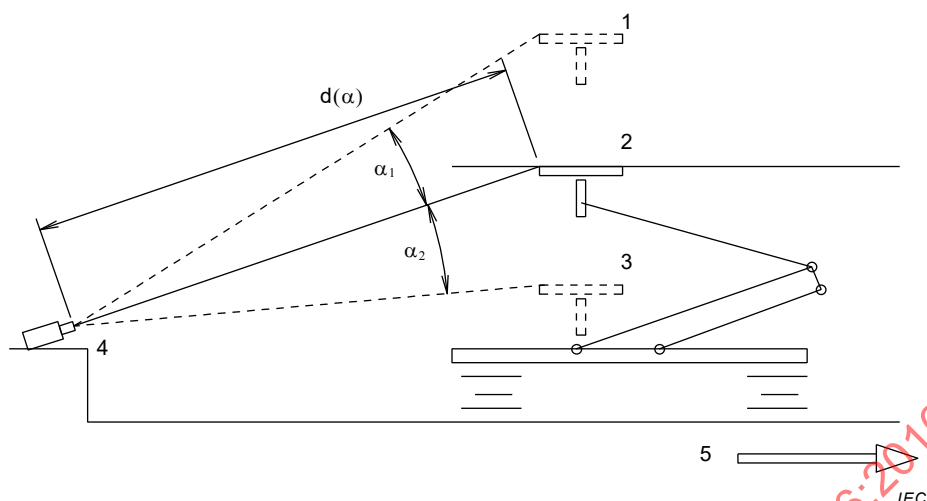
NOTE 2 The threshold values vary depending on the distance between measurement device and the place where the arcs occur.

A reference threshold (x_{ref}) with a related reference distance (d_{ref}) shall be defined, depending on the problem to be investigated.

NOTE 3 Common values of reference threshold (x_{ref}), to investigate current collection quality, with a reference distance (d_{ref}) of 5 m are:

- 160 $\mu\text{W}/\text{cm}^2 \pm 10 \%$ for use on 25 kV AC,
- 57,1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2 \pm 10 \%$ for use on 15 kV AC,
- 15,1 $\mu\text{W}/\text{cm}^2 \pm 10 \%$ for use on 3 kV DC,
- 12,5 $\mu\text{W}/\text{cm}^2 \pm 10 \%$ for use on 1,5 kV DC.

Figure 4 gives an example of the side view of the location of a detector.



Key

- 1 maximum working height of pantograph
- 2 nominal working height of pantograph
- 3 minimum working height of pantograph
- 4 arc detector location
- 5 driving direction

Figure 4 – Detector location

9.2 Calibration of the arc measurement system

The considered detector shall be calibrated for sensitivity to surface power density in the spectral range of interest according to 9.1.

The sensitivity curve shall be determined by measuring the analogue output of the detector in response to the calibrated light input on the sensor.

9.3 Adjustment of threshold for the measurement distance

If the distance between the sensor and the light source differs during measurement from the reference distance (d_{ref}), an adjustment of the threshold (x_{ref}) of the detector shall be carried out.

This shall be carried out as follows:

- determine the power density of the smallest arc that can be detected at reference distance in accordance with the $1/d^2$ law;
- use the reference values to determine the signal corresponding to this power density level;
- consequently, the value of power density threshold (x) to be detected is a function of the measurement distance (d) owing to the relation

$$x = x_{\text{ref}} \frac{d_{\text{ref}}^2}{d^2} \quad (3)$$

NOTE An arc is considered to be a point source and consequently the power density is proportional to $1/d^2$ (see Figure 4).

9.4 Values to be measured

As a minimum the system shall measure:

- the duration of each arc,
- the train speed during the test,
- the pantograph current,
- the location of the arc along the overhead contact line (kilometric position).

9.5 Measurement results

The presentation of values shall be carried out for a control section. The control section should not be shorter than 10 km or the travel time should not be shorter than 200 s and should be travelled at a constant speed. A tolerance of ± 5 km/h is acceptable. Depending on the purpose of the measurement, a shorter evaluation section can be chosen.

Multiple consecutive arcs with gaps less than 100 μ s shall be counted as continuous arcs.

NOTE 1 Ideal representative results for the overhead contact line would be achieved if the total time with a pantograph current greater than 30 % of the nominal current is not shorter than the time taken to travel over one tension length, is not interrupted by sections with reduced currents and if the speed is constant.

NOTE 2 Another possible criterion is the number of arcs per km with a pantograph current greater than 30 % of the nominal current.

As a minimum for the control section the following values shall be generated:

- train speed;
- number of arcs;
- sum of the duration of all arcs taken into consideration (t_{arc});
- largest arc duration;
- total time with a pantograph current greater than 30 % of the nominal current per pantograph (t_{total});
- total run time for the control section;
- percentage of arcing (NQ).

Refer to Annex A for special national conditions.

Annex A (informative)

Particular conditions existing in certain countries (exceptions) – Japan

A.1 Measurement of percentage of all arcing AQ

A.1.1 General requirements

For the detection of arcs, the detector shall be sensitive to the wavelengths of visible light over 330 nm emitted by copper and iron, which are current collecting materials.

NOTE 1 For sliding materials used in the current collection system such as copper and iron, a wavelength range shall be used that includes the range 371 nm to 375 nm and 510 nm to 522 nm.

Measurements shall be done at night without heavy rainfall, snowfall, and frost covering the contact wire or in tunnel sections without lighting.

The sampling frequency of measurement should be set to at least 2 kHz.

