

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA C. E. I.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

I. E. C. RECOMMENDATION

Publication 99-1

Première édition — First edition

1958

Recommandations pour les parafoudres

Première partie : Parafoudres à résistance variable

Recommendations for lightning arresters

Part I: Non-linear resistor type arresters



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

IECNORM.COM :: Click to view the full PDF of IEC 60099-1:1958

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA C. E. I.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

I. E. C. RECOMMENDATION

Publication 99-1

Première édition — First edition

1958

Recommandations pour les paraîoudres

Première partie: Paraîoudres à résistance variable

Recommendations for lightning arresters

Part I: Non-linear resistor type arresters



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale.

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Page
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Section	
I. Domaine d'application	6
II. Généralités	6
Conditions normales de service	6
III. Définitions	6
IV. Identification et valeurs nominales normalisées	14
V. Essais	
A. Conditions générales des essais	18
B. Essais de type	20
C. Essais de contrôle de fabrication et essais de réception	28
VI. Guide pour le choix de la tension nominale du parafoudre	28
VII. Tableaux II-V	34
VIII. Annexes	
A. Circuit type pour les essais de fonctionnement	46
B. Conditions de service anormales	50

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Section	
I. Scope	7
II. General	7
Normal Service Conditions	7
III. Definitions	7
IV. Identification and Standard Ratings	15
V. Test Specifications	
A. General testing procedures	19
B. Type tests	21
C. Manufacturer's control tests and acceptance tests	29
VI. Guide to Selection of Arrester Voltage Ratings	29
VII. Tables II-V.	35
VIII. Appendices	
A. Test circuit	47
B. Abnormal service conditions	51

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RECOMMANDATIONS POUR LES PARAFOUDRES

PREMIÈRE PARTIE: PARAFOUDRES A RÉSISTANCE VARIABLE

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C.E.I. en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes 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) Dans le but d'encourager cette unification internationale, la C.E.I. exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C.E.I. dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) 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.

PRÉFACE

La présente publication a été préparée par le Comité d'Etudes N° 37, Parafoudres, et constitue la première partie des Recommandations de la C.E.I. pour les Parafoudres.

Un Comité Préparatoire d'Experts composé de sept membres fut créé en 1952 et chargé de l'élaboration d'un projet à soumettre au Comité d'Etudes plénier. Ce Comité s'est réuni successivement à Paris en juin 1952, à Opatija en juin 1953, puis à Philadelphie en septembre 1954.

Le projet rédigé par le Comité d'Experts fut discuté à la réunion plénière du Comité d'Etudes, tenue à Londres en juillet 1955, et il fut alors convenu qu'un nouveau texte relatif à la Première Partie des Recommandations, relative aux parafoudres à résistance variable, serait mis au point et soumis aux Comités nationaux pour approbation suivant la Règle des Six Mois.

Il fut également convenu de commencer le travail relatif à la deuxième partie, traitant des parafoudres à expulsion.

Conformément à cette procédure, un projet de texte de la Première Partie: Parafoudres à résistance variable, faisant l'objet de la présente publication, a été diffusé aux Comités nationaux, pour approbation suivant la Règle des Six Mois, en septembre 1956.

Les pays suivants ont donné leur accord explicite à la publication:

Allemagne	Japon
Autriche	Norvège
Belgique	Pays-Bas
Brésil	Pologne
Canada	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
Finlande	Tchécoslovaquie
France	Union Sud-Africaine
Inde	Union des Républiques Socialistes
Italie	Soviétiques
	Yougoslavie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RECOMMENDATIONS FOR LIGHTNING ARRESTERS

PART I: NON-LINEAR RESISTOR TYPE ARRESTERS

FOREWORD

- (1) The formal decisions or agreements of the I.E.C. on technical matters, prepared by Technical 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) In order to promote this international unification, the I.E.C. expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I.E.C. recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- (4) The desirability is recognised of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This publication was prepared by Technical Committee No. 37, Lightning Arresters, and constitutes the first part of the I.E.C. Recommendations for Lightning Arresters.

A preparatory Committee of Experts, with seven members was set up in 1952 to prepare a draft for the consideration of the full Technical Committee, and held meetings in Paris, June 1952, Opatija, June 1953, and in Philadelphia, September 1954.

The draft prepared by the Committee of Experts was discussed at the meeting of the full Technical Committee in London in July 1955. It was agreed at this meeting that a new draft for Part I of the Recommendations, concerning non-linear resistor type arresters, should be prepared and circulated to the National Committees for approval under the Six Months' Rule.

It was also agreed that work should commence on Part II of the Recommendations, concerning expulsion type arresters.

In conformity with this procedure, a draft for Part I: Non-linear resistor type arresters, which forms the subject of this publication, was circulated to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in September 1956.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Austria	Japan
Belgium	Netherlands
Brazil	Norway
Canada	Poland
Czechoslovakia	Sweden
Denmark	Switzerland
Finland	Union of South Africa
France	United Kingdom
Germany	United States of America
India	Union of Soviet Socialist Republics
Italy	Yugoslavia

RECOMMANDATIONS POUR LES PARAFOUDRES

PREMIÈRE PARTIE: PARAFOUDRES A RÉSISTANCE VARIABLE

I. DOMAINE D'APPLICATION

1. Domaine d'application

Ces Recommandations s'appliquent aux appareils de protection contre les surtensions prévus pour un fonctionnement répété et conçus pour limiter les surtensions sur les circuits alternatifs et interrompre à chaque fois le courant de suite. Elles s'appliquent aux parafoudres comportant un éclateur simple ou multiple en série avec une ou plusieurs résistances variables.

II. GÉNÉRALITÉS

2. Conditions normales de service

Les parafoudres conformes à ces Recommandations conviennent dans les conditions normales de service suivantes:

- a) Température ambiante ne dépassant pas 40°C.
- b) Altitude ne dépassant pas 1 000 mètres.
- c) Fréquence de service comprise entre 48 et 62 Hz.
- d) Tension à fréquence industrielle appliquée entre bornes du parafoudre ne dépassant pas sa tension nominale.

Les parafoudres destinés à des utilisations différentes ou soumis à d'autres conditions de service que celles ci-dessus peuvent exiger une étude spéciale pour leur fabrication ou leur utilisation et chaque cas doit être étudié avec le constructeur. Voir l'article 58 pour les utilisations spéciales et l'annexe B pour les conditions de service normales.

III. DÉFINITIONS

3. Parafoudre

Appareil destiné à protéger le matériel électrique contre les surtensions transitoires élevées, à être branché entre les conducteurs d'un réseau et la terre et à limiter la durée et souvent l'amplitude du courant de suite.

Nota. — Le terme « parafoudre » comprend tout éclateur extérieur en série nécessaire au bon fonctionnement du dispositif lorsqu'il est installé en service, sans tenir compte du fait que cet éclateur soit ou non fourni comme partie intégrante du dispositif.

4. Eclateur série

Intervalle réalisé (ou intervalles réalisés) entre les électrodes situées en série avec la résistance variable (ou les résistances variables) du parafoudre.

5. Résistance série variable (non linéaire)

Élément du parafoudre qui, par sa caractéristique volt-ampère non linéaire, fonctionne comme une résistance de faible valeur pour laisser passer les courants de décharge de grande amplitude, limitant ainsi la tension aux bornes du parafoudre, et comme une résistance de valeur élevée à la tension normale à fréquence industrielle, limitant ainsi l'amplitude du courant de suite.

RECOMMENDATIONS FOR LIGHTNING ARRESTERS

PART I: NON-LINEAR-RESISTOR TYPE ARRESTERS

I. SCOPE

1. Scope

These Recommendations apply to surge protective devices designed for repeated operation to limit voltage surges on alternating current power circuits and to interrupt power follow current. They apply to lightning arresters consisting of single or multiple spark gaps in series with one or more non-linear resistors.

II. GENERAL

2. Normal Service Conditions

Lightning arresters which conform to these Recommendations shall be suitable for operation under the following normal service conditions.

- (a) Ambient temperature not exceeding 40°C.
- (b) Altitude not exceeding 1 000 metres (3 300 feet).
- (c) Frequency of the alternating current power supply not less than 48 and not exceeding 62 cycles per second.
- (d) Power-frequency voltage applied between the line and earth terminals of the arrester not exceeding its rated voltage.

Arresters subjected to other than normal application or service conditions may require special consideration in manufacture or application and each such case should be discussed with the manufacturer. See Clause 58 for special applications and Appendix B for abnormal service conditions.

III. DEFINITIONS

3. Lightning Arrester

A device designed to protect electrical apparatus from high transient voltage, to be connected between the electrical conductors of a network and earth, and to limit the duration and frequently the amplitude of follow current.

Note. — The term "lightning arrester" includes any external series gap which is essential for the proper functioning of the device as installed for service, regardless of whether or not it is supplied as an integral part of the device.

4. Series Gap

An intentional gap or gaps between spaced electrodes in series with the non-linear series resistor or resistors of the arrester.

5. Non-linear Series Resistor

That part of the lightning arrester which, by its non-linear volt-ampere characteristic, acts as a low resistance to the flow of high discharge currents thus limiting the voltage across the arrester terminals, and as a high resistance at normal power-frequency voltage thus limiting the magnitude of follow current.

6. Fraction de parafoudre

Partie d'un parafoudre contenue dans une enveloppe et comportant des éclateurs série et des résistances variables dans la même proportion que dans le parafoudre complet.

7. Élément de parafoudre

Partie d'un parafoudre de fabrication normale contenue dans une enveloppe et dont la mise en série avec d'autres éléments permet de réaliser un parafoudre de tension nominale plus élevée.

