

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Optical fibre cables –

Part 4-30: Aerial optical cables along electrical power lines – Family specification for optical phase conductor (OPPC) optical cables

Câbles à fibres optiques –

Partie 4-30: Câbles optiques aériens le long des lignes électriques de puissance – Spécification de famille pour les conducteurs de phase à fibres optiques (OPPC)



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2021 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
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 corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 once a month by email.

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: sales@iec.ch.

IEC online collection - oc.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

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.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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 une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC online collection - oc.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Optical fibre cables –

Part 4-30: Aerial optical cables along electrical power lines – Family specification for optical phase conductor (OPPC) optical cables

Câbles à fibres optiques –

Partie 4-30: Câbles optiques aériens le long des lignes électriques de puissance – Spécification de famille pour les conducteurs de phase à fibres optiques (OPPC)

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 33.180.10

ISBN 978-2-8322-9594-6

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	7
4 Symbols and abbreviated terms.....	8
5 Optical fibre.....	8
6 Cable elements	8
7 Cable construction.....	8
7.1 General.....	8
7.2 Anti-corrosion	9
8 Main installation requirements	9
8.1 General.....	9
8.2 Installation methods and conditions of OPPC.....	9
8.3 Installation methods and conditions of the fittings	10
8.4 Anti-twist.....	10
8.5 Installation methods and conditions of the closure.....	10
9 Cable design characteristics	10
10 Cable tests	11
10.1 General.....	11
10.2 Classification of tests	12
10.2.1 Type test	12
10.2.2 Factory acceptance tests	12
10.2.3 Routine tests	12
10.3 Tensile performance	12
10.4 Aeolian vibration	13
10.5 Creep.....	13
10.6 Sheave test.....	13
10.7 Stress-strain test.....	14
10.8 Breaking strength.....	14
10.9 Twist.....	14
10.9.1 General	14
10.9.2 Set up.....	14
10.9.3 Procedure.....	15
10.10 Temperature cycling	15
10.11 Water penetration (applicable to optical unit only)	15
10.12 Compound flow (drip) (applicable to optical unit only)	15
10.13 Fibre coating compatibility	15
10.14 Salt spray corrosion test	16
10.15 DC resistance test	16
10.16 Short-circuit	16
10.17 Lightning test	17
10.18 Current-temperature test.....	17
10.19 Fitting compatibility	17
11 Packaging and marking	18
12 Quality assurance.....	18
Annex A (informative) Typical OPPC structures	19

Annex B (informative) Installation example	20
Annex C (informative) Packaging and marking	22
Bibliography	23
Figure A.1 – OPPC example structures	19
Figure B.1 – OPPC's closure installation example with support method	20
Figure B.2 – OPPC's closure installation example with suspension method	20
Figure B.3 – Closure installation example with dead-end	21
Figure B.4 – Closure installation example with a suspension clamp	21
Table 1 – Cable design characteristics	10
Table 2 – Lightning test conditions and parameters to be informed in the test report	17

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60794-4-30:2021

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OPTICAL FIBRE CABLES –

Part 4-30: Aerial optical cables along electrical power lines – Family specification for optical phase conductor (OPPC) optical cables

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.

IEC 60794-4-30 has been prepared by subcommittee 86A: Fibres and cables, of IEC technical committee 86: Fibre optics. It is an International Standard.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
86A/2079/FDIS	86A/2088/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

A list of all parts in the IEC 60794 series, published under the general title *Optical fibre cables*, can be found on the IEC website.

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60794-4-30:2021

OPTICAL FIBRE CABLES –

Part 4-30: Aerial optical cables along electrical power lines – Family specification for optical phase conductor (OPPC) optical cables

1 Scope

This part of IEC 60794, which is a family specification, specifies the optical fibre, cable elements, cable construction requirements, main requirements for installation and operating conditions, cable design characteristics and test for OPPC (optical phase conductor), used for carrying current as well as communication and data transmission. The corresponding environmental declaration can be built according to IEC TR 62839-1.

The OPPC is a substitute for a conventional phase bare conductor containing optical fibres. Usually, the fibres are embedded loosely in protective buffer tubes. To fulfil mechanical and electrical requirements, an armoring of one or more layers with aluminium, aluminium alloy, and aluminium clad steel, galvanized steel or a mixture of them is helically stranded.

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 60104, *Aluminium-magnesium-silicon alloy wire for overhead line conductors*

IEC 60468, *Method of measurement of resistivity of metallic materials*

IEC 60793-1-40, *Optical fibres – Part 1-40: Attenuation measurement methods*

IEC 60793-2-50, *Optical fibres – Part 2-50: Product specifications – Sectional specifications for class B single-mode fibres*

IEC 60794-1-1, *Optical fibre cables – Part 1-1: Generic specification – General*

IEC 60794-1-21, *Optical fibre cables – Part 1-21: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Mechanical test methods*

IEC 60794-1-22, *Optical fibre cables – Part 1-22: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Environmental test methods*

IEC 60794-1-24, *Optical fibre cables – Part 1-24: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Electrical test methods*

IEC 60794-1-219, *Optical fibre cables – Part 1-219: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Material compatibility test, method F19¹*

¹ Under preparation. Stage at the time of publication: IEC/CCDV 60794-1-219:2020.

IEC 60794-4, *Optical fibre cables – Part 4: Sectional specification – Aerial optical cables along electrical power lines*

IEC 60888, *Zinc-coated steel wires for stranded conductors*

IEC 60889, *Hard-drawn aluminium wire for overhead line conductors*

IEC 61089, *Round wire concentric lay overhead electrical stranded conductors*

IEC 61232, *Aluminium-clad steel wires for electrical purposes*

IEC 61394, *Overhead lines – Requirements for greases for aluminium, aluminium alloy and steel bare conductors*

IEC 61395, *Overhead electrical conductors – Creep test procedures for stranded conductors*

IEC 62219, *Overhead electrical conductors – Formed wire, concentric lay, stranded conductors*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60794-1-1, IEC 60794-4 and the following 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

optical phase conductor

OPPC

metallic hybrid optical cable that has the dual performance functions of a conventional phase conductor with telecommunication capabilities

3.2

current-carrying capacity

calculated value for the maximum continuous current carrying capacity without degradation of any element of the cable under specific conditions

Note 1 to entry: The value depends on various parameters (e.g. solar, wind speed, ambient temperature).

Note 2 to entry: If the construction contains an aluminium tube or aluminium slotted core, these elements are considered conductive parts.

3.3

operation temperature

steady state temperature the OPPC cable will reach during standard operation at the current carrying capacity, without degradation of any element's performance requirements under specific conditions

3.4

emergency condition temperature

maximum temperature the OPPC cable will reach during emergency operation for a limited period of time during cable's lifetime without degradation of any element's performance requirements

3.5

emergency condition duration

OPPC cable's accumulated period running in emergency temperature mode within its lifetime

4 Symbols and abbreviated terms

For the purpose of this document, the abbreviated terms given in IEC 60794-1-1 apply.

5 Optical fibre

Single-mode optical fibres which comply with the relevant part of IEC 60793-2-50 shall be used. Fibres other than those specified above can be used, if agreed between the customer and supplier. The cabled fibre shall conform to IEC 60794-4.

Any reflective discontinuity specified with the optical return loss measurement shall be greater than 55,0 dB.

The test method best suited to provide the functional requirements shall be in accordance with IEC 60793-1-40.

6 Cable elements

Refer to the relevant parts of the IEC 60794-4 series.

- a) The optical fibre unit(s) shall house the optical fibres and protect them from damage due to environmental or mechanical forces such as longitudinal compression, crushing, bending, twisting, tensile stress, long- and short-term heat effects caused by environmental variations or by atmospheric discharges.
- b) For loose tube constructions, one or more primary coated fibres or optical elements are packaged loosely in a tube construction, with a suitable water-blocking system. The tube(s) may be fabricated from stainless steel, aluminium, aluminium alloy, or a heat-resistant non-metallic material. The tube diameter shall be agreed between the customer and the supplier.
- c) When used in the tube, the filling compound shall not flow at the cable maximum operation temperature or freeze at its lowest operation temperature.
- d) The wire types can be from one or more of the following standards and their mechanical properties shall comply, before stranding, with the requirements of the standards indicated:
 - aluminium alloy according to IEC 60104;
 - zinc-coated steel according to IEC 60888;
 - hard-drawn aluminum according to IEC 60889;
 - aluminum-clad steel according to IEC 61232.

Other wire types can be considered; the requirements shall be agreed between customer and manufacturer.

- e) Each cable element shall be compatible.

7 Cable construction

7.1 General

Refer to the relevant parts of the IEC 60794-4 series.

An OPPC consists of bearing elements, conductor elements and optical fibre units. Usually, optical fibre units are within the bearing elements.

If the OPPC includes several tubes with fibres, it shall be possible to identify each individual fibre and tube throughout the length of the cable. Use of an appropriate colour code is an accepted methodology.

The stranded wires may be round according to IEC 61089 or have other cross-sectional shapes, i.e. trapezoidal or z-form according to IEC 62219. Unless other requirements are mutually agreed between the customer and the supplier, after stranding, the OPPC shall comply with IEC 61089 or IEC 62219.

Typical OPPC structures with outer round wires are shown in Annex A. Formed wires can also be used.

7.2 Anti-corrosion

In order to reduce the risk of corrosion, the wires on the strands and the tube protecting the fibre optic cable element(s) should be composed of the same metal or be coated with grease. If used, the type and the amount of grease to be applied shall be in accordance with IEC 61394 or shall be defined between the supplier and the customer.