The detector shall:

- be close enough to the pantograph to achieve a sufficiently high sensitivity,
- be close enough to the vehicle's longitudinal axis to achieve a sufficiently high sensitivity,
- be located behind the pantograph according to the direction of travel of the vehicle,
- aim at the trailing contact strip according to the direction of travel,
- be sensitive for a field of view over the whole working area of the pantograph head,
- have a response time to the beginning and end of an arc of less than 100 µs,
- have a detection threshold depending on the defined minimum power of arcs which shall be measured.

NOTE 2 Common values of reference threshold (x_{ref}) to evaluate current collection quality can be calculated using:

$$V_m \times I_r \times \eta \times \delta / 4\pi d_{ref}^2.$$

where:

V_m is the minimum arc voltage;

I_r is the nominal current;

η is the conversion rate of input energy into arcing light;

δ is the ratio of light over 330 nm to the arcing light.

Figure 4 gives an example of the side view of the location of a detector.

A.1.2 Calibration of the arc measurement system

The considered detector shall be calibrated for sensitivity to surface power density in the spectral range of interest according to A.1.1.

The sensitivity curve shall be determined by measuring the analogue output of the detector in response to the calibrated light input on the sensor.

A.1.3 Adjustment of threshold for the measurement distance

If the distance between the sensor and the light source differs during measurement from the reference distance (d_{ref}), an adjustment of the threshold (x_{ref}) of the detector shall be carried out.

This shall be carried out as follows:

- determine the power density of the smallest arc that can be detected at reference distance in accordance with the $1/d^2$ law,
- use the reference values to determine the signal corresponding to this power density level,
- consequently, the value of power density threshold (x) to be detected is a function of the measurement distance (d) owing to the relation.

$$x = x_{\text{ref}} \frac{d_{\text{ref}}^2}{d^2}$$

NOTE An arc is considered to be a point source and consequently the power density is proportional to $1/d^2$ (see Figure 4).

A.1.4 Values to be measured

As a minimum the system shall measure:

- the duration of each arc,
- the train speed during the test,
- the pantograph current,
- the location of the arc along the overhead contact line (kilometric position).

A.1.5 Measurement results

The presentation of values shall be carried out for a control section. The control section should not be shorter than 10 km or the travel time should not be shorter than 200 s and should be travelled at a constant speed. A tolerance of ± 5 km/h is acceptable. Depending on the purpose of the measurement, a shorter evaluation section can be chosen.

NOTE Ideal representative results for the overhead contact line would be achieved if the total time with a pantograph current greater than 30 % of the nominal current is not shorter than the time taken to travel over one tension length, is not interrupted by sections with reduced currents and if the speed is constant..

The percentage of all arcing (AQ) shall be calculated as:

$$AQ = \frac{\sum t_{\text{all_arc}}}{t_{\text{total}}} \times 100$$

As a minimum for the control section the following values shall be generated:

- train speed,
- number of arcs,
- sum of the duration of all arcs taken into consideration ($t_{\text{all_arc}}$),
- largest arc duration,
- total time with a pantograph current greater than 30 % of the nominal current per pantograph,
- total run time for the control section,
- percentage of all arcing (AQ).

A.2 Measurement of percentage of current loss

A.2.1 General requirements

Measurement of CQ using the waveform of collected current shall be applied when two or more pantographs are connected electrically to be at the same potential as the contact wire (see Figure A.1).

Collected currents of each pantograph with the same potential as the contact wire shall be measured. In general, it is hard to measure the current flowing through the pantograph itself. Therefore, all the currents flowing from the pantograph towards transformers, bus lines connected to other pantographs, etc., can be measured alternatively in order to evaluate collected current.

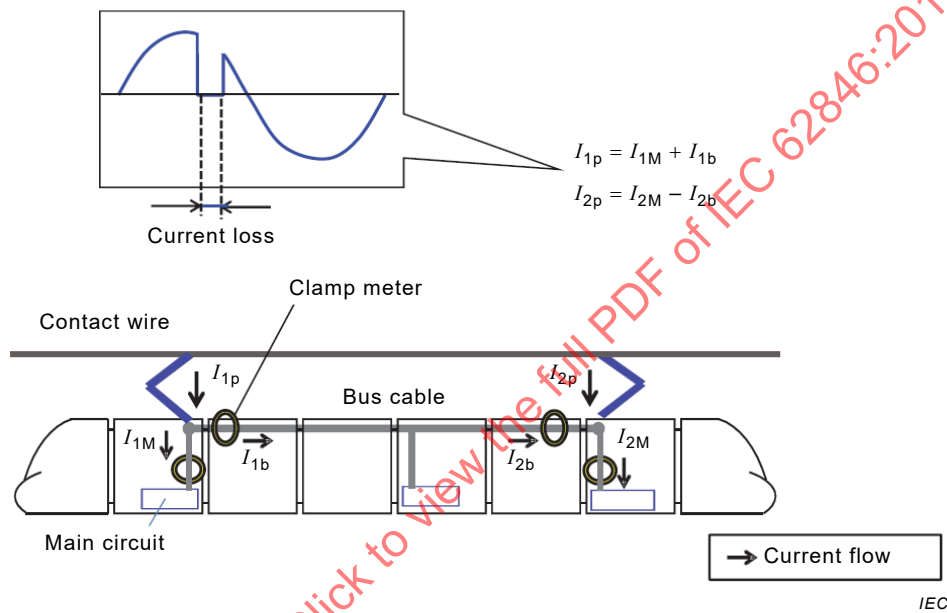


Figure A.1 – Test setup

The current detector shall be able to sense DC components as well as AC components in the range of 1 Hz to 1 kHz.