8. Tension nominale du parafoudre

Valeur spécifiée maximum de la tension efficace à fréquence industrielle admissible entre ses bornes de ligne et de terre.

9. Fréquence nominale du parafoudre

La fréquence ou la plage des fréquences nominales du réseau pour laquelle le parafoudre est prévu.

10. Courant de décharge

Onde de courant écoulée par le parafoudre après un amorçage.

11. Courant nominal de décharge

Courant de décharge ayant l'amplitude et la forme d'onde spécifiées, utilisé pour désigner un parafoudre et auquel se rapportent ses caractéristiques d'endurance et de protection.

Nota. — C'est également le courant de décharge utilisé pour amorcer le courant de suite au cours de l'essai de fonctionnement.

12. Courant de suite

Courant débité par le réseau et écoulé par le parafoudre après le passage du courant de décharge.

13. Tension résiduelle d'un parafoudre

Tension qui apparaît entre les bornes d'un parafoudre pendant le passage du courant de décharge.

14. Tension d'amorçage à fréquence industrielle d'un parafoudre

Valeur efficace de la plus basse tension à fréquence industrielle qui, appliquée entre bornes d'un parafoudre, provoque l'amorçage de tous les éclateurs série.

15. Tension d'amorçage au choc d'un parafoudre

Valeur la plus élevée de la tension qui est atteinte avant le passage du courant de décharge quand une onde de forme et de polarité données est appliquée entre les bornes d'un parafoudre.

16. Essai de fonctionnement

Essai au cours duquel les conditions normales de service sont reproduites en appliquant un nombre spécifié d'ondes de choc au parafoudre, relié par ailleurs à une source d'énergie à la fréquence nominale et à la tension spécifiée.

6. Pro-rated Section of an Arrester

A complete, suitably housed section of an arrester including series gaps and non-linear series resistors in the same proportion as in the complete arrester.

7. Pro-rated Unit of an Arrester

A completely housed standard section of an arrester which may be connected in series with pro-rated units to construct an arrester of higher voltage rating.

8. Rated Voltage of an Arrester

The designated maximum permissible r.m.s. value of power-frequency voltage between its line and earth terminals.

9. Rated Frequency of an Arrester

The frequency, or range of rated frequencies, of the power systems on which the arrester is designed to be used.

10. Discharge Current

The surge current which flows through the arrester after a sparkover.

11. Nominal Discharge Current.

The discharge current, having a designated crest value and waveshape, which is used to classify an arrester with respect to durability and protective characteristics.

Note. — It is also the discharge current which is used to initiate follow current in the operating duty test.

12. Follow Current

The current from the connected power source which flows through an arrester following the passage of discharge current.

13. Residual Voltage (Discharge Voltage) of an Arrester

The voltage that appears between the line terminal and the earth terminal of an arrester during the passage of discharge current.

14. Power-frequency Sparkover Voltage of an Arrester

The r.m.s. value of the lowest power-frequency voltage, applied between the line and earth terminals of an arrester, which causes sparkover of all the series gaps.

15. Impulse Sparkover Voltage of an Arrester

The highest value of voltage attained during an impulse of given wave shape and polarity applied between the line and earth terminals of an arrester prior to the flow of discharge current.

16. Operating Duty Test

A test in which working conditions are simulated by the application to the arrester of a specified number of impulses while it is connected to a power supply of rated frequency and specified voltage.

17. Coefficient de l'état d'un réseau triphasé par rapport à la terre

Rapport de la tension efficace la plus élevée entre la phase saine, ou les phases saines, du réseau et la terre, au lieu d'installation du parafoudre, en cas de défaut à la terre (quel que soit l'emplacement du défaut) à la tension efficace entre phases la plus élevée du réseau, exprimé en pour cent de cette dernière.

18. Réseau à neutre isolé

Réseau triphasé dont tous les neutres n'ont aucune connexion intentionnelle à la terre sauf à travers des appareils de signalisation, de mesure ou de protection, de très grande impédance.

19. Réseau compensé par bobine d'extinction

Réseau triphasé dont les neutres sont réunis à la terre par des bobines dont les valeurs des réactances sont telles que lors d'un défaut entre une phase du réseau et la terre, le courant inductif à fréquence industrielle qui circule dans la réactance compense sensiblement la composante capacitive à fréquence industrielle du courant de défaut à la terre.

20. Réseau à neutre à la terre

Réseau triphasé dont un ou plusieurs neutres sont en permanence reliés à la terre soit directement, soit par des résistances ou réactances de faible valeur.

- a) *Un réseau à neutre effectivement à la terre* est un réseau caractérisé par un coefficient de l'état du réseau par rapport à la terre au plus égale à 80 %.
- b) *Un réseau à neutre non effectivement à la terre* est un réseau caractérisé par un coefficient de l'état du réseau par rapport à la terre qui peut dépasser 80 %.

21. Essais de type

Essais effectués après la mise au point d'un nouveau type de parafoudre pour déterminer ses caractéristiques et montrer qu'il est conforme aux présentes Recommandations. Ces essais ne doivent être repris sur un type d'appareil que si des modifications viennent en changer les caractéristiques.

22. Essais individuels

Essais effectués sur chaque appareil, éléments ou matériaux, pour s'assurer qu'ils répondent aux spécifications.

23. Essais de prélèvement

Essais effectués sur des échantillons représentatifs prélevés au hasard sur la fabrication pour s'assurer que les appareils répondent aux spécifications.

24. Essais de réception

Ensemble déterminé d'essais, effectués lorsque le constructeur et le client ont convenu que des essais seraient faits sur les appareils de la fourniture ou sur des prélèvements.

25. Onde de choc

Onde de tension ou de courant unidirectionnelle qui sans oscillations appréciables croît rapidement jusqu'à une valeur maximum et tombe généralement moins rapidement à zéro.

17. Coefficient of Earthing of a Three-phase System

The ratio of the highest r.m.s. voltage to earth of the sound phase or phases at the point of application of an arrester during a line-to-earth fault (irrespective of the fault location) to the highest line-to-line r.m.s. voltage, expressed as a percentage of the latter voltage.

18. Isolated Neutral System

A three-phase system all the neutrals of which have no intentional connection to earth except through indicating, measuring, or protective devices of very high impedance.

19. Resonant Earthed System (Neutralizer Grounded System)

A three-phase system the neutrals of which are connected to earth through reactors, the reactances being of such value that during a single line-to-earth fault, the power-frequency inductive current passed by the reactor essentially neutralizes the power-frequency capacitance component of the earth-fault current.

20. Earthed Neutral System

A three-phase system one or more of the neutrals of which are always connected to earth either solidly or through resistances or reactances of low values.

- (a) An effectively earthed system is a system characterized by a coefficient of earthing which does not exceed 80%.
- (b) A non-effectively earthed system is a system characterized by a coefficient of earthing which may exceed 80%.

21. Type Tests (Design Tests)

Tests which are made upon the completion of the development of a new arrester design to establish representative performance and to demonstrate compliance with these Recommendations. Once made, these tests need not be repeated unless the design is changed so as to modify its performance.

22. Routine Tests

Tests made on each arrester or on parts and materials as required to ensure that the product meets the design specification.

23. Sampling Tests

Tests made on representative samples taken at random from production as required to ensure that the product meets the design specifications.

24. Acceptance Tests

Selected tests which are made when it has been agreed between the manufacturer and the purchaser that the arresters or representative samples are to be tested.

25. Impulse

A unidirectional wave of voltage or current which without appreciable oscillations rises rapidly to a maximum value and falls, usually less rapidly, to zero.

Les caractéristiques qui définissent une onde de tension ou de courant sont les suivantes:

- a) polarité
- b) valeur de crête
- c) durée du front d'onde
- d) durée de la queue de l'onde.

26. Onde de choc rectangulaire

Onde de tension ou de courant unidirectionnelle qui croît rapidement jusqu'à une valeur maximum, se maintient à peu près constante pendant une durée déterminée et tombe ensuite rapidement à zéro.

Les caractéristiques qui définissent une onde rectangulaire de choc sont les suivantes:

- a) polarité
- b) valeur de crête
- c) durée.

27. Valeur de crête

La valeur de crête de la tension ou du courant est la valeur maximum de l'onde de choc.

Nota. — La définition de l'amplitude admissible des petites oscillations superposées à la crête (correspondant à une courbe moyenne tracée pour déterminer la valeur maximum de l'onde de choc) a été renvoyée au Comité d'Etudes N° 42: Techniques des essais à haute tension.

28. Front d'une onde de choc

Partie de l'onde précédant la crête.

29. Queue d'une onde de choc

Partie de l'onde comprise entre la crête et la fin de l'onde.

30. Onde de tension de choc pleine

Onde de tension de choc qui n'est pas interrompue par un contournement ou une perforation.

31. Onde de tension de choc coupée

Onde de tension de choc qui est interrompue sur le front, la crête ou la queue par un contournement ou une perforation, causant une chute soudaine de la tension.

32. Origine conventionnelle des temps d'une onde de choc

Point de la courbe tension-temps ou courant-temps déterminé par l'intersection de l'axe des abscisses et de la droite passant par deux points du front de l'onde choisis comme suit:

- a) *sur les ondes de tension pleines et sur les ondes de tension coupées sur le front, la crête ou la queue* — les points de référence seront à 30 % et 90 % de la valeur de crête
- b) *sur les ondes de courant* — les points de référence seront à 10 % et 90 % de la valeur de crête.