8 Main installation requirements

8.1 General

Installation and operating conditions shall be agreed between customer and supplier. It is recommended that a detailed study of the field conditions and technical information/support is provided by the supplier or third party expert prior to the agreement. Installation of OPPC shall match with its fittings and closures. Annex B gives some typical installation examples.

8.2 Installation methods and conditions of OPPC

Installation of OPPC is generally the same as that of overhead power lines conductors by tension method and according to the manufacturer's recommended procedure, slack stringing is forbidden. Bending radius of OPPC for installation should be specified, and MIT shall be according to Table 1. Installation mainly include how to

- a) pay off and string OPPC;
- b) install the fittings and adjust the sag of OPPC.

OPPC shall be extended from the cable reel by towing rope when deploying, and kept a loosen arc all during the whole process. Special fixture or strained preformed line should be used when the line is tightened. The sag and tension should be calculated according to the type, span and weather condition of OPPC. The maximum pay off tension should not exceed MIT, and no extra bending of the fibre which would damage or lower performance is allowed. The tensile force should be less than 20 % of RTS when stringing, and the diameter of pay off guide wheels should be at least 40 times of the OPPC diameter. V-groove type bull wheels should not be used. The conductor reel should be placed in a straight line with tensioner to avoid conductor binding. The use of neoprene, urethane lined dollies, sheaves, rollers or blocks, etc. is preferred.

Installation shall not be in bad weather such as wind and thunderstorm, and the installation temperature should not be lower than $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. OPPC installation should avoid surface friction or damage. When replacing the OPPC, the new line should be connected with the old line and anti-twisting measures taken. The old line should be used as a traction line, and the old fittings should be removed after installation.

8.3 Installation methods and conditions of the fittings

The OPPC cable shall be terminated with suitable fittings relevant to the type of cable.

The fittings used on OPPC shall be matched mechanically and electrically. Factors affecting the interaction between fitting and OPPC are as follows.

- a) If the fittings are too small, the contact pressure of the fitting will exceed the designed compression limit of OPPC.
- b) If the fittings are too large, there will not be enough contact area, and the fitting will not have enough tension and grip strength. Also, the contact current transmission capacity between fittings and OPPC will be deficient affecting the current transmission capacity.

After fittings installation, the OPPC should be jointed, and the end of the OPPC should be sealed properly if not equipped with closure immediately.

The type of fittings shall be approved between the customer and the supplier. The fittings compatibility shall comply with 10.19.

8.4 Anti-twist

An anti-twist device can be used during installation. When a supplier does not recommend an anti-rotation device to be used during installation, they shall provide the maximum stringing tension.

8.5 Installation methods and conditions of the closure

Installation shall not be in bad weather such as strong wind and high humidity and thunderstorm, and the installation temperature should not be lower than $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. If the closure is fixed by pillar insulators, the fixture should be specially designed and processed according to the structure of the connecting rod. If the closure is suspended by hanging insulators, the fitting type and specification of the connecting with the tower pole should be specified.

The electrical connection of the closure should use a jumper connection. The closure fibre count capacity should match that of the OPPC cable. Appropriate robust fixings should be used to install the closure, and proper sealing measures should be taken to prevent moisture or water from entering the closure.

9 Cable design characteristics

Table 1 is a summary of important cable characteristics. Other characteristics may be agreed between customer and supplier.

Table 1 – Cable design characteristics

Ref	Design characteristic	Units
1	Number and type of fibres	—
2	Conductor type	—
3	Construction	—
4	Overall diameter	mm
5	Calculated cross-sectional area of wires concerning calculation of RTS	mm ²
6	Calculated mass	kg/km
7	RTS (rated tensile strength)	kN
8	Modulus of elasticity	MPa
9	Coefficient of linear expansion	K ⁻¹

Ref	Design characteristic	Units
10	DC resistance at 20°C	Ω/km
11	Current-carrying capacity at specific condition	A
12	Fault-current capacity I^2t	$\text{kA}^2 \cdot \text{s}$
13	Lightning resistance	Coulomb
14	MAT (maximum allowable tension)	kN
15	MIT (maximum installation tension)	kN
16	Allowable temperature range for storage and installation	°C
17	Operation temperature	°C
18	Emergency condition temperature	°C
19	Emergency condition duration	hours or days
20	Maximum long term strain	% length
21	MAOC (maximum allowable ovality)	%

10 Cable tests

10.1 General

The parameters specified in this document may be affected by measurement uncertainty arising either from measurement errors or calibration errors. Acceptance criteria shall be interpreted with respect to this consideration. For some tests specified in this document, the objective is "no change in attenuation". The total uncertainty of measurement for this document shall be less than or equal to 0,05 dB for attenuation or 0,05 dB/km for attenuation coefficient.

By agreement between customer and supplier, minor deviation from this limit may be accepted at some low frequency, for example less than 10 % of the fibres. However, for mechanical tests, no deviation in excess of 0,15 dB shall be accepted.

The optical attenuation measurements may be performed by using an optical time domain reflectometer (OTDR) or a light source and a power meter, depending on the typology of the cable test. If, for a specific test, distribution damage is envisioned for the fibres, the attenuation shall be measured in terms of dB/km, while for localised damage the attenuation shall be measured in terms of dB. Nevertheless, uncertainty measurement issues due to short fibre length shall be considered when using OTDR.

If optical attenuation is monitored during the test, a permanent or temporary increase in optical attenuation greater than 0,15 dB or 0,15 dB/km of test fibre, at 1 550 nm nominal wavelength, shall constitute failure. Attenuation measurement procedure should be in accordance with IEC 60793-1-40. Different monitoring wavelength can be used if agreed between customer and supplier.

Specimens for the tests shall be taken from the supplier in advance of the tests. The number of fibres tested shall be representative of the cable design according to fibre sampling indicated in IEC 60794-1-1. Different sampling can be agreed between customer and supplier. Whenever possible, an equal number of fibres shall be selected from each optical fibre unit.

10.2 Classification of tests

10.2.1 Type test

A full verification of an OPPC design includes all type tests and characteristics specified in Table 1 except for creep and salt spray corrosion which are optional, unless required by customers. Type tests are required to be made before supplying a type of cable covered by this document on a general commercial basis in order to demonstrate satisfactory performance characteristics to meet the intended application and shall be carried out on a cable length which meets the requirements of the relevant routine tests. These tests are of such a nature that, after they have been made, they do not need be repeated unless significant changes are made in the cable material, design or type of manufacturing process which might change the performance characteristics. If some tests are to be repeated, they shall be agreed between the customer and the supplier.

10.2.2 Factory acceptance tests

Factory acceptance tests are made on samples of completed cable, or components taken from a completed cable adequate to verify that the finished product meets the design specifications. Scope and incidence of sample tests, if required, shall be agreed between the customer and the supplier. Failure of a test specimen to comply with any one of the requirements of this document shall constitute grounds for rejection of the lot represented by the specimen. If any lot is so rejected, the supplier shall have the right to test, only once, all individual drums of cables in the lot and submit those which meet the requirements for acceptance.

10.2.3 Routine tests

Routine tests are made on 10 % of all production cable lengths to demonstrate their integrity in Table 1. Failure of a test specimen to comply with any one of the requirements of this document shall constitute grounds for rejection of the lot represented by the specimen. If any lot is so rejected, the supplier shall have the right to test, only once, all individual drums of cables in the lot and submit those which meet the requirements for acceptance.

10.3 Tensile performance

The cable shall be tested in accordance with IEC 60794-1-21, method E1, with the following conditions:

- the cable shall be terminated with end fittings relevant to the type of cable considered;
- minimum length of cable under tension shall be 25 m, and control length shall be in accordance with IEC 61089 (other sample control lengths may be used if mutually agreed between the customer and the supplier);
- tension shall be steadily increased to MAT and released back to initial load. Higher values may be used if mutually agreed between customer and supplier.

On completion of the test, the following criteria shall be considered:

- the attenuation increase shall comply with the general optical requirements stated in 10.1 up to reaching MAT; exceeding the values shall constitute failure;
- fibre strain;
- a strain margin lower than the specified value up to MAT shall constitute failure.

10.4 Aeolian vibration

The resistance of the cable to aeolian vibration shall be tested in accordance with IEC 60794-1-21, method E19, with the following conditions:

- mechanical tension on cable during the test shall be maintained at $20 \% \pm 5 \%$ of its RTS value;
- the total cable length shall be enough to permit extension of the ends and for the equipment to be attached for optical measurements;
- the optical attenuation shall be monitored along the whole test and attenuation of the optical link shall be registered at regular intervals;
- suspension and dead end fittings approved for the OPPC cable shall be used to attach the sample to the test equipment;
- number of vibration cycles to apply shall be minimum 10 000 000;
- the maximum allowable ovality (MAOC) of the optical unit shall be 10 % of the measured diameter of the optical unit.

Any visible damage to the cable or to any of the cable elements shall be considered as a test failure.

The change in attenuation of monitored optical fibres shall comply with the general optical requirements stated in 10.1. The baseline for optical attenuation measurement shall be taken at the beginning of test and after tensioning the cable.

10.5 Creep

If requested, this test is carried out according to IEC 61395, with the following conditions:

- OPPC shall be tensioned to 20 % RTS level and maintained within the limits specified in IEC 61395 during the test;
- temperature of evaluation: 20 °C.

Additional or different conditions of evaluation can be applied if agreed between customer and supplier. Test loads of interest for line designers could go from 10 % up to 25 % RTS.

