

Commission Electrotechnique Internationale International Electrotechnical Commission

Président :

1935. MR. JAMES BURKE (ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE).

Présidents d'Honneur :

1926. COLONEL R. E. CROMPTON, C.B.

1935. PROF. DR. ELIHU THOMSON.

1935. PROF. PAUL JANET.

Anciens Présidents :

1906. RT. HON. LORD KELVIN, (GDE. BRETAGNE).

1908. PROF. DR. ELIHU THOMSON (ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE).

1911. PROF. DR. E. BUDE (ALLEMAGNE).

1913. MR. MAURICE LEBLANC (FRANCE).

1919. DR. C. O. MAILLOUX (ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE).

1923. SIGNOR GUIDO SEMENZA (ITALIE).

1927. PROF. DR. C. FELDMANN (PAYS-BAS).

1930. PROF. DR. A. F. ENSTRÖM (SUÈDE).

Secrétaire honoraire :

1927. LT.-COL. K. EDGCUMBE, R.E.T.A.

Secrétaire général :

C. LE MAISTRE, C.B.E.

**RÈGLES DE LA C.E.I. POUR LES
ESSAIS DE CÂBLES SOUS PLOMB
ISOLÉS AU PAPIER IMPREGNÉ
POUR TENSIONS COMPRISSES
ENTRE 10 kV ET 66 kV**

**IEC SPECIFICATION FOR TESTS
ON IMPREGNATED PAPER-INSU-
LATED LEAD-COVERED CABLES
FOR VOLTAGES OF 10 kV TO 66 kV**

**LONDRES :**

Imprimé pour la Commission par
GAYLARD & SON,
New Cross, S.E.14.

En vente au Bureau Central de la C.E.I.,
28, Victoria Street, Westminster, S.W.1.

1936.

DROITS DE REPRODUCTION RÉSERVÉS.

LONDON :

Printed for the Commission by
GAYLARD & SON,
New Cross, S.E.14

and to be obtained from the General Secretary of the I.E.C.,
28, Victoria Street, Westminster, S.W.1.

1936.

COPYRIGHT-ALL RIGHTS RESERVED.

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RÈGLES DE LA C.E.I. POUR LES ESSAIS DE CÂBLES SOUS PLOMB ISOLÉS AU PAPIER IMPRÉGNÉ POUR TENSIONS COMPRISES ENTRE 10 kV ET 66 kV

PRÉFACE

- (1) Les décisions ou accords officiels de la C.E.I. en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Études où sont représentés tous les Comités Nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- (2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités Nationaux.
- (3) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités Nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

SOMMAIRE

Article No.		Page
1.	Généralités - - - - -	4
2.	Définitions - - - - -	4
3.	Résistance des conducteurs - - - - -	4
4.	Pertes diélectriques - - - - -	6
5.	Essais à haute tension - - - - -	8
6.	Essai mécanique - - - - -	10
7.	Essais chimiques pour la protection extérieure des câbles -	12
8.	Définition des dimensions - - - - -	12

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

I.E.C. SPECIFICATION FOR TESTS ON IMPREGNATED PAPER- INSULATED LEAD-COVERED CABLES FOR VOLTAGES OF 10 kV TO 66 kV

FOREWORD

- (1) The formal decisions or agreements of the I.E.C. on technical matters, prepared by Advisory Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- (2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- (3) The desirability is recognised of extending international accord on these matters through an endeavour to harmonize national standardisation rules and these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

CONTENTS

Clause No.		Page
1.	General	5
2.	Definitions	5
3.	Conductor Resistance	5
4.	Dielectric Losses	7
5.	High-voltage Tests	9
6.	Mechanical Test	11
7.	Chemical Tests for the External Protection of Cables	13
8.	Dimensions	13

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE.

RÈGLES DE LA C.E.I. POUR LES ESSAIS DE CÂBLES SOUS PLOMB ISOLÉS AU PAPIER IMPRÉGNÉ* POUR TENSIONS SPÉCIFIÉES COMPRISES ENTRE 10 kV ET 66 kV.