33. Durée conventionnelle du front d'onde (T_1)

Pour faciliter les mesures, la durée conventionnelle du front d'onde, généralement exprimée en microsecondes, est fixée comme suit:

- a) *pour les ondes de tension pleines et les ondes coupées sur le front, la crête ou la queue* — 1,67 fois le temps nécessaire à la tension pour croître de 30 % à 90 % de sa valeur de crête.
- b) *pour les ondes de courant* — 1,25 fois le temps nécessaire au courant pour croître de 10 % à 90 % de sa valeur de crête.

The characteristics which define an impulse voltage or current wave are as follows:

- (a) Polarity
- (b) Peak value
- (c) Wavefront
- (d) Wavetail.

26. Rectangular Impulse

A unidirectional wave of voltage or current which rises rapidly to a maximum value, remains substantially constant for a specified period, and then falls rapidly to zero.

The characteristics which define a rectangular impulse wave are as follows:

- (a) Polarity
- (b) Peak value
- (c) Duration.

27. Peak (Crest) Value

The peak value of voltage or current is the maximum value of the impulse.

Note. — The defining of the permissible amplitude of small oscillations superimposed on the peak through which a mean curve can be drawn to determine the maximum value of the impulse has been referred to Technical Committee No. 42: High Voltage Testing Techniques.

28. Wavefront of an Impulse

That part of an impulse which occurs prior to the peak value.

29. Wavetail of an Impulse

That part of an impulse which occurs between the peak value and the end of the impulse.

30. Full-wave Voltage Impulse

An impulse voltage wave which is not interrupted by a flashover or puncture.

31. Chopped-wave Voltage Impulse

An impulse voltage wave which is interrupted on the front, peak, or wavetail by flashover or by puncture, causing a sudden drop in the voltage.

32. Virtual Zero Time (Conventional Origin) of an Impulse

The point on a graph of voltage-time or current-time determined by the intersection with the zero voltage or current axis of a straight line drawn through two points on the front of the wave.

- (a) For full voltage waves and voltage waves chopped on the front, peak, or tail, the reference points shall be 30% and 90% of the peak value.
- (b) For current waves the reference points shall be 10% and 90% of the peak value.

33. Virtual (Conventional) Duration of Wavefront (T_1)

For convenience in making measurements the virtual value for the duration of the wavefront, generally expressed in microseconds, is as follows:

- (a) For full voltage waves and voltage waves chopped on the front, peak, or tail—1.67 times the time taken by the voltage to increase from 30% to 90% of its peak value.
- (b) For current waves—1.25 times the time taken by the current to increase from 10% to 90% of its peak value.

34. Raideur conventionnelle du front d'onde

Pente de la droite qui détermine l'origine conventionnelle des temps. Elle s'exprime généralement en volts ou ampères par microseconde.

35. Durée de l'onde jusqu'à la moitié de la valeur de crête (Durée conventionnelle d'une onde de choc) (T_2)

Intervalle de temps entre l'origine conventionnelle et l'instant où la tension (ou le courant) a diminué jusqu'à atteindre sur la queue la moitié de la valeur de crête. Cette durée est généralement exprimée en microsecondes.

36. Enoncé de la forme d'une onde de choc

Enumération de deux valeurs, la première représentant la durée conventionnelle du front d'onde (T_1) et la seconde la durée de l'onde jusqu'à la moitié de la valeur de crête (T_2). L'onde est généralement représentée par T_1/T_2 ou $T_1 \times T_2$ en microsecondes. Les signes « / » ou « $\times$ » n'ont aucune signification mathématique.

37. Durée conventionnelle d'une onde rectangulaire

Temps pendant lequel l'onde est supérieure à 90 % de sa valeur de crête, abstraction faite des oscillations superposées.

IV. IDENTIFICATION ET VALEURS NOMINALES NORMALISÉES

38. Identification du parafoudre

Les parafoudres doivent être définis au moyen des indications suivantes, devant figurer sur leur plaque signalétique:

- tension nominale
- fréquence nominale (voir nota)
- courant de décharge nominal (en spécifiant série I ou série II et, pour le parafoudre 5 000 ampères, également série A ou série B) (voir articles 11 et 41)
- le nom du constructeur ou la marque de fabrique, le type et les repères d'identification.

Nota. — Si la fréquence nominale n'est pas spécifiée sur la plaque signalétique on considère que le parafoudre convient pour 50 et 60 Hz.

39. Tensions nominales normalisées

Les valeurs normalisées des tensions nominales (en kV eff.) des parafoudres sont les suivantes:

0,175	18	97
0,280	20	109
0,500	25	123
0,660	30	130
3	37	145
4,5	40	160
6	50	170
9	60	184
12	73	196
13	80	210
15	90	245

34. Virtual Steepness of a Wavefront

The slope of the line that determines the virtual zero time. It is usually expressed in volts or amperes per microsecond.

35. Time to Half-value on the Wavetail (Virtual Duration of an Impulse) (T_2)

The time interval between virtual zero and the instant when the voltage or current has decreased to half its peak value. This time is usually expressed in microseconds.

36. Wave Shape Designation of an Impulse

A combination of two numbers, the first representing the virtual duration of the wavefront (T_1) and the second the time of half-value of the wavetail (T_2). This usually is written as T_1/T_2 or $T_1 \times T_2$ in microseconds. The signs “/” or “ $\times$ ” have no mathematical meaning.

37. Virtual Duration of a Rectangular Wave

The time during which the wave is greater than 90% of its peak value, disregarding superimposed oscillations.

IV. IDENTIFICATION AND STANDARD RATINGS

38. Arrester Identification

Lightning arresters shall be identified by the following minimum information which shall appear on the nameplate:

- Rated voltage
- Rated frequency (see Note)
- Nominal discharge current (specifying Series I or Series II and in the case of the 5000 amperes arrester also Series A or Series B). (See Clauses 11 and 41).
- The manufacturer's name or trade mark, type and identification.

Note. — If the rated frequency is not stated on the nameplate, it is considered to be 50 or 60 cycles per second.

39. Standard Voltage Ratings

Standard values of rated voltage or arresters (in kV r.m.s.) shall be as follows:

0.175	18	97
0.280	20	109
0.500	25	123
0.660	30	130
3	37	145
4.5	40	160
6	50	170
9	60	184
12	73	196
13	80	210
15	90	245

40. Plage normalisée de fréquence

La plage normalisée des fréquences nominales est la plage comprise entre 50 et 60 Hz.

41. Valeurs normalisées des courants de décharge nominaux

Les valeurs normalisées des courants de décharge nominaux sont 10 000, 5 000, 2 500 et 1 500 ampères et leur forme d'onde correspond à 8/20 microsecondes.

Les parafoudres sont classés par les courants ci-dessus et doivent répondre aux conditions d'essais et aux caractéristiques précisées dans le tableau I.

Tableau I

Valeurs normalisées des courants de décharge nominaux (ampères)	10 000 ¹⁾	5 000 ¹⁾		2 500	1 500 ¹⁾
		Série A ³⁾	Série B ³⁾		
Tensions nominales (kV eff.)	3 à 245	3 à 123	3 à 18	3 à 25	0,175 à 0,660
Essai de fonctionnement					
Article	53	53	53	53	53
Essai de tenue au courant de choc,					
Article	52 a) et 52 b)	52 a) et 52 b)	52 a) et 52 b)	52 a) et 52 b)	52 a)
Essai de tenue sur l'isolation externe,					
Article 47, Tableau II					
Colonnes Série I ²⁾	2	2	—	2	3
Série II ²⁾	4 et 5	4 et 5	6 et 7	—	8 et 9
Amorçage à fréquence industrielle,					
Article 48, Tableau II, Colonnes . .	2	2	2	2	2
Tension maximum d'amorçage en onde 1/50,					Aucune condition exigée
Article 49, Tableau III, Colonnes . .	4	6	8	10	
Tension maximum d'amorçage au choc sur le front de l'onde, Article 50, Tableau III, Colonnes	5	7	9	11	12
Tension résiduelle maximum, Article 51, Tableau IV, Colonnes	2	3	4	5	6

Nota. — 1) Dans certains pays, il est d'usage de désigner les parafoudres par les termes suivants:

- parafoudres de poste pour les appareils 10 000 ampères,
- parafoudres intermédiaires (de ligne) (série A) ou de distribution (série B) pour les appareils 5 000 ampères,
- parafoudres pour circuits secondaires pour les appareils 1 500 ampères.

2) Les parafoudres de la série I correspondent à la pratique des essais diélectriques en Europe. Les parafoudres de la série II correspondent à la pratique des essais diélectriques au Canada et aux Etats-Unis.

3) Les parafoudres de la série A correspondent aux caractéristiques demandées dans tous les pays. Les parafoudres de la série B correspondent aux caractéristiques demandées au Canada et aux Etats-Unis.

40. Standard Frequency Range

The standard rated frequency range shall be 50 to 60 cycles per second.

41. Standard Nominal Discharge Currents

The standard nominal discharge currents are: 10 000, 5 000, 2 500 and 1 500 amperes having an 8/20 microsecond waveshape.

Lightning arresters are classified by the above currents and they shall meet the test requirements and performance characteristics listed in Table I.