The measurement sampling frequency should be set to at least 2 kHz.

Figure A.1 gives an example of the test setup for measurement of CQ .

A.2.2 Current loss detection

When the instantaneous value of the collected current I_{1p} is small enough, it is counted as current loss. In the case of an AC feeding system, zero-cross of the waveform shall not be counted as current loss.

NOTE A threshold for I_{1p} used in Japan for 25 kV lines is 40 % of RMS value calculated over a time of 0,5 s.

A.2.3 Measurement result

The control section shall be defined according to the agreement between the infrastructure manager and operation manager.

NOTE As for the control section, a tension length can be set as one control section.

Only output measured in the section where a collected current is at least 30 % of the nominal current shall be assessed.

$$CQ = \frac{\sum t_{cl}}{t_{total}} \times 100$$

The control section shall at least generate the following values:

- train speed,
- number of current losses,
- sum of the duration of all current loss taken into account,
- largest current loss duration,
- total run time for the control section,
- percentage of current loss (CQ).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62846:2016

Annex B (informative)

Contact wire bending stress

B.1 General

The contact wire bending stress is defined as the largest bending stress of the contact wire when the pantograph passes; therefore, it shall be evaluated by a strain gauge attached on the upper surface of the contact wire. The strain gauge shall be attached at the top of the contact wire so as to evaluate the maximum bending stress acting on it. In general, the gauge axis should be aligned with the axis of the contact wire. The strain gauge on the contact wire is located in electrically noisy environments; therefore, it shall be essential to be able to eliminate noise that can couple to the strain gauge. If the influence of the temperature drift of the strain gauge cannot be eliminated, the effects of temperature drift should be compensated. The sampling rate for measurement of the contact wire bending stress should be at least 500 Hz.

As the train speed increases, the time series waveform of bending stress become increasingly sharp, hence the measuring sample rate should be higher.

B.2 Measurement points of contact wire bending stress

The contact wire bending stress shall be measured at the points where it is predicted that noticeable large bending stress occurs. Generally, noticeable bending stress of the contact wire occurs in the immediate vicinity of a clamp of a pull-off arm, a feeder clamp, section insulator, and so on. Basically, if the distance between such a clamp and the strain gauge is 2 cm or less, the measurement result is substantially unaffected by this distance. This is due to the bending stiffness of contact wire. Therefore, when the contact wire bending stress in the vicinity of clamps or insulators is measured, the strain gauge can be attached at the top of the contact wire 2 cm backward from edge of clamps or insulators. The measurement points shall be given according to the agreement between the infrastructure manager and operation manager.

NOTE Generally, large bending stress of contact wire can be observed in the vicinity of the clamp of pull-off arms, section insulators, heavy materials such as connecting devices, and so on.

B.3 Measurement result

Besides the contact wire bending stress, the following values shall be recorded:

- train speed,
- both maximum values of tensile and compressive bending stresses of contact wire for each pantograph.

Bibliography

IEC 60494-1:2013 *Railway applications – Rolling stock – Pantographs – Characteristics and tests – Part 1: Pantographs for mainline vehicles*

IEC 60494-2:2013, *Railway applications – Rolling stock – Pantographs – Characteristics and tests – Part 2: Pantographs for metros and light rail vehicles*

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62846:2016

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	28
1 Domaine d'application.....	30
2 Références normatives	30
3 Termes et définitions	30
4 Symboles et termes abrégés	33
5 Généralités.....	34
6 Mesure de la force de planage nominale de levée	35
7 Mesure de la force de contact.....	37
7.1 Exigences générales	37
7.2 Influence aérodynamique du système de mesure	38
7.3 Correction d'inertie.....	38
7.4 Correction aérodynamique.....	38
7.5 Etalonnage du système de mesure	39
7.6 Paramètres de mesure	40
7.7 Résultats des mesures	40
8 Mesure des déplacements	40
8.1 Généralités	40
8.2 Déplacement vertical du point de contact.....	40
8.3 Soulèvement au support.....	40
8.4 Mesures d'autres déplacements au niveau de la ligne aérienne de contact (caténaire)	41
9 Mesure des arcs	41
9.1 Exigences générales	41
9.2 Etalonnage du système de mesure d'arc.....	42
9.3 Réglage du seuil de la distance de mesure	42
9.4 Valeurs à mesurer.....	43
9.5 Résultats de mesure	43
Annexe A (informative) Conditions particulières existant dans certains pays (exceptions) – Japon.....	44
A.1 Mesure du pourcentage d'arc total AQ.....	44
A.1.1 Exigences générales	44
A.1.2 Etalonnage du système de mesure d'arc.....	44
A.1.3 Réglage du seuil de la distance de mesure	45
A.1.4 Valeurs à mesurer	45
A.1.5 Résultats de mesure.....	45
A.2 Mesure du pourcentage de perte de courant	46
A.2.1 Exigences générales	46
A.2.2 Détection de la perte de courant	46
A.2.3 Résultats des mesures	47
Annexe B (informative) Contrainte de flexion du fil de contact.....	48
B.1 Généralités	48
B.2 Points de mesure de la contrainte de flexion du fil de contact.....	48
B.3 Résultat de mesure	48
Bibliographie	49

Figure 1 – Arrangement des principes pour un essai de planage.....	36
Figure 2 – Mesure de la force de contact.....	37
Figure 3 – Exemple de bande de frottement segmentée.....	38
Figure 4 – Emplacement du détecteur	42
Figure A.1 – Montage d'essai.....	46
Tableau 1 – Vitesse d'essai initiale	36

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62846:2016

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – SYSTÈMES DE CAPTAGE DE COURANT – EXIGENCES ET VALIDATION DES MESURES DE L'INTERACTION DYNAMIQUE ENTRE LE PANTOGRAPHE ET LA CATÉNAIRE

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC 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 l'IEC. L'IEC 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC 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 IEC 62846 a été établie par le comité d'études 9 de l'IEC: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

La présente norme est basée sur l'EN 50317.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/2198/FDIS	9/2205/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/IEC, Partie 2.