The cable shall be terminated with fittings approved for the type of cable. Optionally, all wires can be held together with epoxy resin in order to lock all elements during the test. No optical measurements are required when performing this test. The predicted creep at one year and 10 years should be calculated using the equation fitted to the experimental 1 000 h creep results.

10.6 Sheave test

The test shall be performed to verify that the installation of the OPPC will not damage or degrade their performance. The cable shall be tested in accordance with method E18B of IEC 60794-1-21 with the following conditions:

- the minimum length of cable shall be 15 m; minimum length of cable bent under tension shall be 2 m;
- the diameter of sheave shall not be larger than 40 times the cable diameter, but if agreed with the cable manufacturer, smaller pulleys can be used;
- the moving speed of cable during test shall be up to 0,6 m/s.

Subject the cable sample to a minimum of 20 moving cycles with a bending angle of $45^\circ \pm 15^\circ$.

Mechanical tension on cable during the test shall be maintained at MIT or 15 % of RTS, whichever is larger. Inspect the tension level and adjust, if necessary, each 5 cycles during the test.

The total cable length shall be enough to permit optical measurements and shall be terminated with suitable fittings relevant to the OPPC cable.

The cable ends are prepared in order to allow transmitted optical power measurement in several fibres during the test. The minimum test length of the optical fibres shall be 100 m. If necessary, fibres shall be loop-spliced at the cable ends. Terminations should be positioned in such a way to assure that movement of cable during cycles does not affect optical measurements. The baseline for optical attenuation measurement shall be taken before tensioning the cable.

The ovality of OPPC and the ovality of optical unit(s) shall be calculated after the test. The maximum allowable ovality of the cable (MAOC) and optical unit(s) shall not be greater than 10 %.

The change in attenuation of monitored optical fibres shall comply with the general optical requirements stated in 10.1.

Under visual inspection, the OPPC section subjected to sheave test shall not show cracking, bird caging, nor breaking of any element.

10.7 Stress-strain test

The cable shall be tested in accordance with IEC 61089 with the following conditions:

- the cable shall be terminated with end fittings relevant to the type of cable considered;
- sample length under tension shall be minimum 16 m and control length shall be in accordance with IEC 61089 (other sample control lengths may be used if mutually agreed between the customer and the supplier);
- the loading shall be in accordance with IEC 61089 or the value agreed between customer and manufacturer.

During the test, there shall be no visual damage to the cable. All stress and strain values obtained during the test and agreed upon by the supplier and the customer shall be recorded.

If required, the tensile performance test may be carried out simultaneously with this test.

10.8 Breaking strength

The cable shall withstand, without fracture of any wire, not less than 95 % of RTS. The cable shall be terminated with suitable fittings relevant to the type of cable.

This test can be carried out with or without optical measurements.

10.9 Twist

10.9.1 General

When a twist test on the cable is required, there shall be no visual damage to the cable. The change in attenuation of the monitored optical fibres shall comply with the general optical requirements stated in 10.1.

10.9.2 Set up

A cable sample shall be installed in a suitable tension test machine. The length of the cable between the dead-end assemblies shall be at least 10 m. One dead-end assembly shall be attached to the tensioning device through a load cell. The other dead-end assembly shall be attached to the stationery end of the test machine through a swivel. The OPPC cable sample shall be fixed onto itself so as to allow rotational motion without disturbing the optical splice arrangement. The cable sample shall be terminated beyond both dead-end assemblies such that the optical fibres could not move relative to the cable.

10.9.3 Procedure

The cable shall be tensioned to 20 % of the cable RTS. The cable sample shall be rotated in the direction of the lay of the strands for two and one-half turns. This number of turns shall be calculated from the test cable length to produce a total twist in the cable of 90° per meter. The cable sample shall be rotated back to the initial position. The cable shall be rotated in the reverse direction to the lay of the strands. The cable sample shall be again reversed in direction to rotate the cable sample to its original position. This constitutes one torsion cycle.

This cycle shall be repeated a second time. The signals from the optical power meters and the cable tension as measured by the load cell shall be monitored continuously and recorded every 10 s using a digital data logging system.

10.10 Temperature cycling

The cable shall be tested in accordance with the combined test procedure of the method specified in IEC 60794-1-22, method F1, with the following conditions:

- minimum length of cable to test: 500 m;
- low temperature extreme: –40 °C;
- high temperature extreme: +80 °C;
- precondition the sample: at 23 °C, before test, a minimum of 16 h;
- soak time at extreme temperatures: minimum 16 h;
- number of cycles: 2;
- temperature change rate: ≤ 40 °C/h.

Different conditions of evaluation can be applied if agreed between customer and supplier. Any permanent increase in attenuation in optical fibres after the test shall not exceed 0,10 dB/km when measured at 1 550 nm.

10.11 Water penetration (applicable to optical unit only)

The cable shall be tested in accordance with IEC 60794-1-22, method F5B. Other acceptance criteria may be applied in accordance with particular customer requirements.

A 1 m sample of optical fibre unit of OPPC shall be tested for water penetration only on the hermetic optical unit. Ensure the ends of the uncovered optical unit are not collapsed in order to permit free flow of liquids at the entrance.

No water leak should be detected at the unsealed end of the sample after 1 h of 1 m height of water pressure applied on one end of the sample.

10.12 Compound flow (drip) (applicable to optical unit only)

The cable shall be tested in accordance with IEC 60794-1-22, method F16. Other acceptance criteria may be applied in accordance with particular customer requirements.

Unless otherwise specified in the detail specification, the cable specimens shall comply with the relevant part of IEC 60794-1-22, method F16.

10.13 Fibre coating compatibility

When fibres are in contact with filling compound, fibre coating compatibility shall be tested per IEC 60794-1-219 with the following conditions:

- if operating temperature and emergency condition temperature of OPPC is lower than 85 °C, test condition shall be 85 °C and a noncondensing humidity of 85 % $\pm$ 5 % for a period of 30 days;

- if operating and/or emergency condition temperature of OPPC is equal to or higher than 85 °C, test condition shall match the "real" electrical design features of the OPPC and be determined per utility or agreed between supplier and customer.

10.14 Salt spray corrosion test

If requested, this test should be carried in accordance with IEC 60794-1-220.

10.15 DC resistance test

Appropriate type of clips shall be used to connect a calibrated current source to the cable. A bar with a calibrated length of about 1 m shall be used to obtain a precise gauge length.

The test temperature shall be in the range of 10 °C to 35 °C as per IEC 60468. The potential drop between the two points shall be measured by a micro-ohmmeter and displayed directly as micro-ohms. Resistance measurements shall be taken five times per sample. The DC resistance per meter of the cable shall be calculated by averaging the five individual measurements and dividing by the gauge length. To minimize error due to heating, the current shall be injected through the cable for only a few seconds to obtain a reading. The temperature at the time of testing shall be recorded. If the temperature of the cable at the time of measurement is different from that specified by the cable manufacturer, then the resistance measurements shall be corrected to the specified temperature using the following calculation:

$$R_T = \frac{R_t}{1 + \alpha_T (t - T)}$$

where

R_T resistance at reference temperature T ;

R_t resistance as measured at temperature t ;

α_T known or given temperature coefficient of resistance of the specimen being measured at reference temperature T ;

T reference temperature;

t temperature at which measurement is made.

10.16 Short-circuit

Unless otherwise specified in the family specification, the cable shall be tested in accordance with the combined test procedure of IEC 60794-1-24, method H1, with the following conditions:

- the initial sample temperature shall be the one in a steady state at which the cable is transporting its nominal current rating (tolerance ± 5 °C), if not otherwise agreed between customer and manufacturer;
- the sample shall be subjected to three short-circuit pulses;
- apply each short-circuit pulse once the sample has stabilized at initial temperature;
- for each short-circuit pulse, the fault current duration shall be between 0,25 s to 1,5 s;
- the total short-circuit energy of each pulse to be impacted on the sample shall be equal to the value specified by the manufacturer and agreed with the customer.

Any permanent increase in attenuation in the monitored optical fibres 30 min after the test shall comply with the general optical requirements stated in 10.1.

Any visible rupture or degradation on the OPPC elements, such as bird-caging effect on armour wires, during the test or after releasing the OPPC load, is considered a failure. The optical unit(s) of the tested sample shall be dissected and inspected visually for excessive wear, discoloration, deformation or breakdown.

The maximum temperature measured inside the optical unit of OPPC after each short-circuit pulse shall not exceed 180°C.

10.17 Lightning test

The lightning test shall assess the performance of the cables and the optical characteristics of the fibres under typical lightning conditions for OPPC in countryside and shall be tested in accordance with the method specified in method H2 of IEC 60794-1-24.

On completion of the test, the following criteria shall be considered:

- the change in attenuation of monitored optical fibres shall comply with the general optical requirements stated in 10.1;
- if after the lightning impact, on any of the impact zones any wires are found to be broken, then the residual strength of the sample with broken wires shall be evaluated; if the residual strength in the sample is less than 75 % of the RTS, then this shall constitute a failure.
- any visible bird-caging effect on armour wires, during the test or after releasing the OPPC load, is considered a failure in this test.

The parameters and information on test conditions listed in Table 2 shall be provided in the lightning test report.