Table I

Standard nominal discharge current (amperes)	10 000 ⁽¹⁾	5 000 ⁽¹⁾		2 500	1 500 ⁽¹⁾
		Series A ⁽³⁾	Series B ⁽³⁾		
Voltage ratings (kV r.m.s.)	3 to 245	3 to 123	3 to 18	3 to 25	0.175 to 0.660
Operating duty test Clause	53	53	53	53	53
Impulse current withstand test, Clause	52 (a) and 52 (b)	52 (a) and 52 (b)	52 (a) and 52 (b)	52 (a) and 52 (b)	52 (a)
Insulation withstand test, Clause 47, Table II					
Columns Series I ⁽²⁾	2	2	—	2	3
Series II ⁽²⁾	4 and 5	4 and 5	6 and 7	—	8 and 9
Power-frequency sparkover voltage, Clause 48, Table II, Columns	2	2	2	2	2
Maximum 1/50 impulse sparkover voltage, Clause 49, Table III					
Columns	4	6	8	10	none required
Maximum front-of-wave sparkover voltage, Clause 50, Table III					
Columns	5	7	9	11	12
Maximum residual (discharge) voltage Clause 51, Table IV, Columns	2	3	4	5	6

Notes. — ⁽¹⁾ In some countries it is customary to classify arresters as "Station type" for 10 000 ampere arresters, "Intermediate (Line) type" (Series A) or "Distribution type" (Series B) for 5 000 ampere arresters, and "Secondary type" for 1 500 ampere arresters.

⁽²⁾ Series I arresters are based on dielectric test practices in Europe. Series II arresters are based on dielectric test practices in Canada and the U.S.A.

⁽³⁾ Series A arresters are based on performance characteristics in practice in all countries. Series B arresters are based on performance characteristics in practice in Canada and the U.S.A.

V. ESSAIS

A. CONDITIONS GÉNÉRALES DES ESSAIS

42. Echantillons destinés aux essais et mesures

Sauf pour les articles comportant une indication contraire, tous les essais seront effectués sur les mêmes parafoudres, fractions ou éléments d'appareils. Ces derniers seront neufs, propres, complètement montés, installés dans des conditions se rapprochant le plus possible des conditions de service, et munis d'anneaux de garde, si ces derniers sont normalement utilisés. La tension d'essai de la fraction ou de l'élément d'appareil sera proportionnelle à celle spécifiée pour le parafoudre complet. Cette proportion correspond au rapport du nombre des éclateurs et des résistances de la fraction ou de l'élément au nombre total des éclateurs et des résistances du parafoudre complet.

Pour certains essais figurant dans ces Recommandations, il est demandé que les essais soient faits sur un nombre spécifié d'appareils de chaque type. On considère comme étant de même type les parafoudres qui ne diffèrent que par les méthodes de montage ou la disposition de leur support, mais qui, par ailleurs, sont semblables par leur construction et leurs caractéristiques de fonctionnement autres que leur tension nominale.

43. Essais au choc

A moins qu'il n'en soit spécifié autrement dans les présentes Recommandations, ces essais doivent être faits suivant les prescriptions de la Publication N° 60 de la C.E.I. en vigueur. Il est recommandé que toutes les mesures de tension de choc soient faites au moyen d'un oscillographe cathodique et d'un diviseur de tension correctement étalonnés, de préférence à un éclateur à sphères seul. Les tolérances suivantes doivent s'appliquer à tous les essais de choc exigés par les présentes Recommandations à moins d'indication contraire:

- a) pour les ondes 1/50 :
 - ± 5 % sur la valeur de crête
 - ± 50 % sur la durée conventionnelle du front d'onde
 - ± 20 % sur la durée de l'onde jusqu'à la moitié de la valeur de crête
- b) pour les ondes rectangulaires (voir articles 26 et 37) :
 - + 20 — 0 % sur la valeur de crête
 - + 20 — 0 % sur la durée conventionnelle de l'onde
- c) pour les autres ondes :
 - ± 10 % sur la valeur de crête
 - ± 10 % sur la durée conventionnelle du front d'onde
 - ± 10 % sur la durée de l'onde jusqu'à la moitié de la valeur de crête
 - ± 10 % sur la raideur conventionnelle du front d'onde.

44. Essais à fréquence industrielle

Tous les essais à fréquence industrielle doivent être effectués sous une tension alternative dont la fréquence est comprise entre les limites de 48 et 62 Hz et une forme d'onde approximativement sinusoïdale. La tension de crête aux bornes de l'appareil doit être mesurée avec un voltmètre de crête ou tout autre dispositif correctement étalonné. On admettra que la valeur efficace de la tension est égale à la valeur de crête mesurée divisée par $\sqrt{2}$.

Quand les éclateurs série des parafoudres sont shuntés par des résistances de répartition qui peuvent être détériorées par un échauffement excessif pendant les essais, la durée admissible de ces essais sera fixée par le constructeur.

V. TEST SPECIFICATIONS

A. GENERAL TESTING PROCEDURE

42. Test Samples and Measurements

Except when specified otherwise, all tests shall be made on the same arresters, pro-rated sections or pro-rated units. They shall be new, clean, and completely assembled and arranged as nearly as possible as in service and shall be fitted with grading rings, if used. The test voltage for a pro-rated section or a pro-rated unit shall be the same fraction of that specified for a complete arrester. This fraction is the ratio of the number of gaps and resistors in the pro-rated section or pro-rated unit to the total number of those in the complete arrester.

For some tests in these Recommendations, it is required that tests be made on a specified number of samples of each design. Arresters which differ only in methods of mounting or arrangement of the supporting structure, and which are otherwise similar in construction and performance characteristics except for voltage rating, are considered to be of the same design.

43. Impulse Tests

Unless otherwise specified herein, the tests shall be made in accordance with the current edition of I.E.C. Publication No. 60. It is recommended that all measurements of impulse voltages be made by means of a cathode-ray oscillograph and suitably calibrated voltage divider, rather than by means of a sphere gap alone. The following tolerances shall apply for all impulse tests required by these Recommendations unless otherwise specified.

- (a) *For 1/50 microsecond Waves*
 - ± 5 per cent of the peak value
 - ± 50 per cent of the virtual duration of wavefront
 - ± 20 per cent of the time to half value of the wavetail.
- (b) *For Rectangular Waves (See Clauses 26 and 37)*
 - + 20 — 0 per cent of the peak value
 - + 20 — 0 per cent of the virtual duration of wave.
- (c) *For other Waves*
 - ± 10 per cent of the peak value
 - ± 10 per cent of the virtual duration of wavefront
 - ± 10 per cent of the time to half value of the wavetail
 - ± 10 per cent of the virtual steepness of wavefront.

44. Power-frequency Tests

All power-frequency tests shall be made with an alternating voltage having a frequency between the limits of 48 and 62 cycles per second, and an approximately sinusoidal waveshape. The crest voltage across the test piece shall be measured by a crest voltmeter or other suitably calibrated device. The r.m.s. value of the voltage shall be considered to be the measured crest value divided by $\sqrt{2}$.

When arresters have series gaps shunted by grading resistors which may be damaged by overheating during the tests, the permissible duration of the test shall be stated by the manufacturer.

45. Essais sous pluie

Ces essais ne sont effectués que sur les parafoudres de type extérieur. Lorsque ces essais sont exigés, l'appareil doit être soumis à une pluie artificielle constituée par une précipitation suffisamment homogène et divisée, tombant sous un angle d'environ 45° avec la verticale.

a) *Pratique en Europe*

La pluie doit correspondre à une hauteur d'eau de 3 mm par minute mesurée avec un pluviomètre dont l'axe est vertical. Les mesures, faites à proximité des extrémités et à mi-hauteur du parafoudre, ne doivent pas s'écarter de plus de 25 % de la valeur moyenne qui doit être elle-même égale à la valeur spécifiée avec une tolérance de 10 %. La résistivité de l'eau qui alimente les buses mesurée à la température ambiante doit être comprise entre 9 000 et 11 000 ohm/cm. La tension d'essai est appliquée pendant 60 secondes.

b) *Pratique au Canada et aux Etats-Unis*

La pluie doit être de 5,08 mm par minute, mesurée avec un pluviomètre dont l'axe est vertical. Les mesures faites à proximité des extrémités et à mi-hauteur du parafoudre ne doivent pas s'écarter de plus de 25 % de la valeur moyenne qui doit être elle-même égale à la valeur spécifiée avec une tolérance de 15 %. La résistivité de l'eau qui alimente les buses doit être de 17 800 ohm cm $\pm$ 15 % mesurée à la température à laquelle l'eau frappe l'appareil soumis à l'essai. La température de l'eau de pulvérisation lorsqu'elle frappe l'appareil ne doit pas s'écarter de plus de 15°C de la température de la salle. On applique la tension d'essai pendant 10 secondes.

Nota. — Il est recommandé à chaque Comité national de n'utiliser qu'une seule de ces pratiques. L'utilisation d'une seule méthode à la place des deux méthodes ci-dessus est soumise à l'étude du Comité d'Etudes N° 42.

B. ESSAIS DE TYPE

46. Nombre de spécimens essayés

Les essais de type suivants seront effectués pour trois tensions nominales représentatives ou plus et pour chaque type différent de parafoudre; pour chacune des tensions représentatives et pour chaque type, trois spécimens seront essayés:

Essai de tenue sur l'isolation externe des parafoudres (article 47)

Essai d'amorçage à fréquence industrielle (article 48)

Essai d'amorçage au choc en onde 1/50 (article 49)

Essai d'amorçage sur le front de l'onde (article 50).

Les essais de types suivants seront effectués, pour chaque type différent de parafoudre, sur trois spécimens d'une seule tension nominale:

Essai de vérification de la tension résiduelle (article 51)

Essai de tenue aux courants de choc (article 52)

Essai de fonctionnement (article 53).