Nota : Les règles ci-après ont été adoptées par le Comité d'Etudes No. 20 : Câbles Electriques à sa réunion de Scheveningen, en juin 1935. Elles ont été ratifiées depuis par les Comités Nationaux, à l'exception du Comité National des Etats-Unis, suivant la Règle des Six Mois. Le Comité National des Etats-Unis, cependant, bien qu'il n'approuvant pas les prescriptions techniques contenues dans ce document, ne s'est pas opposé à sa publication.

1. Généralités.

Les stipulations suivantes se rapportent à des câbles destinés à être utilisés sur les réseaux dont la tension de régime est comprise entre 10 et 66 kV. Il convient de noter que la tension de régime des réseaux n'est pas toujours égale à la tension spécifiée des câbles. (Voir art. 2).

Nota : Par "température ambiante", on entend dans les présentes règles une température comprise entre 10° C et 20° C.

2. Définitions.

Les définitions suivantes ont été adoptées pour l'application des présentes règles :—

- (a) Les tensions spécifiées d'un câble sont les tensions pour lesquelles les différentes parties du diélectrique du câble doivent être établies.
- (b) On entend par *cuivre recuit* le cuivre dont les propriétés sont spécifiées dans le Fascicule 28 de la C.E.I.

Nota : Les caractéristiques mécaniques et électriques de l'aluminium utilisé dans les câbles seront précisées ultérieurement (voir art. 3 : résistance des conducteurs).

3. Résistance des Conducteurs.

La résistance mesurée, en courant continu, du conducteur d'un câble à l'état fini, ramenée à 20° C, ne doit pas dépasser de plus de 4 pour cent la valeur calculée sur la base d'un conducteur massif de même longueur que le câble, d'une section égale à la section spécifiée et ayant une résistivité de $X \text{ ohm} \cdot \text{mm}^2/\text{km}$.

Dans le paragraphe ci-dessus, la valeur de X est égale à :—

17,24 pour le cuivre recuit

L'aluminium utilisé dans les câbles étant à l'état demi-dur, on adopte provisoirement, pour la valeur correspondante de X , celle de 28,45, sous réserve de sa confirmation par les études en cours.

Les valeurs à adopter pour les coefficients de température sont :—

0,00393 par °C pour le cuivre recuit.

0,00400 par °C pour l'aluminium.

La résistance du conducteur sera mesurée pour toutes les âmes et toutes les longueurs de câbles.

*A l'exclusion des câbles de types spéciaux.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION.

I.E.C. SPECIFICATION FOR TESTS ON IMPREGNATED PAPER- INSULATED LEAD-COVERED* CABLES FOR VOLTAGES OF 10 kV TO 66 kV.

Note: This Specification was adopted by Advisory Committee No. 20 on Electric Cables at a meeting in Scheveningen, in June, 1935, and subsequently ratified by the National Committees under the Six Months' Rule, with the exception of the United States National Committee. The U.S. National Committee, however, whilst not agreeing with the technical provisions contained herein has not desired to oppose publication.

1. General.

The following conditions apply to cables intended for use in networks operating at voltages of 10 kV to 66 kV. It is to be noted that the rated voltage of the network is not always equal to the rated voltage of the cables. (See Clause 2).

Note: Where the ambient temperature is referred to in this Specification, it is to be assumed that this is within the limits of 10° C and 20° C.

2. Definitions.

The following definitions have been adopted for the purposes of the Specification:—

(a) *The Rated Voltages* of a cable are the voltages for which the different parts of the cable dielectric have to be designed.

(b) *Annealed Copper* is copper having the properties specified in I.E.C. Publication 28.

Note: The mechanical and electrical characteristics of aluminium as used in the manufacture of cables will be given later. (See under Clause 3: Conductor Resistance).

3. Conductor Resistance.

The measured D.C. resistance of the conductor in the completed cable, corrected to 20° C, shall not exceed by more than four per cent (4%) the value calculated on the basis of a solid conductor of the same length as the cable, having a section equal to the specified sectional area and having a volume resistivity of X ohm mm²/km.

In the above paragraph the value of X shall be taken as:—

For Annealed Copper 17·24

The aluminium used in the manufacture of cables being in the half-hard condition, the value of 28·45 has been provisionally adopted for X , subject to confirmation by the investigations which are now being carried out.

The values to be adopted for the temperature coefficients are as follows:—

For Annealed Copper 0·00393 per °C.

For Aluminium 0·00400 per °C.