Table 2 – Lightning test conditions and parameters to be informed in the test report

Description	Units
Mean direct current level of each applied electrical impact	A
Time of each applied electrical impact	s
Resultant calculated charge for each electrical impact	Coulomb
Polarity of discharge from electrode to cable sample	(+) if not otherwise agreed
Maximum observed current variation during electrical impact	% (average current)
Gap distance between electrode and cable sample	mm
Mechanical load applied on cable sample during test	N
Considerations for charge amount used for electrical fuse melting if considered as part of the results calculation	Coulomb
Material and dimensions of electrode and electrical fuse	—
Minimum existing distance between electrical fuse and any point of the structure used to fix the electrode and cable sample	mm
Environmental temperature under which the lightning test was performed	°C
Description of fittings used to fix the cable sample	—
Number and type of broken wires (if any) after each electrical impact	—

10.18 Current-temperature test

The test should be carried in accordance with IEC 60794-1-404.

10.19 Fitting compatibility

Refer to the relevant parts of the IEC 60794-4 series.

11 Packaging and marking

For packaging and marking, see Annex C.

12 Quality assurance

The supplier shall establish, introduce and maintain a quality management system.

NOTE An example of such a system could be ISO 9001 or equivalent.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60794-4-30:2021

Annex A (informative)

Typical OPPC structures

OPPC example structures are shown in Figure A.1 a) to Figure A.1 d).

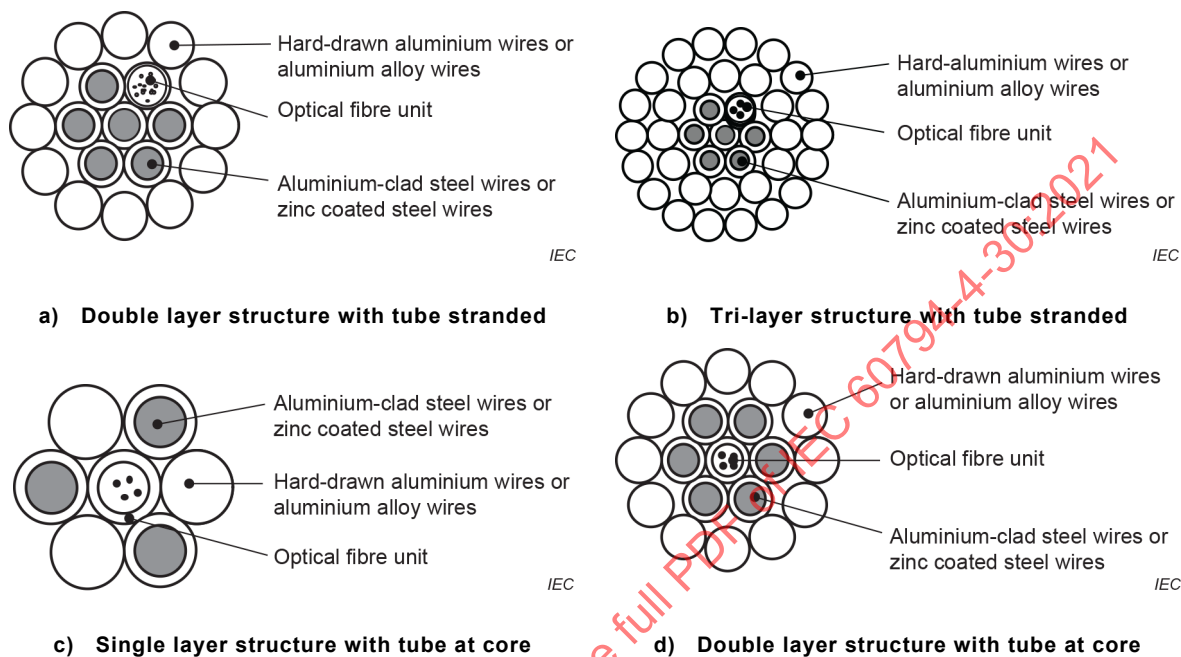


Figure A.1 – OPPC example structures

Annex B (informative)

Installation example

OPPC with its closure's typical installations are shown in Figure B.1 to Figure B.4.

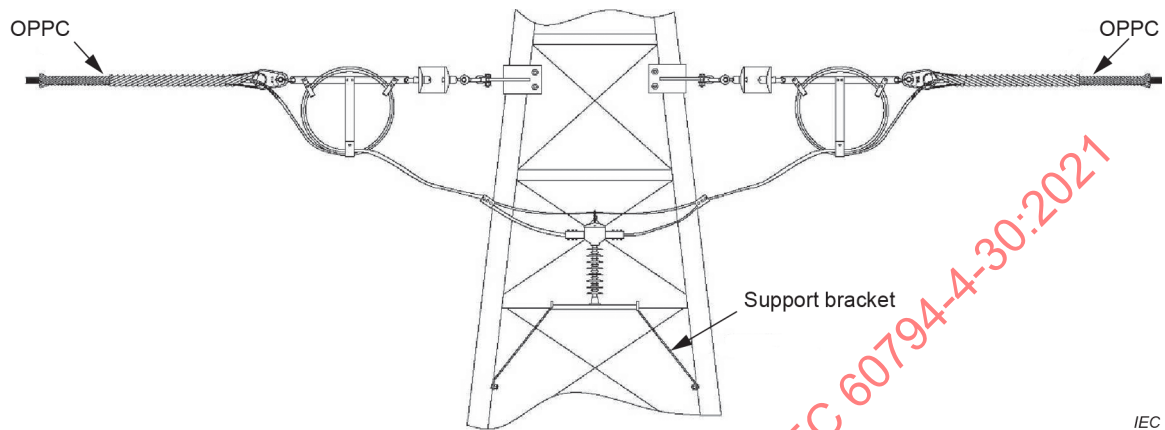


Figure B.1 – OPPC's closure installation example with support method

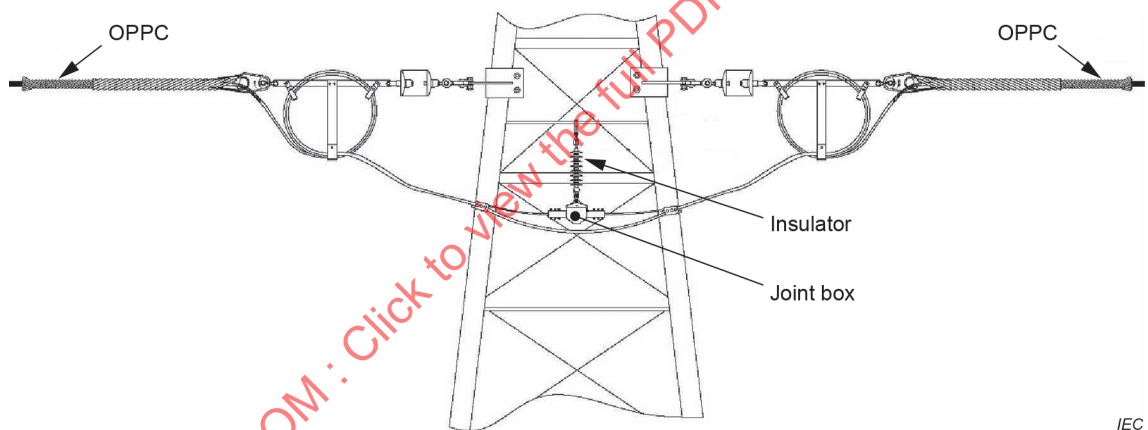


Figure B.2 – OPPC's closure installation example with suspension method

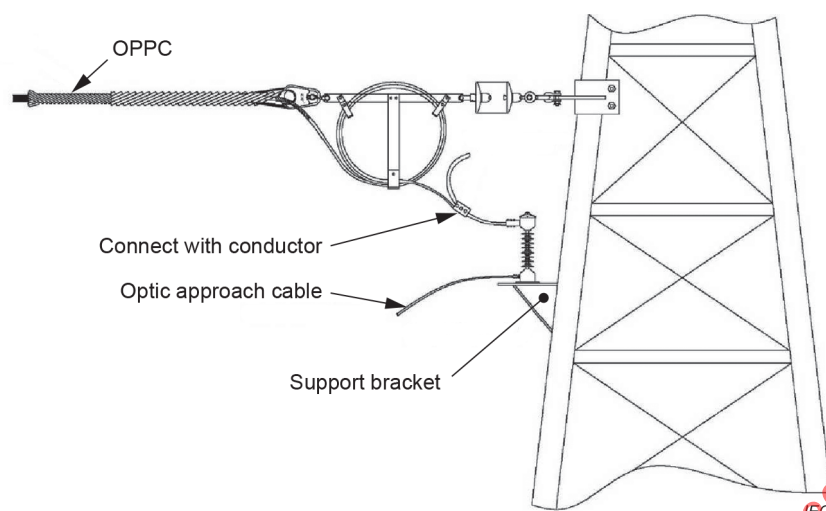


Figure B.3 – Closure installation example with dead-end

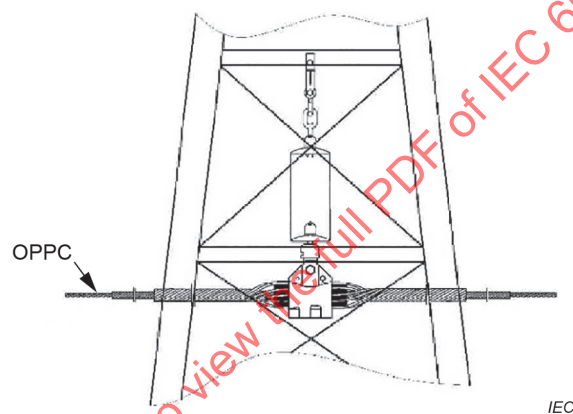


Figure B.4 – Closure installation example with a suspension clamp

Annex C (informative)

Packaging and marking

Packaging and marking should be as follows.