Les trois derniers essais de type ci-dessous (articles 51, 52 et 53) peuvent être effectués soit sur des parafoudres complets, soit sur des fractions ou éléments, comme prévu à l'article 42. La tension nominale de ces fractions de parafoudres doit être au moins égale à 3 kV, mais sans dépasser nécessairement 12 kV pour les essais des articles 51 et 53 ou 9 kV pour les essais de l'article 52.

47. Essais de tenue sur l'isolation externe des parafoudres

Ces essais à sec et sous pluie doivent être effectués conformément aux articles 42, 44, 45 et 46 sur les enveloppes montées du parafoudre avec un anneau de garde si ce dernier est normalement utilisé et après enlèvement des résistances variables et des éclateurs. Si le parafoudre se compose d'un certain nombre

45. Wet Tests

Wet tests shall be made only on arresters designed for use outdoors. Where such a test is specified, the test pieces shall be subjected to artificial rain in the form of a reasonably uniform, finely divided spray falling at an angle of approximately 45 degrees to the vertical.

(a) *Practice in Europe*

The rate of precipitation shall be equivalent to 3 mm (0.12 in) per minute, measured by means of a rain gauge with its axis vertical. Individual measurements taken adjacent to the ends and centre of the arrester shall not vary from the mean by more than 25 % and the mean rate shall not deviate from the specified value by more than 10 %. The resistivity of the water conveyed to the spraying nozzles measured at air temperature shall be between 9 000 and 11 000 ohm-centimetres. The test voltage is applied for 60 seconds.

(b) *Practice in Canada and the U.S.A.*

The rate of precipitation shall be equivalent to 0.2 in (5.08 mm) per minute, measured by means of a rain gauge with its axis vertical. Individual measurements taken adjacent to the ends and centre of the arrester shall not vary from the mean by more than 25 % and the mean rate shall not deviate from the specified value by more than 15 %. The resistivity of the water conveyed to the spraying nozzles shall be 7 000 ohms per inch cube (17 800 ohm-cm) $\pm$ 15 % at the temperature at which the water strikes the test specimen. The temperature of the spray water when it strikes the test specimen shall not deviate more than 15 Centigrade degrees from room temperature. The test voltage is applied for 10 seconds.

Note. — It is recommended that each National Committee use only one of these practices. Consolidation of the two practices into one is under consideration by Technical Committee No. 42.

B. TYPE TESTS (DESIGN TESTS)

46. Number of Test Specimens

The following type tests shall be made on three samples of each of three or more representative voltage ratings of each different design of arrester:

Voltage withstand tests on arrester insulation (Clause 47)
Power-frequency sparkover test (Clause 48)
1/50 microsecond impulse sparkover test (Clause 49)
Front-of-wave impulse sparkover test (Clause 50).

The following type tests shall be made on three samples of a single voltage rating of each different design of arrester:

Residual voltage test (Clause 51)
Impulse current withstand test (Clause 52)
Operating duty test (Clause 53).

The last three type tests listed above (Clauses 51, 52 and 53) may be made either on complete arresters or on pro-rated sections or pro-rated units as described in Clause 42. The voltage rating of such pro-rated sections shall be at least 3 kV and need not exceed 12 kV for the tests in Clauses 51 and 53 or 9 kV for the tests in Clause 52.

47. Voltage Withstand Tests of Arrester Insulation

Dry and wet tests shall be made in accordance with Clauses 42, 44, 45 and 46 on the assembled insulating members of the arrester with a grading ring fitted, if used, and with the non-linear resistors and series gaps removed. If the arrester is composed of a number of separately housed units, the test may be made

d'éléments à enveloppe séparée, on peut faire l'essai sur les enveloppes d'un ou plusieurs de ces éléments sous une tension tenant compte de la répartition de la tension à fréquence industrielle sur le parafoudre complet. L'appareil soumis à l'essai devra supporter sans amorçage l'application de la tension à fréquence industrielle à sec indiquée au tableau II. En outre, les parafoudres du type extérieur devront supporter sous pluie, sans amorçage, les tensions à fréquence industrielle indiquées au tableau II, l'appareil étant exposé à la pluie artificielle spécifiée au paragraphe 45. La tension d'essai doit être appliquée entre bornes du parafoudre. Si le parafoudre est muni de ferrures de fixation, celles-ci seront reliées à la borne de terre pendant l'essai.

Nota. — Cet essai est spécifié dans l'attente des prescriptions du Comité d'Etudes N° 28 concernant les lignes de fuite et les distances d'isolement.

48. Essais d'amorçage à fréquence industrielle

Les essais à sec et sous pluie seront effectués conformément aux articles 42, 44, 45 et 46. La tension appliquée doit initialement avoir une valeur suffisamment basse pour éviter l'amorçage du parafoudre par le régime transitoire consécutif à la mise sous tension puis doit être augmentée régulièrement aussi rapidement que le permet la lecture précise du voltmètre jusqu'à ce que l'amorçage de l'éclateur série se produise. Le temps pendant lequel la tension est supérieure à la tension nominale du parafoudre doit être aussi court que possible, particulièrement pour les parafoudres comportant des résistances variables pour la répartition de la tension qui peuvent être détériorées par un échauffement excessif si la tension appliquée dépasse trop longtemps la tension nominale. Le courant qui passe dans le parafoudre après l'amorçage doit être coupé en moins d'une seconde et limité par une impédance extérieure à moins de 0,7 A crête.

La tension est appliquée au moins 5 fois avec un intervalle de 10 à 60 secondes entre chaque essai. Pour chacun des spécimens essayés la valeur la plus basse de la tension d'amorçage de l'éclateur ne doit pas être inférieure à la valeur figurant dans la colonne 2 du tableau III, sans tolérance en moins.

Nota. — La fixation d'une limite supérieure de la tension d'amorçage de l'éclateur est à l'étude.

49. Essai d'amorçage au choc en onde 1/50

L'essai doit être effectué conformément aux articles 42, 43 et 46 en utilisant un générateur de choc réglé pour donner une onde de tension de forme 1/50 microseconde lorsque le parafoudre en essai n'amorce pas.

Dix chocs positifs et dix chocs négatifs d'amplitude donnée dans la colonne correspondante du tableau III doivent être appliqués au parafoudre et provoquer chaque fois l'amorçage de son éclateur série. Si dans une des séries et pour un seul choc l'éclateur n'amorce pas, on applique une série supplémentaire de dix chocs de la même polarité et pour ces derniers l'éclateur doit amorcer chaque fois.

L'intervalle de temps entre l'origine de l'onde et l'instant de l'amorçage n'entre pas en considération pour cet essai.

50. Essai d'amorçage sur le front de l'onde

L'essai doit être fait conformément aux articles 42, 43 et 46 en utilisant une onde de tension qui croît régulièrement jusqu'à la tension d'amorçage et dont la raideur nominale est donnée à la colonne 3 du tableau III. On ne doit pas appliquer moins de dix chocs positifs et dix chocs négatifs au parafoudre et la tension d'amorçage sera déterminée d'après les oscillogrammes tension-temps pris à chaque essai. Pour aucun des chocs, la tension d'amorçage ne doit dépasser la valeur donnée à la colonne du tableau III correspondant au type et à la tension nominale du parafoudre essayé, sans tolérance en plus.

Il est admis de faire cet essai en utilisant des raideurs différentes de celles qui sont spécifiées et en traçant la courbe enveloppe des tensions d'amorçage maxima obtenues. La tension aux points d'intersection de cette enveloppe avec la droite donnant la raideur du front d'onde spécifiée ne doit pas dépasser la valeur donnée par la colonne du tableau III correspondant au type et à la tension nominale du parafoudre essayé, sans tolérance en plus.

on the assembled insulating members of one or more of the units with voltage appropriate to the voltage rating taking into account the power-frequency voltage distribution for the complete arrester. The test piece shall withstand without flashover the application of the dry power-frequency voltages as listed in Table II. In addition, outdoor arresters shall withstand without flashover the wet power-frequency voltages listed in Table II while the test piece is subjected to precipitation as specified in Clause 45. The test voltage shall be applied from the line terminal to the earth terminal of the arrester. If the arrester has a mounting bracket, it shall be connected to the earth terminal during the test.

Note. — This test is included pending specification by Technical Committee No. 28 of creepage and clearance distances.

48. Power-frequency Sparkover Tests

Dry and wet tests shall be made in accordance with Clauses 42, 44, 45 and 46. The voltage applied to the arrester shall be switched on at a value low enough to avoid sparkover of the arrester by the resulting switching surge and raised at a uniform rate as rapidly as is consistent with accuracy in reading the voltmeter until sparkover of the series gap occurs. The time during which the voltage exceeds the rated voltage of the arrester shall be as short as possible, particularly with arresters using non-linear grading resistors which may be damaged by overheating if the applied voltage exceeds the rated voltage for too long. The current which flows through the arrester after the series gap has sparked over must be switched off within one second, and must be limited by external impedance to not more than 0.7 A crest.

The voltage shall be applied not less than 5 times, with an interval of not less than 10 and not more than 60 seconds between successive applications. The lowest value of gap sparkover voltage for each of the samples tested shall be not less than the value specified in Column 2 of Table III, with no minus tolerance permissible.

Note. — The addition of an upper limit for the gap sparkover voltage is under consideration.

49. 1/50 Impulse Sparkover Test

The test shall be made in accordance with Clauses 42, 43 and 46 using an impulse generator adjusted with the arrester in the circuit to give a 1/50 microsecond voltage waveshape without sparkover.

Ten positive and ten negative impulses having an amplitude given in the appropriate column of Table III shall be applied to the arrester and the series gap of the arrester shall sparkover on every impulse. If in either series the gaps fail to sparkover once only, an additional ten impulses of the same polarity shall be applied and the gaps must spark over on all of these impulses.