L'attention du lecteur est attirée sur le fait que l'Annexe A énumère tous les articles traitant des différences à caractère moins permanent ou permanent inhérentes à certains pays, concernant le sujet de la présente norme.

Les différentes pratiques suivantes, à caractère moins permanent, existent dans les pays indiqués ci-après:

- Paragraphe 3.20: t_{total} est la durée de mesure totale (Chine).
- Paragraphe 9.5 L'évaluation de l'interaction inclut le comptage du nombre d'arcs supérieurs à une longueur prédéfinie (Chine).

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 l'IEC 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.

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

APPLICATIONS FERROVIAIRES – SYSTÈMES DE CAPTAGE DE COURANT – EXIGENCES ET VALIDATION DES MESURES DE L'INTERACTION DYNAMIQUE ENTRE LE PANTOGRAPHE ET LA CATÉNAIRE

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les exigences fonctionnelles pour la production et la précision des mesures de l'interaction dynamique entre le pantographe et la ligne aérienne de contact (caténaire).

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).

IEC 62486:2010, *Applications ferroviaires – Systèmes de captage de courant – Critères techniques d'interaction entre le pantographe et la ligne aérienne de contact (réalisation du libre accès)*

3 Termes et définitions

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

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1

archet du pantographe

partie du pantographe supportée par le cadre qui inclut les bandes de frottement, les cornes et peut inclure une suspension

[SOURCE: IEC 60494-1:2013, modifiée – la modification ne concerne que l'anglais.]

3.2

point de contact

point de contact mécanique entre une bande de frottement et un fil de contact

3.3

plage de fonctionnement de l'archet du pantographe

plage latérale et verticale des points de contact possibles sur les bandes de frottement pendant le fonctionnement normal

3.4

force de contact

force verticale exercée par le pantographe sur la ligne aérienne de contact (caténaire). La force de contact est la somme des forces de tous les points de contact d'un pantographe

[SOURCE: IEC 62486:2010, 3.2]

3.5

force moyenne de contact

F_m

valeur moyenne statistique de la force de contact

Note 1 à l'article: F_m est formé par les composants statiques et aérodynamiques de la force de contact du pantographe.

[SOURCE: IEC 62486:2010, 3.4, modifiée – le symbole F_m ainsi que la note ont été ajoutés.]

3.6

force de contact statique

force verticale moyenne exercée vers le haut par l'archet du pantographe sur la ligne aérienne de contact, et provoquée par le dispositif d'élévation du pantographe, tandis que le pantographe est en service et que le véhicule est à l'arrêt

[SOURCE: IEC 62486:2010, 3.3]

3.7

écart-type de la force de contact

σ

racine carrée de la somme des différences élevées au carré entre les valeurs des données et la force moyenne de contact divisée par le nombre de valeurs de données moins 1

3.8

force aérodynamique

force verticale supplémentaire exercée par le pantographe résultant de l'écoulement de l'air autour de ses composants

3.9

valeur minimale statistique de la force de contact

valeur de la force de contact représentée par $F_m - 3\sigma$

3.10

valeur maximale statistique de la force de contact

valeur de la force de contact représentée par $F_m + 3\sigma$

3.11

force de corde

force mesurée dans une corde retenant une bande de frottement à une hauteur définie

3.12

force de planage nominale de levée

force verticale mesurée au niveau de l'archet du pantographe, celui-ci 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 donnée des points de contact.

3.13

amplitude de la fonction de transfert

amplitude du rapport entre les forces appliquées et les forces mesurées du pantographe et de l'instrumentation déterminée par une excitation dynamique exercée au niveau de l'archet du pantographe selon une gamme de fréquences donnée

3.14

canton de pose

longueur de la ligne aérienne de contact entre deux points d'ancrage

[SOURCE: IEC 60913:2013, 3.4.1]

3.15

section de contrôle

partie représentative de la longueur de mesure totale dans laquelle les conditions de mesure sont conformes aux conditions normales

3.16

courant au pantographe

courant qui circule dans le pantographe

3.17

arc

amorçage

flux de courant à travers un entrefer entre une bande de frottement et un fil de contact généralement signalé par l'émission d'une lumière intense

[SOURCE: IEC 62486:2010, 3.15]

3.18

courbe de sensibilité

relation entre l'éclairement énergétique (densité de puissance) de l'arc en $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ et la réponse du détecteur en volts dans le domaine spectral considéré

3.19

courant nominal

courant qui circule dans un pantographe pour la puissance nominale du train

3.20

pourcentage d'arc

NQ

caractéristique donnée par la formule suivante:

$$NQ = \frac{\sum t_{\text{arc}}}{t_{\text{total}}} \times 100$$

où

t_{arc} est la durée d'un arc qui dure plus de 5 ms;

t_{total} est la durée de mesure avec un courant supérieur à 30 % du courant nominal.

Le résultat, exprimé en pourcentage, est une caractéristique pour une vitesse donnée du véhicule

Note 1 à l'article: Se reporter à l'Avant-propos pour les conditions nationales particulières.