The conductor resistance shall be determined for all cores and all lengths of cable.

* Special types of cable are not included.

4. Pertes Diélectriques.

(a) Essais à la température ambiante.

L'acheteur peut demander des essais de pertes diélectriques à la température ambiante et aux tensions spécifiées ci-dessous sur chaque conducteur du câble pour environ 10 pour cent des longueurs formant la fourniture. Les essais seront exécutés sur un tambour par dix tambours ou fraction de dix tambours formant la fourniture. Aucun essai de pertes ne sera effectué sur les commandes de longueur totale inférieure à 1 km.

En outre, pour tous les câbles de tensions spécifiées supérieures à 20 kV, le fabricant devra, sur demande, produire les certificats des essais effectués sur chaque conducteur de toutes les longueurs constituant la fourniture.

Les essais seront effectués à 0,75, 1,25 et 2 fois la tension spécifiée à toute fréquence convenable comprise entre 40 et 60 périodes par seconde. Pour les câbles à plusieurs conducteurs à champ non radial, la tension sera appliquée entre un conducteur et les autres reliés à la gaine de plomb et les essais ne seront exécutés que sur un seul conducteur.

La valeur du facteur de puissance des pertes diélectriques, déterminée par l'essai à 0,75 fois la tension spécifiée, ne doit pas dépasser 0,01. Cette valeur de 0,01 n'est pas applicable aux câbles au papier préimprégné.

L'ionisation (augmentation du facteur de puissance avec la tension) maximum admissible est fixée comme suit :—

	Câbles à champ radial.	Câbles à champ non radial.
Entre 0,75 E et 1,25 E	0,001	0,003
Entre 1,25 E et 2,0 E	0,003	0,006

où E représente la tension spécifiée du câble.

Nota : Les valeurs du facteur de puissance pour les câbles à champ non radial ne sont admises qu'à titre provisoire et seront sujettes à révision lorsque de nouveaux essais auront été effectués.

(b) **Essai de stabilité.** (Temporairement et seulement à titre de proposition jusqu'à la conclusion des études poursuivies par les Comités Nationaux).

L'essai de stabilité ne sera appliqué qu'aux câbles pour tensions spécifiées supérieures à 10 kV, sauf stipulation contraire de la part de l'acheteur.

L'essai ne sera pas effectué sur les commandes de longueur totale inférieure à 1 km.

Sur les commandes de longueur totale égale ou supérieure à 1 km, il sera prélevé :—

- sur les commandes de longueur totale comprise entre 1 et 5 km : 1 longueur.
- sur les commandes de longueur totale comprise entre 5 et 10 km : 2 longueurs.
- sur les commandes de longueur totale comprise entre 10 et 15 km : 3 longueurs, etc., à raison de 1 longueur par 5 km ou fraction de 5 km supplémentaires.

La longueur à essayer ayant été enroulée sur un tambour, la détermination des pertes diélectriques se fera suivant l'article 4 (a) :—

- (1) à la température ambiante normale;
- (2) après que la température des conducteurs aura été portée à 40° C ;
- (3) après que la température des conducteurs aura été ramenée entre 10° et 15° C.

On appliquera une tension alternative à toute fréquence convenable comprise entre 40 et 60 périodes par seconde, entre le conducteur et la gaine de plomb pour les câbles à un conducteur à champ radial, et entre un conducteur et les autres reliés au plomb pour les câbles à plusieurs conducteurs à champ non radial.

4. Dielectric Losses.

(a) Tests at Ambient Temperature.

The Purchaser may require dielectric loss tests at ambient temperature and at the voltage specified below on each individual core of about 10 per cent of the lengths of cable comprising the order. One drum shall be tested out of each ten drums or fraction of ten drums comprising the order. No dielectric-loss test shall be made on lengths of cable in an order for less than 1 km.

In addition, for all cables having rated voltages exceeding 20 kV, the manufacturer shall, on request, produce the certificates of the tests which have been carried out on each individual core of all lengths comprising the order.

The tests shall be made at 0.75, 1.25 and 2.0 times the rated voltage at any convenient frequency between 40 and 60 cycles per second. For multicore non-radial-field cables the voltage shall be applied between one conductor and the remainder connected to the lead sheathing, only one conductor being tested.