The time interval between the start of the wave and the instant of sparkover is immaterial in this test.

50. Front-of-wave Impulse Sparkover Test

The test shall be made in accordance with Clauses 42, 43 and 46 using an impulse wavefront which rises at a uniform rate up to sparkover voltage with the virtual steepness given in Column 3 of Table III. Not less than ten positive and ten negative impulses shall be applied to the arrester, and the sparkover voltage shall be determined from cathode-ray voltage-time oscillograms made during each test. On none of the impulses shall the sparkover voltage exceed the value given in the appropriate column of Table III, with no plus tolerance allowable.

It is permissible to make this test using rates-of-rise above and below those specified and plotting the maximum envelope of such volt-time test points. The point of intersection of the maximum envelope with a line representing the specified steepness of wavefront shall not exceed in voltage the value specified in the appropriate column of Table III, with no plus tolerance permissible.

Nota. — La méthode suivante est proposée pour obtenir la caractéristique tension-temps d'amorçage au choc. (Il est recommandé au constructeur de fournir cette caractéristique).

La caractéristique tension-temps d'amorçage au choc doit être tracée pour celle des deux ondes positive ou négative qui donne les tensions d'amorçage les plus élevées. Les données pour tracer cette caractéristique seront obtenues en conservant la forme 1/50 et en augmentant l'amplitude de l'onde appliquée par échelons à partir d'une tension inférieure à la tension d'amorçage du parafoudre et en accroissant la tension jusqu'à obtenir un amorçage après 0,5 microseconde environ. En variante, pour des temps compris entre l'origine de l'onde et l'amorçage inférieurs à une microseconde, les résultats pourront être obtenus en réduisant la durée conventionnelle du front de l'onde de tension. Pour des amorçages en des temps inférieurs à une microseconde, la vitesse de montée de l'onde de tension sera pratiquement constante jusqu'à l'amorçage du parafoudre. On tracera la caractéristique en portant, pour chaque essai, la tension la plus élevée atteinte avant l'amorçage en fonction du temps compris entre l'origine conventionnelle de l'onde et l'amorçage. On doit obtenir suffisamment de points pour tracer une courbe.

51. Essai de vérification de la tension résiduelle

Les essais doivent être effectués avec des ondes de courant de forme 8/20 microseconde, conformément aux articles 42, 43 et 46. La tension résiduelle doit être mesurée pour le courant nominal de décharge sur les résistances séries variables situées à la température ambiante et ne doit pas dépasser la valeur correspondant au type et à la tension nominale du parafoudre en essai indiquée sur le tableau IV sans tolérance en plus. En supplément, des mesures doivent être effectuées et enregistrées pour des courants correspondant approximativement à 0,5 et 2 fois le courant nominal de décharge.

52. Essais de tenue aux courants de choc

a) Essai aux ondes de courant de grande amplitude

Cet essai doit être effectué conformément aux articles 42, 43 et 46 sur trois échantillons neufs n'ayant subi aucun essai antérieurement.

L'essai aux ondes de courant de grande amplitude comporte deux applications d'un courant de choc de forme 4/10 microseconde en espaçant suffisamment les deux essais pour laisser l'échantillon se refroidir jusqu'à la température ambiante. Au cours de chaque essai on enregistrera simultanément la tension et le courant. Les valeurs crêtes des ondes de courant de grande amplitude seront :

Type de parafoudre (courant nominal de décharge) ampères	Valeurs crêtes des ondes de courant de grande amplitude ampères
10 000	100 000
5 000	65 000
2 500	25 000
1 500	10 000

Après l'essai aux ondes de courant de grande amplitude, la tension d'amorçage à fréquence industrielle à sec sera mesurée et l'on ne doit constater aucune variation appréciable de sa valeur. Les résistances séries variables seront soigneusement examinées et ne devront présenter aucune trace de perforation ou de contournement. Ces échantillons ne devront être ni utilisés pour un autre essai ni mis en service.

b) Essai aux ondes de longue durée

Cet essai doit être effectué conformément aux articles 42, 43 et 46 sur trois échantillons neufs n'ayant subi aucun essai antérieurement. Les éclateurs série peuvent être court-circuités pendant cet essai.

L'essai comporte vingt applications successives à l'échantillon en essai du courant de décharge spécifié. La forme d'onde du courant de décharge sera rectangulaire et conforme aux prescriptions suivantes :

Type de parafoudre (courant nominal de décharge) ampères	Valeur crête du courant ampères	Durée conventionnelle microsecondes
10 000	150	2 000
5 000	75	1 000
2 500	50	500
1 500	(aucun essai n'est prévu)	

Note. — The following is a suggested method for use in obtaining an impulse sparkover volt-time characteristic. It is recommended that such information be supplied by the manufacturer.

The impulse sparkover volt-time characteristics shall be obtained for positive or negative waves, whichever results in the higher sparkover voltage. Data for plotting the characteristics shall be obtained by raising a 1/50 voltage in steps, beginning at a voltage below arrester sparkover and increasing the voltage until sparkover occurs in approximately 0.5 microsecond. Alternatively for times to sparkover of less than 1.0 microsecond the data may be obtained by reducing the virtual duration of the wavefront of the test voltage. For sparkover of less than 1.0 microsecond, the test voltage shall have a substantially uniform rate-of-rise to arrester sparkover. In each test the highest voltage attained before sparkover and the time to sparkover, measured from virtual zero, are used for plotting the characteristic. Enough points must be obtained to draw a curve.

51. Residual Voltage Test

The tests shall be made with 8/20 microsecond current waves in accordance with Clauses 42, 43 and 46. The residual voltage shall be measured at the nominal discharge current with the non-linear series resistors at room temperature and shall not exceed the appropriate value shown in Table IV with no plus tolerance. In addition, measurements shall be made and recorded at currents approximately 0.5 and 2 times the nominal discharge current.

52. Impulse Current Withstand Tests

(a) High Current Test

This test shall be made in accordance with Clauses 42, 43 and 46 on three new samples which have not been subjected previously to any tests.

The high current test shall consist of two applications of an impulse current of 4/10 microsecond waveshape with sufficient time interval between tests to permit the sample to cool to room temperature. Both voltage and current shall be measured in each test. The peak values of the high current impulse shall be:

Arrester Type (Nominal discharge current) amperes	Peak values of High current impulse amperes
10 000	100 000
5 000	65 000
2 500	25 000
1 500	10 000

After the high current test, the dry power-frequency sparkover voltage shall be measured and there shall be no appreciable change in the values. The non-linear series resistors shall be examined carefully and shall show no signs of puncture or flashover. These samples shall not be used for any other tests or put into service.

(b) Long duration Test

This test shall be made in accordance with Clauses 42, 43 and 46 on three new samples which have not been subjected previously to any tests. It is permissible for the series gaps to be short-circuited during this test.

The test shall consist of twenty successive applications of the specified discharge current through the test specimen. The discharge current waveshape shall be rectangular and in accordance with the following:

Arrester Type (Nominal discharge current) amperes	Crest Current amperes	Virtual Duration microseconds
10 000	150	2 000
5 000	75	1 000
2 500	50	500
1 500	(no test required)	

Les vingt applications doivent être faites en cinq séries, chaque série comportant quatre décharges à intervalles de 50 à 60 secondes. Les différentes séries doivent être espacées de 14 ou 15 minutes.

On enregistrera la tension résiduelle à la première et la vingtième décharges et le courant de décharge à la deuxième et dix-neuvième décharges. On tirera la conclusion de l'essai d'après le comportement des appareils essayés et la comparaison des oscillogrammes de tension résiduelle sur lesquels on ne doit constater aucune modification notable. Ces échantillons ne doivent être ni utilisés pour un autre essai, ni mis en service.

53. Essai de fonctionnement

Cet essai doit être effectué conformément aux articles 42, 43, 44 et 46 et d'après le processus suivant, sur trois échantillons neufs n'ayant subi aucun essai antérieurement.

Avant de procéder à cet essai, on mesurera conformément aux articles 48 et 51 respectivement la tension d'amorçage à fréquence industrielle à sec et la tension résiduelle au courant de décharge nominal.

Le parafoudre ou la fraction de parafoudre essayé est relié à une source d'énergie dont la fréquence est comprise dans la plage de 48 à 62 Hz. L'impédance de la source doit être telle que pendant le passage du courant de suite la valeur de crête de la tension alternative mesurée aux bornes du parafoudre ne doit pas tomber au-dessous de la valeur de crête de la tension nominale de l'appareil essayé; après la coupure du courant de suite, la tension ne doit pas dépasser la valeur de crête de la tension nominale de plus de 10%. *Cette augmentation n'est autorisée que pour permettre l'emploi d'installations d'essai de puissance raisonnable et ne doit pas justifier un dépassement de la tension nominale des parafoudres en service.*

Un générateur de choc est relié au parafoudre par un éclateur; il doit être réglé pour donner une onde de courant 8/20 microseconde, de valeur de crête égale au courant de décharge nominal du parafoudre. L'amorçage du générateur doit être déclenché 60 degrés électriques avant que la tension alternative atteigne sa valeur de crête.

Nota. — Quand les essais sont effectués par quelqu'un d'autre que le constructeur, la vitesse de montée de la tension d'essai ne doit pas dépasser celle fixée pour l'essai d'amorçage sur le front de l'onde (article 50). Pour des fractions ou éléments de parafoudres, la vitesse de montée de la tension ne doit pas dépasser la valeur fixée pour le parafoudre complet multipliée par le rapport de la tension nominale de la fraction ou de l'élément à la tension nominale du parafoudre complet.