[SOURCE: IEC 62486:2010, 3.16, modifiée – une note a été ajoutée.]

3.21

contrainte de flexion du fil de contact

variation de la contrainte de flexion d'un fil de contact provoquée par le passage d'un pantographe

3.22**pourcentage d'arc total**

caractéristique donnée par la formule suivante:

$$AQ = \frac{\sum t_{\text{all_arc}}}{t_{\text{total}}} \times 100$$

où

$t_{\text{all_arc}}$ est la durée d'un arc mesurée avec une lumière visible d'amorçage;

t_{total} est la durée de mesure avec un courant supérieur à 30 % du courant nominal.

Le résultat, exprimé en pourcentage, est une caractéristique pour une vitesse donnée du véhicule

[SOURCE: IEC 62486:2010, 3.20]

3.23**pourcentage de perte de courant**

caractéristique donnée par la formule suivante:

$$CQ = \frac{\sum t_{\text{cl}}}{t_{\text{total}}} \times 100$$

où

t_{cl} est la durée de la perte de courant (par exemple, mesure avec une forme d'onde de courant capté du pantographe qui est raccordé à un autre pantographe);

t_{total} est la durée de mesure avec un courant supérieur à 30 % du courant nominal.

Le résultat, exprimé en pourcentage, est une caractéristique pour une vitesse donnée du véhicule

Note 1 à l'article: Cette méthode est applicable uniquement pour deux pantographes au moins raccordés électriquement. Dans le contexte de cette méthode de mesure, "perte de courant" signifie que le courant qui circule dans l'un de ces pantographes est nul.

[SOURCE: IEC 62486:2010, 3.21, modifiée – une note a été ajoutée.]

3.24**perte de contact**

condition à laquelle la force de contact est zéro

Note 1 à l'article: La perte de contact induit assurément de l'amorçage sauf en cas de marche sur l'erre. Cependant, si deux pantographes, ou plus, sont connectés électriquement l'un à l'autre, l'arc disparaîtra immédiatement et la condition changera en «perte de courant».

3.25**perte de courant**

condition à laquelle le courant circulant à travers un pantographe est zéro dans une condition de perte de contact

Note 1 à l'article: Quand un train est équipé de deux pantographes ou plus connectés électriquement par un câble de bus, l'énergie de traction peut être fournie par d'autres pantographes via le câble de bus en cas de perte de contact. Ainsi, la condition de perte de courant n'aura généralement pas d'impact sur la conduite du train.

4 Symboles et termes abrégés

$a_{\text{Sensor},i}$ accélération mesurée dans le capteur d'accélération i

c	coefficient pour le calcul de la limitation en fonction de la vitesse de l'effet du système de mesure sur la force aérodynamique
d	distance de mesure entre le détecteur d'arc et la source de lumière (voir Figure 4)
d_{ref}	distance de référence entre le détecteur d'arc et la source de lumière
F_{applied}	force appliquée à l'archet du pantographe
F_c	force de contact
$F_{\text{corr,aero}}$	correction de force aérodynamique
F_m	force moyenne de contact
F_{measured}	force mesurée
$F_{\text{Sensor},i}$	force mesurée dans le capteur i
$F_{z,i}$	force mesurée dans la corde i
f_1	fréquence minimale
f_i	fréquence réelle
f_n	fréquence maximale
g	éclairage énergétique (puissance surfacique) produit par le plus petit arc qui doit être détecté à la distance de référence
J	précision de la fonction de transfert
k_a	nombre de capteurs d'accélération
k_f	nombre de capteurs de force
m_{above}	masse entre le point de contact et les capteurs de force
NQ	pourcentage d'arc
AQ	pourcentage d'arc total
CQ	pourcentage de perte de courant
n	nombre d'échelons de fréquence
t_{arc}	durée d'un arc enregistré supérieure à une valeur spécifiée
$t_{\text{all_arc}}$	durée de tous les arcs enregistrés
t_{cl}	durée de la perte de courant
t_{total}	durée mesurée avec un courant au pantographe supérieur à une valeur spécifiée
v	vitesse
x	éclairage énergétique (puissance surfacique) produit par le plus petit arc qui doit être détecté à la distance de mesure
x_{ref}	éclairage énergétique (puissance surfacique) produit par le plus petit arc qui doit être détecté à la distance de référence
σ	écart-type de la force de contact

5 Généralités

La mesure de l'interaction entre la ligne de contact et le pantographe est destinée à démontrer la sûreté de fonctionnement et la qualité du système de captage de courant. Les résultats des mesures des différents systèmes de captage de courant doivent être comparables afin d'autoriser le libre accès des composants sur les lignes ferroviaires exploitées.

Pour vérifier la capacité de fonctionnement du système de captage de courant, des mesures doivent être réalisées conformément aux exigences relatives à la performance d'interaction dynamique définie dans l'IEC 62486, incluant le type de méthodes de mesures qui doivent être utilisées. Ces méthodes sont décrites en détail dans les Articles 6 à 9. Les conditions nationales particulières sont décrites dans l'Annexe A.

Outre les valeurs mesurées, les conditions de fonctionnement (vitesse du train, localisation, etc.) doivent être enregistrées et/ou traitées en continu et les conditions d'environnement (pluie, givre, température, vent, tunnel, etc.) ainsi que la configuration d'essai (paramètres en lien avec les pantographes et les matériels de ligne aérienne, etc.) au cours des mesures doivent être consignées dans le rapport d'essai. Ces renseignements supplémentaires doivent permettre d'assurer la répétabilité des mesures et de comparer les résultats.