- Cable should be tightly and uniformly wound onto reel(s) in layers. Reel lengths may be either standard length or specified length. Standard lengths are reel lengths normally provided by a supplier. This length will be defined by the supplier. Specified lengths are reel lengths which are specified by the customer. A tolerance of $^{+2}_0$ % should be maintained for specified lengths and standard lengths.
- Reels should be either wooden/steel/steel reinforced wooden non-returnable or returnable type. Unless specified otherwise by the customer, the supplier will determine the size and type reel that will withstand normal shipping, handling, storage, and stringing operations without damage to the cable.
- The reel and inside flanges should be manufactured in such a manner that damage will not occur to the cable during shipping, handling, storage, and stringing.
- Reels should have wooden lagging attached to the flanges or dual layer HDPE corrugated sheets unless specified otherwise by the supplier. Lagging should be attached to reels in such a manner that individual lagging strips will remain in place during normal shipment, handling and storage.
- Reel numbers should be identified in a clear and legible manner on the outside of each flange on two opposite locations.
- The cable ends should be securely fastened to prevent the cable from becoming loose during shipment. The inner end of the cable should be accessible for connection to optical measuring equipment. This length of cable should be securely fastened and protected during shipment.
- A seal should be applied to each end of the cable to prevent the entrance of moisture into the optical fibres or the escape of filling compound during shipment and storage.
- Each reel should be tagged with two shipping tags. Tags should be weather resistant. All essential information such as supplier's name, cable size and number of fibres, order number, reel number, cable number, cable lengths, and gross, tare, and net weight should appear legibly on the tags. The tags should clearly indicate the exact product designation in the description.
- Each reel should be marked on the outside flange to indicate the direction in which the reel should be rolled during shipment in order to prevent loosening of the cable on the reel.

Bibliography

IEC 60793-1-44, *Optical fibres – Part 1-44: Measurement methods and test procedures – Cut-off wavelength*

IEC 60793-1-48, *Optical fibres – Part 1-48: Measurement methods and test procedures – Polarization mode dispersion*

IEC 60794-1-2, *Optical fibre cables – Part 1-2: Generic specification – Basic optical cable test procedures – General guidance*

IEC 60794-1-23, *Optical fibre cables – Part 1-23: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Cable element test methods*

IEC 60794-1-220, *Optical fibre cables – Part 1-220: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Environmental test methods-Salt spray Corrosion test, method F20²*

IEC 60794-1-404, *Optical fibre cables–Part 1-404: Generic specification – Basic optical cable test procedures– Electrical test methods – Current – Temperature test, method H4³*

IEC 60794-4 (all parts), *Optical fibre cables*

IEC TR 61597, *Overhead electrical conductors – Calculation methods for stranded bare conductors*

IEC TR 62839-1, *Environmental declaration – Part 1: Wires, cables and accessory products – Specific rules*

ISO 9001, *Quality management systems – Requirements*

² Under preparation. Stage at the time of publication: IEC/CD 60794-1-220:2020.

³ Under preparation. Stage at the time of publication: IEC/CD 60794-1-404:2020

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	26
1 Domaine d'application	28
2 Références normatives	28
3 Termes et définitions	29
4 Symboles et termes abrégés	30
5 Fibre optique	30
6 Éléments de câble	30
7 Construction du câble	31
7.1 Généralités	31
7.2 Anticorrosion	31
8 Principales exigences relatives à l'installation	31
8.1 Généralités	31
8.2 Conditions et méthodes d'installation d'un OPPC	31
8.3 Conditions et méthodes d'installation des accessoires	32
8.4 Antitorsion	32
8.5 Conditions et méthodes d'installation du boîtier	32
9 Caractéristiques de conception du câble	33
10 Essais du câble	33
10.1 Généralités	33
10.2 Classification des essais	34
10.2.1 Essai de type	34
10.2.2 Essais d'acceptation en usine	34
10.2.3 Essais individuels de série	35
10.3 Résistance à la traction	35
10.4 Vibrations éoliennes	35
10.5 Fluage	36
10.6 Essai de passage sur poulies	36
10.7 Essai de contrainte-déformation	37
10.8 Charge de rupture	37
10.9 Torsion	37
10.9.1 Généralités	37
10.9.2 Montage	37
10.9.3 Procédure	37
10.10 Cycles de température	38
10.11 Pénétration de l'eau (pour les unités optiques seulement)	38
10.12 Écoulement (égouttement) des matériaux de remplissage (pour les unités optiques seulement)	38
10.13 Compatibilité du revêtement de la fibre	38
10.14 Essai de corrosion au brouillard salin	39
10.15 Essai de résistance en courant continu	39
10.16 Court-circuit	39
10.17 Essai de choc de foudre	40
10.18 Essai courant-température	40
10.19 Compatibilité des armatures	41
11 Emballage et marquage	41
12 Assurance de la qualité	41

Annexe A (informative) Structures d'OPPC typiques	42
Annexe B (informative) Exemple d'installation.....	43
Annexe C (informative) Emballage et marquage	45
Bibliographie.....	46
Figure A.1 – Exemples de structures d'OPPC	42
Figure B.1 – Exemple d'installation de boîtier d'OPPC avec méthode de support	43
Figure B.2 – Exemple d'installation de boîtier d'OPPC avec méthode de suspension	43
Figure B.3 – Exemple d'installation de boîtier avec ancrage.....	44
Figure B.4 – Exemple d'installation de boîtier d'OPPC avec pince de suspension	44
Tableau 1 – Caractéristiques de conception du câble	33
Tableau 2 – Conditions et paramètres d'essai de choc de foudre à consigner dans le rapport d'essai	40

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60794-4-30:2021

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CÂBLES À FIBRES OPTIQUES –

Partie 4-30: Câbles optiques aériens le long des lignes électriques de puissance – Spécification de famille pour les conducteurs de phase à fibres optiques (OPPC)

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique 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. À 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.

L'IEC 60794-4-30 a été établie par le sous-comité 86A: Fibres et câbles, du comité d'études 86 de l'IEC: Fibres optiques. Il s'agit d'une Norme internationale.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
86A/2079/FDIS	86A/2088/RVD

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

La langue utilisée pour l'élaboration de la présente Norme internationale est l'anglais.

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, et élaboré selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC; disponibles à l'adresse www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents élaborés par l'IEC sont détaillés à l'adresse www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60794, publiées sous le titre général *Câbles à fibres optiques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu du présent document 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 au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60794-4-30:2021

CÂBLES À FIBRES OPTIQUES –

Partie 4-30: Câbles optiques aériens le long des lignes électriques de puissance – Spécification de famille pour les conducteurs de phase à fibres optiques (OPPC)

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60794, qui est une spécification de famille, spécifie les fibres optiques, les éléments de câble, les exigences de construction des câbles, les principales exigences sur les conditions d'installation et de fonctionnement, les caractéristiques de conception des câbles et les essais sur les conducteurs de phase à fibres optiques (OPPC - *optical phase conductor*), utilisés pour transporter du courant, mais aussi pour les communications et la transmission de données. La déclaration environnementale correspondante peut être établie conformément à l'IEC TR 62839-1.

Un conducteur de phase à fibres optiques (OPPC) peut remplacer un conducteur nu de phase conventionnel contenant des fibres optiques. Habituellement, les fibres sont enfermées librement dans des tubes de protection. Pour satisfaire aux exigences mécaniques et électriques, une armure constituée d'une ou plusieurs couches d'aluminium, d'un alliage d'aluminium, d'acier plaqué aluminium, d'acier galvanisé ou d'un mélange de ceux-ci est toronnée de manière hélicoïdale.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60104, *Fils en alliage d'aluminium-magnésium-silicium pour conducteurs de lignes aériennes*

IEC 60468, *Méthode de mesure de la résistivité des matériaux métalliques*

IEC 60793-1-40, *Fibres optiques – Partie 1-40: Méthodes de mesurage de l'affaiblissement*

IEC 60793-2-50, *Fibres optiques – Partie 2-50: Spécifications de produits – Spécification intermédiaire pour les fibres unimodales de classe B*

IEC 60794-1-1, *Câbles à fibres optiques – Partie 1-1: Spécification générique – Généralités*

IEC 60794-1-21, *Câbles à fibres optiques – Partie 1-21: Spécification générique – Procédures fondamentales d'essais des câbles optiques – Méthodes d'essai mécanique*

IEC 60794-1-22, *Câbles à fibres optiques – Partie 1-22: Spécification générique – Procédures fondamentales d'essais des câbles optiques – Méthodes d'essais d'environnement*

IEC 60794-1-24, *Câbles à fibres optiques – Partie 1-24: Spécification générique – Méthodes fondamentales d'essais applicables aux câbles optiques – Méthodes d'essais électriques*

IEC 60794-1-219, *Optical fibre cables – Part 1-219: Generic specification – Basic optical cable test procedures – Material compatibility test, method F19*¹ (disponible en anglais seulement)

IEC 60794-4, *Câbles à fibres optiques – Partie 4: Spécification intermédiaire – Câbles optiques aériens le long des lignes électriques de transport d'énergie*

IEC 60888, *Fils en acier zingué pour conducteurs câblés*

IEC 60889, *Fil d'aluminium écroui dur pour conducteurs de lignes aériennes*

IEC 61089, *Conducteurs pour lignes aériennes à brins circulaires, câblés en couches concentriques*

IEC 61232, *Fils d'acier revêtus d'aluminium pour usages électriques*

IEC 61394, *Overhead lines – Requirements for greases for aluminium, aluminium alloy and steel bare conductors* (disponible en anglais seulement)

IEC 61395, *Conducteurs pour lignes électriques aériennes – Procédures d'essai de fluage pour conducteurs câblés*

IEC 62219, *Conducteurs pour lignes électriques aériennes – Conducteurs à fils de forme, câblés en couches concentriques*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60794-1-1 et de l'IEC 60794-4, ainsi que les 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

conducteur de phase à fibres optiques

OPPC

câble optique hybride métallique qui assure une fonction double, celle de conducteur de phase conventionnel et aussi une fonction de télécommunication

Note 1 à l'article: L'abréviation "OPPC" est dérivée du terme anglais développé correspondant "optical phase conductor".