Si le courant de suite s'amorce de façon stable, l'essai est fait avec ce réglage. Si le courant de suite ne s'établit pas de façon stable pour ce déphasage, l'instant du déclenchement doit être retardé par échelons de 10 degrés électriques jusqu'à ce que le courant de suite s'amorce régulièrement; l'essai est alors fait avec ce dernier réglage. La polarité du choc provoquant l'amorçage doit être la même que celle de la demi-période de l'onde de tension à la fréquence de service pendant laquelle le choc est produit. Le courant de suite doit être établi à chacune des vingt décharges. Celles-ci seront appliquées en quatre groupes de cinq chocs. L'intervalle entre les décharges d'un même groupe est de 50 à 60 secondes et l'intervalle entre groupes de 25 à 30 minutes.

La tension à fréquence industrielle et le courant de suite doivent être enregistrés à l'oscillographe pour une décharge de chaque groupe. L'enregistrement doit montrer au moins une période complète après la coupure du courant de suite. La valeur de crête et la forme du courant de choc peuvent être déterminées soit pendant l'essai de fonctionnement, soit pendant un essai préalable, sans tension alternative appliquée au parafoudre.

L'annexe A, page 46, donne le schéma d'un circuit d'essai type et indique le rôle des divers éléments de ce circuit.

Le parafoudre doit couper le courant de suite après chaque décharge. A la fin de l'essai, on laissera le parafoudre reprendre sensiblement la température ambiante et on le soumettra à des essais de vérification de la tension d'amorçage et de la tension résiduelle identiques à ceux effectués avant l'essai de fonctionnement. La tension d'amorçage ne doit pas avoir changé de plus de 10% et la tension résiduelle de plus de 8%. Les oscillogrammes destinés à la mesure de la tension résiduelle ne doivent montrer aucun signe de perforation ou de contournement sur une partie quelconque des résistances variables.

The twenty applications shall be made in five groups, each group consisting of four applications at intervals of from 50 to 60 seconds. The intervals between groups of applications shall be 14 to 15 minutes.

Oscillograms of the residual voltage shall be recorded on the first and twentieth applications, and oscillograms of the discharge current shall be recorded on the second and nineteenth applications. At the completion of the test the samples shall be judged by their physical condition and by a comparison of the oscillograms of residual voltage and there shall be no significant change. These samples shall not be used for any other tests or put into service.

53. Operating Duty Test

This test shall be made in accordance with Clauses 42, 43, 44 and 46 and the following procedure on three new samples which have not been subjected previously to any tests.

Before proceeding with this test, the dry power-frequency sparkover voltage and the residual voltage at the nominal discharge current shall be measured in accordance with Clauses 48 and 51, respectively.

The arrester or pro-rated section shall be connected across a power supply having a frequency within the range of 48 to 62 cycles per second. The impedance of the power source shall be such that during the flow of follow current the peak value of power-frequency voltage, measured at the arrester terminals, does not fall below the peak value of the rated voltage of the test specimen; and after the interruption of follow current the voltage does not exceed the peak value of the rated voltage by more than 10%. *This increase is allowed only to permit use of test equipment of reasonable power capacity and must not be taken as justification for exceeding the rated voltage of arresters in service.*

An impulse generator shall be connected across the arrester through a spark-gap and shall be adjusted to generate an 8/20 microsecond current wave having a peak value equal to the nominal discharge current of the arrester. The initial test surge shall be timed to occur 60 electrical degrees before voltage peak of the power-frequency voltage wave.

Note. — When the tests are made by anyone other than the manufacturer, the rate-of-rise of test voltage shall not exceed that of the front-of-wave impulse sparkover test. (Clause 50). For pro-rated sections or pro-rated units the rate-of-rise shall not exceed an equivalent fraction of that prescribed for the complete arrester.

If follow current is established consistently, the test shall be made with this timing. If follow current is not established consistently with this timing, the timing shall be retarded in approximately 10-degree voltage steps towards peak until follow current occurs consistently, at which timing the test shall be made. The polarity of the initiating impulse shall be the same as that of the half cycle of power-frequency voltage during which it occurs. Follow current must be established by each of the twenty impulses which shall be applied in four groups of five impulses. The interval between impulses of one group shall be 50 to 60 seconds. The interval between groups shall be 25 to 50 minutes.

The power-frequency voltage and follow current shall be recorded oscillographically for one discharge in each group. The record shall show at least one complete cycle of the power-frequency voltage before the application of the impulse and at least one complete cycle after the interruption of the follow current. The peak value and wave-shape of the impulse current may be determined either during the operating duty test or during a preliminary test in which the power-frequency voltage may be switched off.

Appendix A, page 47, gives a typical test circuit diagram and indicates the functions of the various circuit elements.

The arrester shall interrupt the follow current after each application of the impulse. At the end of the test, the arrester shall be allowed to return substantially to room temperature and it shall then be subjected to the same sparkover and residual voltage tests which were made before the operating duty test. The sparkover voltage shall not have changed by more than 10%, and the residual voltage shall not have changed by more than 8%. Oscillograms taken during the residual voltage measurement shall not show any signs of puncture or flashover of any part of the non-linear resistors.

Ces échantillons ne doivent être ni utilisés dans un essai ultérieur, ni mis en service.

Nota. — La relation liant la répartition de la tension entre les éléments du parafoudre complet dans les conditions de service et la tension appliquée à la fraction du parafoudre en essai est à l'étude. Cette relation détermine la validité de l'extrapolation.

C. ESSAIS DE CONTRÔLE DE FABRICATION ET ESSAIS DE RÉCEPTION

54. Essais individuels

Le constructeur doit effectuer comme essai individuel au moins l'essai d'amorçage à sec à fréquence industrielle (article 48) sur tous les parafoudres.

55. Essais de contrôle du constructeur

Le constructeur est responsable du choix et de l'exécution de tous essais individuels ou de prélèvement jugés nécessaires sur chaque parafoudre ou éléments et matériaux pour s'assurer que les appareils réalisés sont en tous points conformes aux caractéristiques établies par les essais de type.

56. Essais de réception normaux

Lorsque les essais de réception ont été spécifiés dans la commande par le client, les essais suivants doivent être effectués sur le nombre entier supérieur le plus proche de la racine cubique du nombre de parafoudre de la commande. Si le parafoudre est constitué d'un certain nombre d'éléments possédant leur enveloppe individuelle, ces essais doivent être effectués sur les éléments :

- a) Essai d'amorçage à sec à fréquence industrielle (article 48)
- b) Essai d'amorçage au choc en onde 1/50 (article 49)
- c) Essai de vérification de la tension résiduelle au courant nominal de décharge (article 51).

Toute modification dans le nombre d'échantillons ou le type d'essais doit être discutée en particulier entre le constructeur et le client.

VI. GUIDE POUR LE CHOIX DE LA TENSION NOMINALE DU PARAFODRE

57. Cas normaux d'utilisation

Lorsqu'un parafoudre est branché entre phase et terre sur un réseau triphasé, sa tension nominale doit être égale ou supérieure à la valeur efficace la plus élevée de la tension à fréquence industrielle qui peut lui être appliquée dans des conditions normales ou anormales de fonctionnement, y compris les conditions de défaut, si l'on veut éviter le risque de détérioration du parafoudre. Alors que la tension entre phase et terre peut éventuellement devenir plus élevée que la tension de service normale entre phase et terre pour beaucoup de raisons (défauts sur le réseau, réglage de tensions ou de puissance, survitesse des machines génératrices, résonance, etc.), on a trouvé qu'il était en général satisfaisant pour l'emploi des parafoudres de ne tenir compte que de la tension qui apparaît entre les phases saines et la terre lors de défauts à la terre sur le réseau. Cette tension exprimée en fonction de la tension la plus élevée du réseau par le coefficient de l'état du réseau par rapport à la terre (article 17). L'expérience montre que la majorité des réseaux peuvent être classés en un nombre de catégories limité en fonction des conditions de mise à la terre du neutre et que les tensions nominales des parafoudres peuvent être déterminées pour ces catégories de réseaux, sans pousser plus loin les calculs, comme suit :

- a) Réseau à neutre effectivement à la terre

On admet que les neutres du réseau sont effectivement à la terre quand le coefficient de l'état du réseau par rapport à la terre ne dépasse pas 80 %.

These samples shall not be used for any other subsequent test or put into service.

Note. — The problem is under consideration as to how the distribution of the voltage between sections in the complete arrester under service conditions is related to the voltage applied to the pro-rated section under test. The relationship conditions the validity of the extrapolation.

C. MANUFACTURER'S CONTROL TESTS AND ACCEPTANCE TESTS

54. Routine Tests

The minimum requirement for routine tests to be made by the manufacturer shall be: Dry power-frequency sparkover test (Clause 48) on all of the arresters.

55. Manufacturer's Control Tests

It shall be the responsibility of the manufacturer to determine and to carry out whatever routine or sampling tests are necessary on each arrester or on representative samples, parts and materials to ensure that the product uniformly meets the characteristics established by the type tests.

56. Standard Acceptance Tests

When the purchaser specifies acceptance tests in the purchase agreement, the following tests shall be made on the nearest higher whole number to the cube root of the number of arresters to be supplied. If the arrester is constructed with a number of self-contained pro-rated units, the tests shall be made on the pro-rated units:

- (a) Dry power-frequency sparkover test (Clause 48)
- (b) 1/50 impulse sparkover test (Clause 49)
- (c) Residual voltage test at the nominal discharge current (Clause 51).

Any alteration in number of samples or type of tests shall be specifically negotiated between the manufacturer and the purchaser.