NOTE Pour évaluer le risque de fissure de fatigue provoqué dans un fil de contact par une contrainte de flexion, une méthode de mesure est fournie en Annexe B à titre d'information.

6 Mesure de la force de planage nominale de levée

Lorsqu'un essai de planage (voir Figure 1) est utilisé pour mesurer la force de planage nominale de levée, les exigences suivantes doivent être satisfaites.

Un essai de planage détermine la ou les forces de corde. La force de planage nominale de levée est la somme de toutes les valeurs moyennes des forces de corde mesurées pour les conditions de hauteur, de vitesse et de mesure choisies.

La force aérodynamique est la différence entre la force de planage nominale de levée et la force de contact statique.

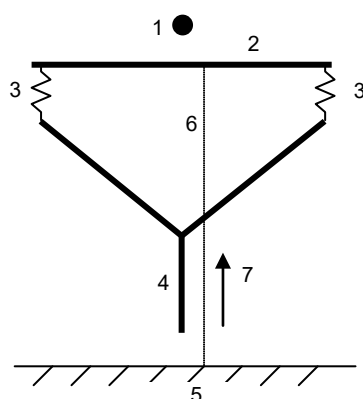
Pour cette mesure, le pantographe doit être retenu à une hauteur aussi proche que possible de celle spécifiée pour le fil de contact pour laquelle le résultat doit être valable. Le dispositif de retenue doit être composé de cordes verticales fixées à chaque bande de frottement. Les cordes doivent avoir une rigidité appropriée permettant de maintenir l'inclinaison de l'archet.

La précision du réglage doit être vérifiée sur une voie horizontale sans inclinaison. Les bandes de frottement doivent être réglées de sorte que les erreurs longitudinales et latérales soient inférieures à 1,5° par rapport au plan des rails.

Le fil de contact ne doit pas toucher le pantographe pendant l'essai.

NOTE 1 Une distance type entre l'archet du pantographe et le fil de contact est comprise entre 10 cm et 15 cm. Des résultats de simulation peuvent être utilisés pour tenir compte du mouvement dynamique maximal du fil de contact provoqué par tout autre pantographe en fonctionnement.

La force dans chaque corde doit être mesurée.



IEC

Légende

- 1 fil de contact
- 2 bande(s) de frottement
- 3 suspension de l'archet de pantographe
- 4 bras supérieur du pantographe
- 5 bâti du toit du véhicule
- 6 corde(s)
- 7 force(s) de corde $F_{Z,1}(t) \dots F_{Z,i}(t)$

Figure 1 – Arrangement des principes pour un essai de planage

Le comportement dynamique des forces de corde dépend d'un grand nombre d'influences (conditions d'environnement, turbulences autour des cordes, conditions de la voie, tunnels, etc.).

Pour obtenir des résultats fiables, la variance des forces enregistrées et leur répétabilité sur différentes sections doivent être démontrées.

L'influence de la vitesse sur la force de planage nominale de levée doit être évaluée par une mesure de la (ou des) force(s) de corde entre une vitesse d'essai initiale conforme au Tableau 1 et la vitesse maximale du train par paliers. La valeur de palier doit être choisie en fonction de la vitesse maximale du train.

Tableau 1 – Vitesse d'essai initiale

Vitesse maximale du train [km/h]	≤ 200	> 200
Vitesse d'essai initiale [km/h]	100	160

NOTE 2 Un palier type a une valeur de 20 km/h ou telle que 5 paliers correspondent à la plage de vitesse complète.

Outre les conditions enregistrées selon l'Article 5, la configuration du train, le sens de déplacement, la hauteur de fonctionnement et les conditions d'usure des bandes de frottement doivent être notés.

Le résultat de l'essai de planage doit donner la force de planage nominale de levée en fonction de la vitesse pour la configuration mesurée.

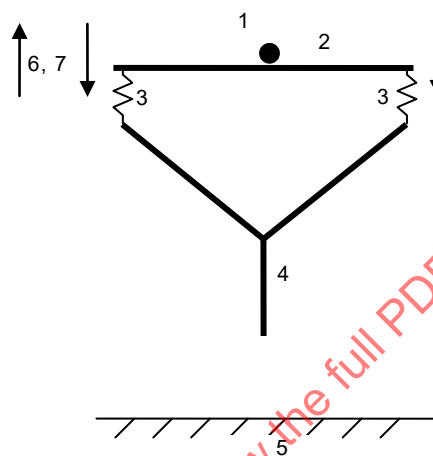
NOTE 3 Les résultats de l'essai peuvent être utilisés pour optimiser les propriétés aérodynamiques du pantographe, par exemple optimiser l'angle des déflecteurs d'air sur le pantographe.

Si la hauteur du fil de contact est faible au point que le pantographe fixé par sangle soit situé en dessous de sa hauteur en "position inférieure de fonctionnement", un essai dans un tunnel aérodynamique peut être choisi à titre de méthode d'essai de remplacement. Les conditions aérodynamiques autour du pantographe (configuration du toit) doivent être prises en compte pour cette méthode d'essai.

7 Mesure de la force de contact

7.1 Exigences générales

La mesure de la force de contact (voir Figure 2) doit être réalisée sur le pantographe au moyen de capteurs de force. Les capteurs de force doivent être positionnés aussi près que possible en pratique des points de contact.