The value of power-factor of dielectric loss determined by the test at 0.75 times the rated voltage shall not exceed 0.01. This value of 0.01 shall not apply in the case of cables made with pre-impregnated paper.

The maximum permissible ionization (i.e., rise of power factor with voltage) shall be as follows:—

	Radial-Field Cables	Non-Radial-Field Cables
Between 0.75E and 1.25E	0.001	0.003
Between 1.25E and 2.0 E	0.003	0.006

where E is the rated voltage of the cable.

Note: The power-factor values for non-radial-field cables are tentative only and are subject to revision after further investigations have been completed.

(b) **Stability Test.** (Tentative pending the completion of investigations being made by the National Committees.)

The stability test is to be applied only to cables rated above 10 kV, except where specially called for by the purchaser.

The test shall not be carried out on orders for less than 1 km.

On orders of 1 km or more samples shall be taken as follows:—

On orders between 1 and 5 km: 1 drum length.

On orders between 5 and 10 km: 2 drum lengths.

On orders between 10 and 15 km: 3 drum lengths, etc., at the rate of 1 drum length per 5 km or additional fraction of 5 km.

The length of cable to be tested having been wound on a drum, the test for dielectric loss shall be made in accordance with Clause 4 (a) at:—

- (1) Normal ambient temperature.
- (2) After heating to a conductor temperature of 40° C.
- (3) After re-cooling to a conductor temperature between the limits of 10° to 15° C.

An alternating voltage at any convenient frequency between 40 and 60 cycles per second shall be applied between the conductor and lead in the case of single-core and radial-field cables, and between one conductor and the others earthed in the case of multicore non-radial-field cables.

Le câble sera porté à 40° C par passage du courant dans le conducteur, de manière que la température maximum soit atteinte dans un délai d'environ 4 heures, et le refroidissement qui suivra sera effectué aussi rapidement que possible.

La température du câble sera déduite de la variation de la résistance du conducteur.

Le facteur de puissance à 0,75 E, après le refroidissement, ne devra pas être supérieur à :—
0,010 pour les câbles à champ radial,
0,012 pour les câbles à champ non radial.

Les valeurs de l'ionisation admissible après refroidissement sont fixées à l'article 4 (a).

5. Essais à Haute Tension.

(a) Essais courants en usine.

Cet essai consistera dans l'application à toutes les longueurs comprises dans la commande d'une tension égale à 2,5 fois la tension spécifiée.

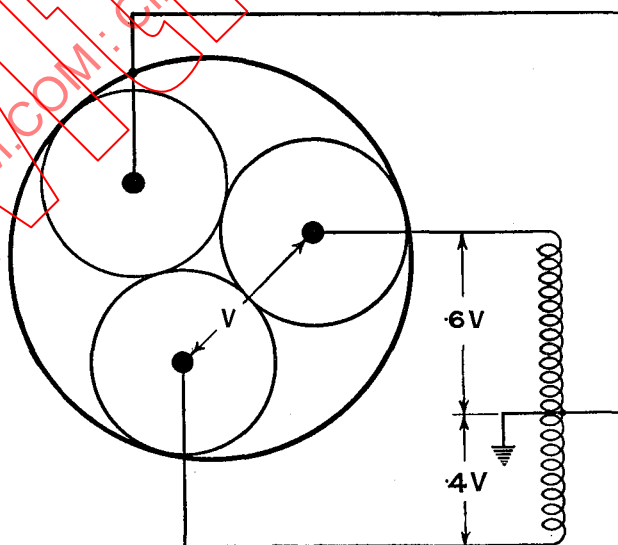
L'essai sera effectué à toute fréquence convenable normalement utilisée par le fabricant, à la condition qu'elle soit comprise entre 40 et 60 périodes par seconde.

- (i) *Câbles à champ radial.* Pour cet essai, les câbles à plusieurs conducteurs à champ radial seront considérés comme câbles à un seul conducteur. La durée de l'essai sera de 20 minutes.
- (ii) *Câbles à champ non radial.* Pour les câbles à champ non radial, quelque soit le type de construction, l'essai sera fait en triphasé et suivi d'un essai supplémentaire monophasé entre les trois conducteurs réunis et la gaine de plomb, la tension appliquée dans l'un et l'autre essai étant basée sur la tension spécifiée.