3.2

courant limite admissible

valeur calculée du courant continu limite admissible maximal, sans dégradation d'aucun élément de câble dans des conditions spécifiques

Note 1 à l'article: La valeur dépend de différents paramètres (par exemple, le soleil, la vitesse du vent, la température ambiante).

Note 2 à l'article: Si la construction contient un tube en aluminium ou un jonc rainuré en aluminium, ces éléments sont considérés comme des parties conductrices.

¹ En cours d'élaboration. Stade au moment de la publication: IEC/CCDV 60794-1-219:2020.

3.3

température de fonctionnement

température en régime établi atteinte par le câble OPPC en fonctionnement normal et soumis au courant limite admissible, sans dégradation des exigences de performance d'aucun élément dans des conditions spécifiques

3.4

température en condition d'urgence

température maximale atteinte par le câble OPPC pendant une condition d'urgence pour un laps de temps limité au cours de la durée de vie du câble, sans dégradation des exigences de performance d'aucun élément

3.5

durée en condition d'urgence

temps de fonctionnement du câble OPPC en mode de température en condition d'urgence, accumulé sur l'ensemble de sa durée de vie

4 Symboles et termes abrégés

Pour les besoins du présent document, les termes abrégés de l'IEC 60794-1-1 s'appliquent.

5 Fibre optique

Des fibres optiques unimodales conformes à la partie applicable de l'IEC 60793-2-50 doivent être utilisées. Des fibres différentes de celles spécifiées ci-dessus peuvent être utilisées après accord entre le client et le fournisseur. La fibre câblée doit être conforme à l'IEC 60794-4.

Toute discontinuité de réflexion spécifiée avec le mesurage de l'affaiblissement de réflexion optique doit être supérieure à 55,0 dB.

La méthode d'essai la mieux adaptée pour fournir les exigences fonctionnelles doit être conforme à l'IEC 60793-1-40.

6 Éléments de câble

Se reporter aux parties applicables de la série IEC 60794-4.

- a) L'unité ou les unités de fibres optiques doivent contenir les fibres optiques et les protéger des dommages dus à l'environnement ou aux forces mécaniques telles que la compression longitudinale, l'écrasement, les courbures, les torsions, les contraintes de traction, les effets d'échauffement à court et à long terme causés par des variations environnementales ou par des décharges atmosphériques.
- b) Pour construire un tube lâche, un ou plusieurs éléments optiques ou une ou plusieurs fibres sous revêtement primaire sont placés librement dans un tube avec un système d'étanchéité approprié. Le ou les tubes peuvent être fabriqués à partir d'acier inoxydable, d'aluminium, d'alliage d'aluminium ou d'un matériau non métallique résistant à la chaleur. Le diamètre du tube doit faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.
- c) Lorsque le tube enferme un matériau de remplissage, celui-ci ne doit pas s'écouler à la température maximale de fonctionnement ni geler à la température minimale de fonctionnement.
- d) Les types de fils peuvent provenir d'une ou de plusieurs des normes présentées ci-dessous et leurs propriétés mécaniques doivent être conformes, avant le toronnage, aux exigences des normes indiquées:
 - alliage d'aluminium conforme à l'IEC 60104;
 - acier zingué conforme à l'IEC 60888;

- aluminium écroui dur conforme à l'IEC 60889;
- acier revêtu d'aluminium conforme à l'IEC 61232.

D'autres types de fils peuvent être envisagés. Les exigences doivent alors faire l'objet d'un accord entre le client et le fabricant.

e) Chaque élément de câble doit être compatible.

7 Construction du câble

7.1 Généralités

Se reporter aux parties applicables de la série IEC 60794-4.

Un OPPC est constitué d'éléments de support, d'éléments conducteurs et d'unités de fibres optiques. Les unités de fibres optiques sont généralement à l'intérieur des éléments de support.

Si l'OPPC comprend plusieurs tubes avec des fibres, chaque fibre et chaque tube sur toute la longueur du câble doivent pouvoir être identifiés individuellement. Une méthodologie acceptée consiste à utiliser un code couleurs.

Les fils toronnés peuvent être soit circulaires conformément à l'IEC 61089, soit en forme de section droite, c'est-à-dire trapézoïdaux ou en forme de Z, conformément à l'IEC 62219. À moins que d'autres exigences ne fassent l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur, après toronnage l'OPPC doit être conforme à l'IEC 61089 ou à l'IEC 62219.

Des structures types d'OPPC avec des fils cylindriques extérieurs sont représentées à l'Annexe A. Des fils déformés peuvent également être utilisés.

7.2 Anticorrosion

Pour réduire le risque de corrosion, il convient que les fils sur les torons et le tube protégeant l'élément ou les éléments de câbles fibre optiques soient composés du même métal ou soit revêtus de graisse. Si de la graisse est utilisée, le type et la quantité à appliquer doivent être conformes à l'IEC 61394 ou doivent être définis entre le fournisseur et le client.

8 Principales exigences relatives à l'installation

8.1 Généralités

Les conditions d'installation et de fonctionnement doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur. Il est recommandé qu'une étude détaillée des conditions sur le terrain et des informations et/ou un support technique soient fournis par un expert indépendant ou par le fournisseur avant d'établir l'accord. L'installation d'un OPPC doit être adaptée à ses accessoires et à ses boîtiers. L'Annexe B donne des exemples d'installations typiques.

8.2 Conditions et méthodes d'installation d'un OPPC

L'installation d'un OPPC est généralement la même que celle des conducteurs de lignes de puissance aérienne. Elle utilise une méthode utilisant la tension et est conforme à la procédure recommandée par le fabricant. Le déroulage détendu est interdit. Pour l'installation, il convient de spécifier le rayon de courbure d'un OPPC, et la tension maximale d'installation (MIT: *maximum installation tension*) doit être conforme au Tableau 1. L'installation inclut principalement la façon

- a) de dérouler un OPPC;
- b) d'installer les accessoires et d'ajuster le fléchissement d'un OPPC.

L'OPPC doit être déroulé à partir de la bobine de câble en tirant sur la corde pendant le déploiement. Un arc souple doit être maintenu pendant tout le processus. Il convient d'utiliser des fixations spéciales et une ligne préformée contrainte lorsque la ligne est serrée. Il convient de calculer le fléchissement et la tension en fonction du type, de la portée et des conditions climatiques de l'OPPC. Il convient que la tension maximale de déroulage ne dépasse pas la MIT et aucune courbure excessive de la fibre qui endommagerait ou diminuerait les performances n'est autorisée. Il convient que la force de traction soit inférieure à 20 % de la résistance assignée à la traction (RTS - *rated tensile strength*) pendant le déroulage, et il convient que le diamètre des roues de guidage de déroulage soit au moins égal à 40 fois le diamètre de l'OPPC. Il convient de ne pas utiliser de tambours de type à rainure en V. Il convient de placer le touret du conducteur en ligne droite et d'utiliser un tendeur pour éviter de coincer le conducteur. Il est préférable d'utiliser des chariots, des poulies, des galets, des blocs, etc., revêtus de néoprène ou d'uréthane.

L'installation ne doit pas être réalisée dans de mauvaises conditions météorologiques telles que le vent et les orages. Il convient que la température d'installation ne soit pas inférieure à -10 °C. Il convient d'éviter les détériorations et les frottements sur les surfaces lors de l'installation de l'OPPC. Lors du remplacement de l'OPPC, il convient de raccorder la nouvelle et l'ancienne ligne et de prendre des mesures antitorsion. Il convient d'utiliser l'ancienne ligne comme ligne de traction, et il convient de retirer les anciens accessoires après l'installation.

8.3 Conditions et méthodes d'installation des accessoires

Le câble OPPC doit être terminé par des accessoires adaptés au type de câble.

Les accessoires utilisés sur un OPPC doivent être adaptés mécaniquement et électriquement. Les facteurs suivants affectent l'interaction entre les accessoires et l'OPPC:

- a) si les accessoires sont trop petits, la pression de contact des accessoires dépasse la limite de compression de l'OPPC;
- b) si les accessoires sont trop grands, il n'y a pas assez de surface de contact et la tension et la force d'adhérence des accessoires ne sont pas suffisantes. La capacité de transmission de courant est également affectée par la faible capacité de transmission de courant de contact entre les accessoires et l'OPPC.

Après l'installation des accessoires, il convient de raccorder l'OPPC et de sceller convenablement son extrémité si elle n'est pas immédiatement équipée d'un boîtier.

Le type d'accessoires doit faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur. La compatibilité des accessoires doit être conforme au 10.19.

8.4 Antitorsion

Un dispositif antitorsion peut être utilisé pendant l'installation. Lorsqu'un fournisseur ne recommande pas l'utilisation d'un dispositif antirotation pendant l'installation, il doit indiquer la tension de déroulage maximale.