IEC

Légende

- 1 fil de contact
- 2 bande(s) de frottement
- 3 suspension de l'archet du pantographe
- 4 bras supérieur du pantographe
- 5 bâti
- 6 capteur(s) de force $F_{\text{Sensor},1}(t) \dots F_{\text{Sensor},i}(t)$
- 7 capteur(s) d'accélération $a_{\text{Sensor},1}(t) \dots a_{\text{Sensor},i}(t)$

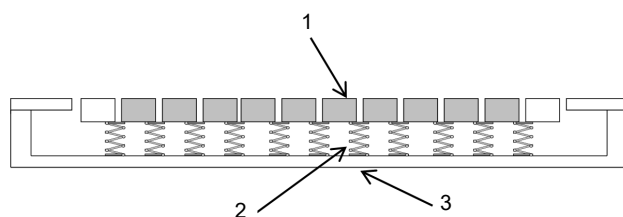
Figure 2 – Mesure de la force de contact

Le système de mesure doit mesurer la composante verticale des forces de contact en minimisant l'interférence des forces ayant d'autres directions (par exemple la force de friction au contact).

Tous les capteurs doivent être compensés en température pour les conditions de mesure.

Pour les pantographes à bandes de frottement indépendantes, chaque bande de frottement doit être mesurée séparément.

Les bandes de frottement segmentées (voir Figure 3) sont considérées comme une seule bande de frottement.



IEC

Légende

- 1 bande de frottement segmentée
- 2 ressort
- 3 corps principal

Figure 3 – Exemple de bande de frottement segmentée

Le système de mesure doit présenter une immunité aux perturbations électromagnétiques.

Les écarts par rapport à la masse et à la géométrie d'origine du pantographe, dus à l'installation du système de mesure, doivent être réduits au minimum.

L'erreur maximale du système de mesure doit être inférieure à 10 % de la valeur mesurée.

La force de contact doit être calculée à l'aide de la formule suivante en incluant les signaux des capteurs de force et des capteurs d'accélération (correction d'inertie, voir 7.3) ainsi que la correction de force aérodynamique (7.4).

$$F_c = \sum_{i=1}^{k_f} F_{\text{Sensor},i} + \frac{m_{\text{above}}}{k_a} \times \sum_{i=1}^{k_a} a_{\text{Sensor},i} + F_{\text{corr,aero}} \quad (1)$$

7.2 Influence aérodynamique du système de mesure

Le système de mesure ne doit avoir aucun effet sur la force aérodynamique qui modifie la force de planage nominale de levée de plus de 5 % ou $c \times v^2$ avec $c = 8 \text{ N}/(300 \text{ km/h})^2$ en fonction de la valeur la plus élevée.

NOTE L'influence la plus importante que peut avoir un système de mesure sur le résultat est représentée par la force aérodynamique. Cette déformation peut être vérifiée en effectuant une mesure selon l'Article 6 avec et sans le système de mesure installé dans des conditions reproductibles (par exemple, dans un tunnel aérodynamique ou pour un essai de ligne).

7.3 Correction d'inertie

Les forces d'inertie dues aux effets de la masse des composants entre les capteurs et le point de contact doivent être corrigées. Cela doit être réalisé en mesurant l'accélération de ces composants.

7.4 Correction aérodynamique

Une correction doit être appliquée pour prendre en compte l'influence des forces aérodynamiques sur les composants entre les capteurs et les points de contact.

Cette correction aérodynamique $F_{\text{corr,aero}}$ dans la Formule (1) doit être déduite d'une mesure de la force de planage nominale de levée (par exemple, via les cordes selon l'Article 6) avec mesure simultanée des forces des capteurs.

La différence entre la force de planage nominale de levée et la moyenne de la somme des forces des capteurs donne la correction aérodynamique pour le système de mesure de ce pantographe.

La correction aérodynamique doit être établie dans la configuration définie.

NOTE La correction aérodynamique dépend de la hauteur du fil de contact, de la configuration du train, des appareils de mesure, des conditions environnementales, etc.

7.5 Etalonnage du système de mesure

Le système de mesure doit faire l'objet d'essais en laboratoire pour vérifier la précision de la force mesurée. Cet essai doit être effectué sur le pantographe complet muni de tous les dispositifs de mesure de force et des accéléromètres, du système de transfert de données (télémétrie, systèmes optiques) et des amplificateurs.

La force moyenne appliquée pour cet essai doit être égale à la force statique. Si la force de contact du pantographe augmente avec la vitesse, l'essai doit être également réalisé à la force moyenne de contact prévue appropriée à la vitesse maximale du train.

L'amplitude de la fonction de transfert doit être déterminée.

NOTE 1 Si une force sinusoïdale est utilisée, une amplitude de $\pm 15\%$ de la force moyenne de contact prévue donne des résultats représentatifs.

Les essais doivent être effectués dans les deux cas suivants:

- la force est appliquée au centre de l'archet du pantographe;
- la force est, si possible, appliquée à 250 mm de l'axe de l'archet du pantographe. Sinon le point d'application de la force doit être aussi proche que possible de cette valeur. Si une autre valeur est utilisée, cela doit être consigné dans le rapport d'essai.

L'essai doit être effectué en plaçant l'archet du pantographe à la hauteur de retenue indiquée à l'Article 6.

La force appliquée et la force mesurée doivent être déterminées à des fréquences comprises entre 0,5 Hz et 20 Hz par échelons de 0,5 Hz avec des intervalles réduits pour les fréquences de résonance. Il est nécessaire de réduire les échelons de fréquence près des fréquences de résonance. Les échelons de fréquence proches des fréquences de résonance doivent être précisés.

NOTE 2 La fonction de transfert est une fonction continue qui présente de plus grandes variations à proximité des fréquences de résonance.