L'essai pourra aussi être fait en monophasé entre conducteur et conducteur, et entre conducteur et la gaine de plomb, la tension spécifiée étant toujours prise comme base, le mode de connexion étant laissé au choix des Comités Nationaux.

Pour les câbles devant fonctionner sur un réseau dont le neutre est franchement à la terre, il ne sera fait que l'essai en triphasé, la tension appliquée étant basée sur la tension spécifiée entre phases.

L'essai pourra aussi être fait en monophasé en connectant les conducteurs de manière à appliquer les mêmes tensions qu'en triphasé entre conducteurs, ainsi qu'entre conducteurs et la gaine de plomb, par exemple avec les connexions indiquées dans le croquis ci-après.



The heating to 40° C shall be carried out by current in the conductor in such a way that the maximum temperature is reached in about 4 hours, and the subsequent cooling shall be carried out as rapidly as possible.

The temperature of the cable shall be deduced from the variation of the conductor resistance.

The power factor at 0.75 E, after cooling, shall be not greater than :—

0.010 for radial-field cables,

0.012 for non-radial-field cables.

The values of the permissible ionization after cooling are controlled by Clause 4 (a).

5. High-Voltage Tests.

(a) Routine Test at Works.

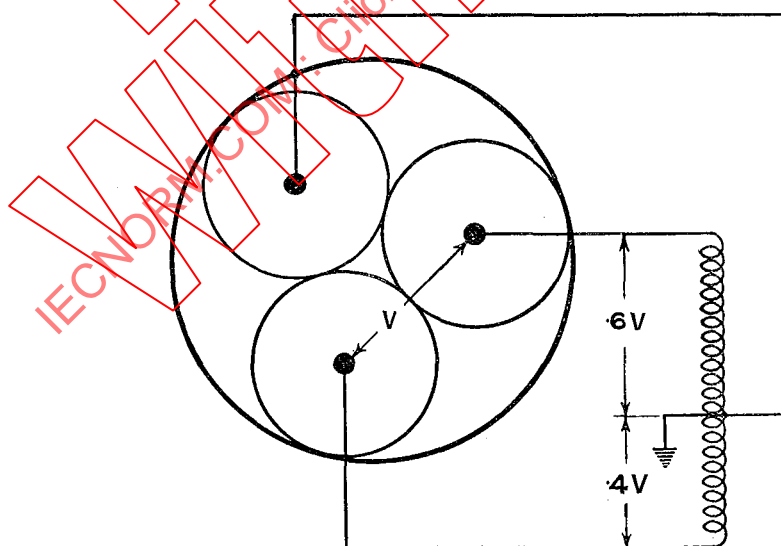
All lengths of cable shall be subjected to a test consisting of the application of a voltage equal to 2.5 times rated voltage.

The test frequency shall be any convenient frequency normally used by the manufacturer, provided that it is between 40 and 60 cycles per second.

- (i) *Radial-field Cables.* For this test a multicore radial-field cable is to be considered as a single-core cable. The duration of the test shall be 20 minutes.
- (ii) *Non-Radial-Field Cables.* For non-radial-field cables, of all types of construction, the test shall be made as a 3-phase test with an additional 1-phase test between cores connected together and the lead sheathing, the test-voltage in both tests being based on the rated voltage between phases.

Alternatively, the test may be made as a 1-phase test between core and core, and between core and the lead sheathing, the test-voltage being based on the rated voltage between phases, and the method of connection being left to the choice of the different countries.

For cables to work on systems with solidly earthed neutral, the test shall be made as a 3-phase test, the test-voltage being based on the rated voltage between phases, or alternatively a 1-phase test may be made, the connections being such as to give the same voltage between cores and between cores and the lead sheathing as in the 3-phase test, e.g., the connections shown in the following diagram.



Les durées des essais à haute tension seront les suivantes :—

- (1) En triphasé: 20 minutes pour l'essai entre conducteurs et en outre 10 minutes pour l'essai entre conducteurs et la gaine de plomb dans le cas où l'on ne prévoit pas de mettre la neutre à la terre.
- (2) En monophasé: 10 minutes par conducteur en employant un des modes de connexion à volonté et en faisant sur chaque conducteur un essai, par rotation, répété autant de fois qu'il y a de conducteurs.