8.5 Conditions et méthodes d'installation du boîtier

L'installation ne doit pas être réalisée dans de mauvaises conditions météorologiques telles que les vents violents et l'humidité élevée et il convient que la température d'installation ne soit pas inférieure à -10 °C. Si le boîtier est fixé par des isolateurs de poteaux, il convient de concevoir et traiter spécialement la fixation en fonction de la structure de la tige de connexion. Si le boîtier est fixé par des isolateurs suspendus, il convient de spécifier le type d'accessoires et la connexion avec le poteau de la tour.

Il convient d'utiliser une connexion à jarretière pour réaliser la connexion électrique du boîtier. Il convient que la quantité de fibres que le boîtier peut accueillir soit adaptée à celle du câble OPPC. Il convient d'utiliser des fixations appropriées et solides pour installer le boîtier et il convient de prendre des mesures d'étanchéité appropriées pour éviter la pénétration d'eau et d'humidité dans le boîtier.

9 Caractéristiques de conception du câble

Le Tableau 1 est un résumé des caractéristiques importantes des câbles. D'autres caractéristiques peuvent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

Tableau 1 – Caractéristiques de conception du câble

Réf	Caractéristique de conception	Unités
1	Nombre et type de fibres	—
2	Type de conducteur	—
3	Construction	—
4	Diamètre extérieur	mm
5	Section droite calculée des fils pour la détermination de la résistance assignée à la traction	mm ²
6	Masse calculée	kg/km
7	Résistance assignée à la traction (RTS)	kN
8	Module d'élasticité	MPa
9	Coefficient de dilatation linéaire	K ⁻¹
10	Résistance en courant continu à 20 °C	Ω/km
11	Courant limite admissible dans des conditions spécifiques	A
12	Courant de défaut admissible I^2t	kA ² ·s
13	Résistance aux chocs de foudre	Coulomb
14	Tension maximale admissible (MAT)	kN
15	Tension d'installation maximale (MIT)	kN
16	Plage de températures admissibles pour le stockage et l'installation	°C
17	Température de fonctionnement	°C
18	Température en condition d'urgence	°C
19	Durée en condition d'urgence	heures ou jours
20	Déformation maximale à long terme	% de longueur
21	Ovalité maximale admissible (MAOC)	%

10 Essais du câble

10.1 Généralités

Les paramètres spécifiés dans le présent document peuvent être affectés par l'incertitude de mesure provenant soit d'erreurs de mesure, soit d'erreurs d'étalonnage. Les critères d'acceptation doivent être interprétés en tenant compte de cette observation. Pour certains essais spécifiés dans le présent document, l'objectif est que l'affaiblissement ne varie pas. L'incertitude totale de mesure pour le présent document doit être inférieure ou égale à 0,05 dB pour l'affaiblissement ou 0,05 dB/km pour l'affaiblissement linéique.

Par accord entre le client et le fournisseur, un écart mineur par rapport à cette limite peut être accepté à une basse fréquence, par exemple moins de 10 % des fibres. Toutefois, pour les essais mécaniques, aucun écart supérieur à 0,15 dB ne doit être accepté.

Les mesurages d'affaiblissement optique peuvent être effectués en utilisant un réflectomètre optique dans le domaine temporel (OTDR - *optical time domain reflectometer*) ou une source de rayonnement lumineux et un wattmètre, en fonction de la typologie d'essai du câble. Si pour un essai spécifique, des dommages distribués sont envisagés pour les fibres, l'affaiblissement doit être mesuré en dB/km, alors que pour des dommages localisés, l'affaiblissement doit être mesuré en dB. Néanmoins, les problèmes de mesure d'incertitude dus à une petite longueur de fibre doivent être pris en considération lorsqu'un OTDR est utilisé.

Si l'affaiblissement optique est contrôlé pendant l'essai, une augmentation permanente ou temporaire de l'affaiblissement optique supérieure à 0,15 dB ou 0,15 dB/km de fibre d'essai, à une longueur d'onde nominale de 1 550 nm doit être considérée comme une défaillance. Il convient que la procédure de mesure de l'affaiblissement soit conforme à l'IEC 60793-1-40. Différentes longueurs d'onde de contrôle peuvent être utilisées si elles ont fait l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

Des spécimens pour les essais doivent être obtenus auprès du fournisseur avant les essais. Le nombre de fibres soumises à l'essai doit être représentatif de la conception du câble conformément à l'échantillonnage de fibre de l'IEC 60794-1-1. Différents échantillonnages peuvent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur. Dans la mesure du possible, un nombre égal de fibres doit être sélectionné dans chaque unité de fibres optiques.

10.2 Classification des essais

10.2.1 Essai de type

Une vérification complète de la conception d'un OPPC comprend tous les essais de type et toutes les caractéristiques spécifiés dans le Tableau 1 à l'exception de l'essai de fluage et de l'essai de corrosion au brouillard salin qui sont facultatifs, sauf si les clients les exigent. Les essais de type doivent être réalisés avant la livraison d'un type de câble couvert par le présent document sur une base commerciale générale pour démontrer que des caractéristiques de performances satisfaisantes répondent à l'application prévue. Ces essais doivent être réalisés sur une longueur de câble qui satisfait aux exigences des essais individuels de série applicables. Ces essais sont de nature telle qu'une fois réalisés il n'est pas nécessaire de les répéter sauf si des variations significatives ont été introduites dans le matériau constitutif, la conception ou le type de processus de fabrication du câble qui peuvent modifier les caractéristiques de performances. Si certains essais doivent être répétés, cela doit faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

10.2.2 Essais d'acceptation en usine

Les essais d'acceptation en usine sont effectués sur des échantillons de câble complet ou sur des constituants prélevés sur un câble complet adapté pour vérifier que le produit fini satisfait aux spécifications de conception. Le domaine d'application et la fréquence des essais sur les échantillons, s'ils sont exigés, doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur. La non-conformité d'un spécimen d'essai à l'une des exigences du présent document, quelle qu'elle soit, doit constituer un motif de rejet du lot dont ce spécimen provient. Si un lot est rejeté, le fournisseur doit avoir le droit de soumettre à l'essai, mais une seule fois, tous les tourets individuels de câbles du lot et de soumettre pour acceptation ceux qui satisfont aux exigences.

10.2.3 Essais individuels de série

Des essais individuels de série sont effectués sur 10 % de toutes les longueurs de câble de fabrication pour démontrer leur intégrité dans le Tableau 1. La non-conformité d'un spécimen d'essai à l'une des exigences du présent document, quelle qu'elle soit, doit constituer un motif de rejet du lot dont ce spécimen provient. Si un lot est rejeté, le fournisseur doit avoir le droit de soumettre à l'essai, mais une seule fois, tous les tourets individuels de câbles du lot et de soumettre pour acceptation ceux qui satisfont aux exigences.

10.3 Résistance à la traction

Le câble doit être soumis à l'essai conformément à la méthode E1 de l'IEC 60794-1-21, avec les conditions suivantes:

- le câble doit être terminé par des accessoires d'extrémité adaptés au type de câble considéré;
- la longueur minimale d'un câble en traction doit être de 25 m et la longueur de contrôle doit être conforme à l'IEC 61089 (d'autres longueurs de contrôle d'échantillons peuvent être utilisées sous réserve d'accord entre le client et le fournisseur);
- la traction doit être augmentée progressivement jusqu'à la tension maximale admissible (MAT) et être relâchée jusqu'à la charge initiale. Des valeurs supérieures peuvent être utilisées si elles ont fait l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur.

À l'issue de l'essai, les critères suivants doivent être pris en considération:

- l'augmentation de l'affaiblissement doit être conforme aux exigences optiques générales indiquées en 10.1 jusqu'à atteindre la tension maximale admissible (MAT). Le dépassement des valeurs doit être considéré comme une défaillance;
- la déformation de la fibre;
- une marge de déformation inférieure à la valeur spécifiée jusqu'à la tension maximale admissible (MAT) doit être considérée comme une défaillance.

10.4 Vibrations éoliennes

La résistance du câble aux vibrations éoliennes doit être soumise à l'essai conformément à la méthode E19 de l'IEC 60794-1-21, avec les conditions suivantes:

- la traction mécanique sur le câble pendant l'essai doit être maintenue à $20 \% \pm 5 \%$ de la valeur de sa résistance assignée à la traction (RTS);
- la longueur totale du câble doit être suffisamment grande pour permettre de prolonger les extrémités et de relier les appareils pour les mesurages optiques;
- l'affaiblissement optique doit être contrôlé pendant toute la durée de l'essai et l'affaiblissement de la liaison optique doit être enregistré à intervalles réguliers;
- des accessoires de suspension et d'ancrage approuvés pour le câble OPPC doivent être utilisés pour fixer l'échantillon au matériel d'essai;
- au moins 10 000 000 de cycles de vibrations doivent être appliqués;
- l'ovalité maximale autorisée (MAOC) de l'unité optique doit être égale à 10 % du diamètre mesuré de l'unité optique.

Tout dommage visible du câble ou de n'importe lequel des éléments de câble doit être considéré comme une défaillance de l'essai.

La variation d'affaiblissement des fibres optiques contrôlées doit être conforme aux exigences optiques générales indiquées en 10.1. La référence pour le mesurage de l'affaiblissement optique doit être déterminée au début de l'essai et après la mise en traction du câble.