La précision J de l'amplitude de la fonction de transfert doit être calculée en utilisant la formule suivante:

$$J = \left(1 - \frac{1}{(f_n - f_1)} \sum_{i=1}^{n-1} \left(f_{i+1} - f_i \right) \left| 1 - \frac{F_{\text{measured}}}{F_{\text{applied}}} \right| \right) \times 100 \% \quad (2)$$

Le terme $F_{\text{measured}} / F_{\text{applied}}$ dans la Formule (2) est la fonction de transfert.

La précision de l'amplitude de la fonction de transfert des systèmes de mesure doit être supérieure à 90 % jusqu'à une fréquence limite de 20 Hz (conformément à 7.1). Une correction au moyen de filtres est possible pour obtenir cette précision.

7.6 Paramètres de mesure

La fréquence d'échantillonnage doit être supérieure à 200 Hz pour un échantillonnage temporel ou inférieure à 0,40 m pour un échantillonnage de distance.

La force de contact doit être mesurée avec un filtre passe-bas dont la fréquence de coupure est de 20 Hz. Le filtre doit fonctionner avec un ordre de filtre d'au moins six. Des filtres analogiques ou des filtres numériques peuvent être utilisés.

L'étendue de mesure pour la force de contact doit être au moins:

- pour les pantographes en courant alternatif de 0 N à 500 N,
- pour les pantographes en courant continu de 0 N à 700 N.

S'il est possible de démontrer que les résultats de mesure ne sont pas saturés, une étendue de mesure inférieure peut être utilisée.

7.7 Résultats des mesures

Les mesures réalisées au sein d'une section de contrôle doivent être évaluées.

Pour calculer les valeurs statistiques, il convient que la section de contrôle ne soit pas plus courte qu'un canton de pose. En fonction de l'objectif de mesure, il est possible de choisir une section d'évaluation plus courte.

Pour une section de contrôle, les valeurs statistiques suivantes de la force de contact filtrée doivent au minimum être calculées:

- valeur moyenne (F_m);
- valeur maximale statistique ($F_m+3\sigma$);
- valeur minimale statistique ($F_m-3\sigma$);
- écart-type (σ);
- histogramme ou courbe de probabilité.

8 Mesure des déplacements

8.1 Généralités

Le système de mesure ne doit avoir aucun effet sur le déplacement mesuré qui soit susceptible de modifier le résultat de plus de 3 %.

8.2 Déplacement vertical du point de contact

Le déplacement vertical du point de contact est mesuré à partir du bâti du pantographe.

La précision du système de mesure doit être meilleure que 10 mm.

8.3 Soulèvement au support

L'erreur du système de mesure, en incluant ses effets sur le matériel de ligne aérienne, doit être inférieure à 5 mm. Pour s'assurer que les mesures sont représentatives, la vitesse du vent doit être enregistrée au même emplacement.

8.4 Mesures d'autres déplacements au niveau de la ligne aérienne de contact (caténaire)

La précision du système de mesure doit être meilleure que 10 % de l'amplitude de la valeur mesurée ou inférieure ou égale à 10 mm, en prenant celle des valeurs qui donne la plus grande précision.

NOTE Cette précision est valable pour les mesures des mouvements des éléments des lignes aériennes de contact, par exemple pour vérifier la distance d'isolement sous les ponts.

9 Mesure des arcs

9.1 Exigences générales

Pour détecter les arcs, le détecteur doit être sensible aux longueurs d'onde de lumière émises par les matériaux à base de cuivre. Pour les fils de contact en cuivre et en alliage de cuivre, les gammes de longueurs d'onde de 220 nm à 225 nm ou de 323 nm à 329 nm doivent être utilisées.

NOTE 1 Ces deux gammes de longueurs d'onde ont une émissivité de cuivre substantielle.

Le système de mesure doit être insensible à la lumière visible de longueur d'onde supérieure à 330 nm.

Le détecteur doit:

- être assez proche du pantographe pour obtenir une sensibilité suffisamment élevée,
- être assez proche de l'axe longitudinal du véhicule pour obtenir une sensibilité suffisamment élevée,
- être situé derrière le pantographe selon le sens de déplacement du véhicule,
- être dirigé vers la bande de frottement arrière selon le sens de déplacement,
- être sensible dans un champ de vision sur toute la plage de fonctionnement de l'archet du pantographe; la tolérance pour cette sensibilité doit être meilleure que 10 %,
- avoir un temps de réponse inférieur à 100 μ s au début et à la fin de l'arc,
- avoir un seuil de détection selon l'énergie d'arc minimale qui doit être mesurée.

NOTE 2 Les valeurs de seuil varient en fonction de la distance entre le dispositif de mesure et l'endroit où se produisent les arcs.

Un seuil de référence (x_{ref}) avec une distance de référence (d_{ref}) associée doit être défini en fonction du problème à examiner.

NOTE 3 Les valeurs communes de seuil de référence (x_{ref}), permettant d'examiner la qualité du captage de courant, avec une distance de référence (d_{ref}) de 5 m, sont les suivantes:

- 160 μ W/cm² $\pm$ 10 % sous électrification 25 kV en courant alternatif,
- 57,1 μ W/cm² $\pm$ 10 % sous électrification 15 kV en courant alternatif,
- 15,1 μ W/cm² $\pm$ 10 % sous électrification 3 kV en courant continu,
- 12,5 μ W/cm² $\pm$ 10 % sous électrification 1,5 kV en courant continu.

La Figure 4 donne un exemple d'emplacement de détecteur vu de côté.