(b) Essais après pose.

Le câble sera essayé avec une tension alternative égale à 1,73 fois la tension spécifiée ou une tension continue égale à 4 fois la tension spécifiée appliquée pendant la durée suivante :—

Câbles à un seul conducteur - - 20 minutes.

Câbles à plusieurs conducteurs :

si l'essai est fait en triphasé - - 20 minutes.

si l'essai est fait sur chaque conducteur - 10 minutes.

La fréquence dans le cas de l'essai en courant alternatif sera celle du réseau de distribution.

Les connexions à utiliser pour l'application de la tension seront celles indiquées à l'article 5 (a).

(c) Essai de longue durée.

Il ne sera pas procédé à cet essai sur les commandes de longueur totale inférieure à 1 km.

Sur toute commande de longueur totale égale ou supérieure à 1 km, il sera prélevé un échantillon de 10 m pour chaque portion de 5 km.

L'échantillon, à la température ambiante, devra supporter sans claquage, pendant 4 heures, l'application d'une tension alternative égale à 4 fois la tension spécifiée; dans le cas de câbles à plusieurs conducteurs à champ radial, la tension sera appliquée entre tous les conducteurs réunis en parallèle et les gaines de plomb. Pour les câbles à plusieurs conducteurs à champ non radial, la tension sera appliquée entre un conducteur et les autres conducteurs reliés à la gaine de plomb et on ne fera qu'un seul essai.

L'essai sera effectué à toute fréquence convenable comprise entre 40 et 60 périodes par seconde.

(d) Essai électrique après pliage.

Cet essai sera fait sur tous les câbles, à champ radial ou non, après l'essai décrit à l'article 6.

L'échantillon, après avoir été soumis à l'essai de l'article 6, devra supporter, pendant 10 minutes, l'application d'une tension alternative égale à 4 fois la tension spécifiée, les connexions employées pour l'application de la tension étant les mêmes que pour l'essai de longue durée.

6. Essai Mécanique.

Cet essai sera effectué à la température ambiante sur un échantillon prélevé sur chaque portion de 10 km de la fourniture, c.a.d. un échantillon sur une longueur inférieure ou égale à 10 km, deux échantillons sur une longueur de 10 à 20 km, et ainsi de suite.

The duration of the test shall be :—

- (1) 3-phase test : 20 minutes for tests between conductors and 10 minutes for the test between conductors and the lead sheathing in the case where the neutral is not earthed.
- (2) 1-phase test : 10 minutes per conductor, using any desired method of connection and making a test on each conductor in turn, the total number of tests being equal to the number of conductors.

(b) Tests after Laying.

The cable shall be tested with an alternating voltage equal to 1.73 times the rated voltage, or a D.C. voltage equal to 4 times the rated voltage, applied for the following period :—

Single-core Cables - - 20 minutes.

Multicore Cables :

if made as a 3-phase test - 20 minutes.

if tested on each conductor - 10 minutes.

The frequency in the case of the A.C. test shall be that of the distribution network.

The connections to be employed for the application of the voltage shall be those defined in Clause 5 (a).

(c) Long-Time Test.

This test shall not be carried out on orders for less than 1 km.

On any order for 1 km or more, a sample, 10 metres in length, shall be taken from every 5 km of the cable.

The sample, at ambient temperature, shall withstand, without failure, the application of an alternating voltage equal to 4 times the rated voltage for four hours; the voltage shall be applied between all cores connected in parallel and the lead sheathings in the case of radial-field cables. In the case of multicore non-radial-field cables the voltage shall be applied between one conductor and the remainder connected to the lead sheathing, only one test being made.

The frequency shall be any convenient frequency between 40 and 60 cycles per second.

(d) Electrical Tests After Bending.

This test shall be applied on all cables, either radial-field or non-radial-field cables, after the test described in Clause 6 has been carried out.

The sample that has been subjected to the test in Clause 6 shall withstand the application of an alternating voltage equal to 4 times the rated voltage, for a period of 10 minutes, the connections employed for the application of the voltage being the same as for the long-time test.

6. Mechanical Test.

This test shall be carried out at ambient temperature on a sample taken from every 10 km length of cable comprising the order, *i.e.*, one sample up to 10 km, two samples up to 20 km, and so on.