10.5 Fluage

S'il est exigé, cet essai est effectué conformément à l'IEC 61395, avec les conditions suivantes:

- l'OPPC doit être mis sous traction à 20 % de la résistance assignée à la traction (RTS) et maintenu dans les limites spécifiées dans l'IEC 61395 pendant la durée de l'essai;
- température d'évaluation: 20 °C.

Des conditions d'évaluation supplémentaires ou différentes peuvent être appliquées si elles ont fait l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur. Les charges d'essai concernées pour les concepteurs de lignes peuvent aller de 10 % à 25 % de la résistance assignée à la traction (RTS).

Le câble doit être terminé par des accessoires approuvés pour le type de câbles. Facultativement, tous les fils peuvent être maintenus ensemble à l'aide de résine époxy afin d'enfermer tous les éléments pendant l'essai. Aucun mesurage optique n'est exigé pour cet essai. Il convient de calculer le fluage estimé à un an et à 10 ans en utilisant l'équation ajustée aux résultats expérimentaux de 1 000 h de fluage.

10.6 Essai de passage sur poulies

L'essai doit être effectué pour vérifier que l'installation de l'OPPC ne risque ni de l'endommager ni de dégrader ses performances. Le câble doit être soumis à l'essai conformément à la méthode E18B de l'IEC 60794-1-21, avec les conditions suivantes:

- la longueur minimale de câble doit être de 15 m; la longueur minimale de câble courbé soumis à une traction doit être de 2 m;
- le diamètre des poulies ne doit pas être supérieur à 40 fois le diamètre du câble, mais si un accord avec le fabricant de câbles l'autorise, des poulies plus petites peuvent être utilisées;
- la vitesse de déplacement du câble pendant l'essai doit aller jusqu'à 0,6 m/s.

Soumettre l'échantillon de câble à au moins 20 cycles de déplacement avec un angle de courbure de $45^\circ \pm 15^\circ$.

La traction mécanique sur le câble pendant l'essai doit être maintenue à la tension d'installation maximale (MIT) ou à 15% de la résistance assignée à la traction (RTS), la plus grande des deux valeurs étant retenue. Contrôler le niveau de traction et l'ajuster si nécessaire tous les 5 cycles pendant l'essai.

La longueur totale du câble doit être suffisamment grande pour permettre des mesurages optiques et le câble doit être terminé par des accessoires adaptés au câble OPPC.

Les extrémités du câble sont préparées pour permettre le mesurage de la puissance optique transmise dans plusieurs fibres pendant l'essai. La longueur d'essai minimale des fibres optiques doit être de 100 m. Si nécessaire, les fibres doivent être épissées en boucles aux extrémités du câble. Il convient de positionner les terminaisons de manière à assurer que le mouvement du câble pendant les cycles ne perturbe pas les mesurages optiques. La référence pour le mesurage de l'affaiblissement optique doit être déterminée avant de mettre le câble en traction.

L'ovalité de l'OPPC et l'ovalité de l'unité ou des unités optiques doivent être calculées après l'essai. L'ovalité maximale admissible du câble (MAOC) et de l'unité ou des unités optiques ne doit pas être supérieure à 10 %.

La variation d'affaiblissement des fibres optiques contrôlées doit être conforme aux exigences optiques générales indiquées en 10.1.

À l'examen visuel, aucun élément ne doit révéler de fissure, de séparation des torons, ni de rupture lorsque la section de l'OPPC a été soumise à l'essai de passage sur poulie.

10.7 Essai de contrainte-déformation

Le câble doit être soumis à l'essai conformément à l'IEC 61089, avec les conditions suivantes:

- le câble doit être terminé par des accessoires d'extrémité adaptés au type de câble considéré;
- la longueur d'un échantillon en traction doit être au minimum de 16 m et la longueur de contrôle doit être conforme à l'IEC 61089 (d'autres longueurs de contrôle d'échantillons peuvent être utilisées sous réserve d'accord entre le client et le fournisseur);
- la charge doit être conforme à l'IEC 61089 ou à la valeur convenue entre le client et le fabricant.

Au cours de l'essai, aucun dommage visible ne doit être constaté sur le câble. Toutes les valeurs de contrainte et de déformation obtenues au cours de l'essai et ayant fait l'objet d'un accord entre le fournisseur et le client doivent être enregistrées.

Si cela est exigé, cet essai et l'essai de résistance à la traction peuvent être réalisés simultanément.

10.8 Charge de rupture

Le câble doit résister sans rupture d'aucun fil à au moins 95 % de la résistance assignée à la traction (RTS). Le câble doit être terminé par des accessoires adaptés au type de câbles.

Cet essai peut être effectué avec ou sans mesurages optiques.

10.9 Torsion

10.9.1 Généralités

Lorsque le câble doit être soumis à un essai de torsion, il ne doit pas présenter de dommage visible. La variation d'affaiblissement des fibres optiques contrôlées doit être conforme aux exigences optiques générales indiquées en 10.1.

10.9.2 Montage

Un échantillon de câble doit être installé dans une machine d'essai de traction appropriée. La longueur du câble entre les dispositifs d'ancrage doit être supérieure à 10 m. Un dispositif d'ancrage doit être fixé au dispositif de traction par une cellule de charge. L'autre dispositif d'ancrage doit être fixé à l'extrémité fixe de la machine d'essai par un émerillon. L'échantillon de câble OPPC doit être fixé sur lui-même afin de permettre un mouvement de rotation sans perturber la configuration de l'épissure optique. L'échantillon de câble doit être terminé au-delà des deux dispositifs d'ancrage de sorte que les fibres optiques ne puissent pas se déplacer par rapport au câble.

10.9.3 Procédure

Le câble doit être soumis à une traction égale à 20 % de sa résistance assignée à la traction (RTS). Une rotation de deux tours et demi doit être appliquée à l'échantillon de câble dans le sens du câblage des torons. Ce nombre de tours doit être calculé à partir de la longueur de câble d'essai pour produire une torsion totale du câble de 90 ° par mètre. L'échantillon de câble doit être tourné pour être remis dans sa position initiale. Une rotation doit être appliquée au câble dans le sens inverse du câblage des torons. L'échantillon de câble doit être tourné une nouvelle fois dans le sens inverse pour le faire revenir à sa position initiale. Ceci constitue un cycle de torsion.

Ce cycle doit être répété une deuxième fois. Les signaux provenant des appareils de mesure de puissance optique et la traction du câble mesurée par le dynamomètre doivent être surveillés en permanence et enregistrés toutes les 10 s à l'aide d'un système d'enregistrement de données numérique.

10.10 Cycles de température

Le câble doit être soumis à l'essai conformément à la procédure d'essais combinés de la méthode spécifiée dans l'IEC 60794-1-22, Méthode F1, avec les conditions suivantes:

- longueur minimale du câble en essai: 500 m;
- température extrême inférieure: $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- température extrême supérieure: $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- préconditionnement de l'échantillon à $23\text{ }^{\circ}\text{C}$, avant l'essai, pendant au minimum 16 h;
- temps de trempage aux températures extrêmes: 16 h au minimum;
- nombre de cycles: 2;
- taux de variation de température: $\leq 40\text{ }^{\circ}\text{C/h}$.

Des conditions d'évaluation différentes peuvent être appliquées si elles ont fait l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur. Toute augmentation permanente de l'affaiblissement dans des fibres optiques après l'essai ne doit pas dépasser 0,10 dB/km lorsque la mesure est effectuée à 1 550 nm.

10.11 Pénétration de l'eau (pour les unités optiques seulement)

Le câble doit être soumis à l'essai conformément à la méthode F5B de l'IEC 60794-1-22. D'autres critères d'acceptation peuvent être appliqués conformément aux exigences particulières du client.

Un échantillon de 1 m d'unité de fibres optiques d'un OPPC doit être soumis à l'essai de pénétration de l'eau uniquement sur l'unité optique hermétique. Vérifier que les extrémités de l'unité optique non recouverte ne se sont pas affaïssées pour permettre un écoulement libre des liquides à l'entrée.

Il convient qu'aucune fuite d'eau ne soit détectée à l'extrémité non scellée de l'échantillon après qu'une pression d'eau de 1 m de haut a été appliquée pendant 1 h à une extrémité de l'échantillon.

10.12 Écoulement (égouttement) des matériaux de remplissage (pour les unités optiques seulement)

Le câble doit être soumis à l'essai conformément à la méthode F16 de l'IEC 60794-1-22. D'autres critères d'acceptation peuvent être appliqués conformément aux exigences particulières du client.

Sauf indication contraire dans la spécification particulière, les spécimens de câble doivent être conformes à la partie applicable de la Méthode F16 de l'IEC 60794-1-22.

10.13 Compatibilité du revêtement de la fibre

Lorsque des fibres sont en contact avec un matériau de remplissage, la compatibilité du revêtement des fibres doit être soumise à l'essai selon l'IEC 60794-1-219 avec les conditions suivantes:

- si la température de fonctionnement et la température en condition d'urgence de l'OPPC sont inférieures à $85\text{ }^{\circ}\text{C}$, la condition d'essai doit être $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ et une humidité sans condensation de $85\text{ \%} \pm 5\text{ \%}$ pendant 30 jours;
- si la température de fonctionnement et/ou la température en condition d'urgence de l'OPPC sont supérieures ou égales à $85\text{ }^{\circ}\text{C}$, la condition d'essai doit correspondre aux caractéristiques électriques "réelles" de conception de l'OPPC et être déterminée en fonction de l'utilité ou de l'accord entre le fournisseur et le client.