VI. GUIDE TO SELECTION OF ARRESTER VOLTAGE RATING

57. Normal Applications

When an arrester is connected between phase and earth on a three-phase system the rated voltage of the arrester must equal or exceed the highest r.m.s. value of the power-frequency voltage which can be applied to it under normal or abnormal conditions of operation, including fault conditions, if risk of damage to the arrester is to be avoided. While the possible phase-to-earth voltage can become greater than the normal operating phase-to-earth voltage for a variety of reasons (system faults, regulation, over-speeding of prime movers, resonance, etc.), it has been found generally satisfactory for arrester application to consider only the voltage produced between unfaulted phases and earth as a result of system earth faults. This voltage is expressed in relation to the highest system voltage by the coefficient of earthing of the system (Clause 17). Experience shows that the majority of systems can be classified into a limited number of groups, depending upon neutral earthing conditions, and that arrester voltage ratings can be determined for these groups of systems without further calculation, as follows:

(a) *Effectively Earthed Neutral System*

The system neutrals are considered to be effectively earthed when the coefficient of earthing does not exceed 80%.

Une valeur ne dépassant pas 80 % est obtenue généralement lorsque, dans toutes les conditions d'un réseau, le rapport de la réactance homopolaire à la réactance directe $(X_0/X_1)_1$ est compris entre zéro et plus trois et le rapport de la résistance homopolaire à la réactance directe (R_0/X_1) est compris entre zéro et plus un. Le parafoudre doit alors avoir une tension nominale au moins égale à 80 % de la tension entre phases la plus élevée du réseau (voir colonne 5 du tableau V).

- Nota.* — 1) Sur certains réseaux de distribution du type à 4 fils où les neutres des transformateurs et le conducteur neutre sont directement reliés à la terre en de nombreux points le long du circuit, le coefficient de l'état du réseau par rapport à la terre peut être inférieur à 80 %. Dans ces conditions, la tension nominale du parafoudre peut être inférieure à 80 % de la tension entre phases la plus élevée du réseau.
- 2) Dans beaucoup de réseaux de transport à haute tension, la coefficient de l'état du réseau par rapport à la terre ne dépasse pas 75 %. Dans ces conditions, la tension nominale du parafoudre peut être 75 % de la tension entre phases la plus élevée du réseau (voir colonne 4 du tableau V).

b) Réseau à neutre non effectivement à la terre (y compris réseau à bobine d'extinction).

Les neutres du réseau sont considérés comme n'étant pas effectivement reliés à la terre s'ils sont reliés à la terre par des résistances ou des réactances de telle façon que le coefficient de l'état du réseau par rapport à la terre pendant un défaut quelconque puisse être supérieur à 80 %. Cette catégorie correspond à des réseaux dont les neutres sont reliés à la terre par une bobine d'extinction et, dans certains cas, le coefficient de l'état du réseau par rapport à la terre peut être supérieur à 100 %. La tension nominale du parafoudre doit être égale ou supérieure à la tension entre phases la plus élevée du réseau (voir colonnes 2 et 3 du tableau V).

c) Réseau à neutre isolé

Si les neutres du réseau sont isolés de la terre, le coefficient de l'état du réseau par rapport à la terre peut être 100 % ou, dans certains cas, supérieur à 100 %. Dans ces réseaux, la réactance homopolaire (X_0) est capacitive et le rapport de réactances (X_0/X_1) est négatif. Si le rapport de réactance X_0/X_1 est compris entre moins 40 et moins l'infini, la tension nominale du parafoudre devrait être égale ou supérieure à la tension entre phases la plus élevée du réseau (voir colonnes 2 et 3 du tableau V).

Nota. — Si le rapport de réactances X_0/X_1 est compris entre zéro et moins 40, des conditions de résonance peuvent apparaître et on ne peut proposer aucune règle générale pour les tensions nominales des parafoudres.

58. Cas spéciaux d'utilisation

a) Tensions de réseau anormales

Les tensions nominales des parafoudres données au tableau V en fonction des tensions de réseau sont basées sur l'hypothèse qu'en service normal la tension la plus élevée du réseau n'est dépassée que dans des conditions de fonctionnement très exceptionnelles et que la probabilité de la coïncidence du fonctionnement d'un parafoudre avec l'apparition d'une tension supérieure à la tension la plus élevée du réseau est très réduite. Si, par suite de circonstances spéciales, des tensions anormales peuvent apparaître fréquemment et que le fonctionnement des parafoudres puisse s'effectuer dans de telles conditions, il peut être nécessaire d'utiliser un parafoudre ayant une tension nominale supérieure à celle qui est recommandée au paragraphe 57 en fonction des circonstances particulières. Plusieurs exemples de ces conditions anormales d'exploitation du réseau sont indiquées au paragraphe e).

b) Résistance de terre élevée ou distances excessives entre parafoudres et appareils protégés

Il est conseillé de réunir électriquement entre elles les terres de tous les parafoudres et celles du matériel à protéger.

Si la résistance de terre du parafoudre est élevée ou si les connexions entre le parafoudre et l'appareil protégé sont d'une longueur excessive, les tensions de choc qui apparaissent aux bornes de l'appareil protégé peuvent être sensiblement plus élevées que celles aux bornes du parafoudre. Afin d'obtenir les niveaux de protection désirés pour l'appareil et pour améliorer ces conditions, il peut être nécessaire, soit

A value not exceeding 80% is obtained generally when for all system conditions the ratio of zero sequence reactance to positive sequence reactance (X_0/X_1) is between zero and plus three and the ratio of zero sequence resistance to positive sequence reactance (R_0/X_1) is between zero and plus one. The arrester should have a voltage rating equal to at least 80% of the highest phase-to-phase system voltage. (See Column 5 of Table V).

- Notes. — (1) On certain distribution systems of the 4-wire type where the transformer neutrals and neutral conductor are directly earthed at frequent points along the circuit, the coefficient of earthing may be limited to less than 80%. Under those conditions the arrester voltage rating may be correspondingly less than 80% of the highest phase-to-phase system voltage.
- (2) On many high voltage transmission systems the coefficient of earthing will not exceed 75%. Under these conditions the arrester voltage rating may be 75% of the highest phase-to-phase system voltage. (See Column 4 of Table V).

(b) Non-effectively Earthed Neutral System (Including Resonant Earthed System)

The system neutrals are considered to be non-effectively earthed when they are earthed through resistances or reactances such that the coefficient of earthing under any fault condition can exceed 80%. This category includes systems whose neutrals are earthed through ground fault neutralizer (arc suppression) coils and in some instances the coefficient of earthing may even exceed 100%. The arrester voltage rating should equal or exceed the highest phase-to-phase system voltage. (See Columns 2 and 3 of Table V).

(c) Isolated Neutral System

If the system neutrals are isolated from earth, the coefficient of earthing may be 100%, or in some instances may exceed 100%. On such systems, the zero sequence reactance (X_0) is capacitive and the reactance ratio (X_0/X_1) is negative. If the reactance ratio (X_0/X_1) lies between minus 40 and minus infinity, the arrester rating should equal or exceed the highest phase-to-phase system voltage. (See Columns 2 and 3 of Table V).

Note. — If the reactance ratio X_0/X_1 lies between zero and minus 40, resonance conditions may exist and no general rule for arrester voltage ratings is practicable.

58. Special Applications

(a) Abnormal System Voltages

The selection of the arrester voltage ratings corresponding to the system voltages given in Table V is based on the assumption that in service the highest system voltage is only exceeded under very abnormal operating conditions, and that the probability of an arrester operation coinciding with a voltage exceeding the highest system voltage is very small. If abnormal system voltages are likely to be a frequent occurrence and arrester operations are likely to take place during such conditions then it may be necessary to use an arrester with a voltage rating slightly higher than recommended in Clause 57 depending upon the particular circumstances. Several examples of such abnormal system conditions are given in Paragraph (e).

(b) High Earth Resistance or Excessive Separation

It is recommended that the earths of all arresters and equipment be connected together electrically.

If the arrester earth resistance is high, or if the connections between the arrester and the protected apparatus are of excessive length, the impulse voltages which appear at the protected apparatus may be substantially higher than those across the terminals of the arrester. In order to obtain the desired degree of protection for the apparatus, it may be necessary either to improve these conditions, to select an arrester

de choisir un parafoudre ayant des caractéristiques de protection abaissées, soit d'utiliser un parafoudre de tension nominale inférieure à celle indiquée sur le tableau V. Ce dernier procédé entraînera un risque de claquage pour le parafoudre s'il vient à fonctionner lorsque la tension alternative à ses bornes est supérieure à sa tension nominale.

c) Faible niveau de tenue du matériel protégé

La protection d'un matériel possédant un faible niveau de tenue peut exiger un examen spécial pour le choix ou l'étude du parafoudre et il y a lieu de consulter le constructeur à ce sujet.

Si l'on choisit un parafoudre de tension nominale inférieure à celle indiquée au tableau V afin d'obtenir une protection satisfaisante pour un appareil ayant un niveau de tenue anormalement faible, on risque le claquage du parafoudre, lorsque ce dernier doit fonctionner quand la tension à fréquence industrielle appliquée à ses bornes dépasse la tension nominale.

d) Commutation des câbles, des longues lignes et (ou) des importantes batteries de condensateurs

Lorsque des manœuvres doivent être effectuées sur des câbles, de longues lignes et (ou) d'importantes batteries de condensateurs, on doit tenir compte de la capacité de décharge du parafoudre pour les courants mis en œuvre.

e) Conditions anormales d'exploitation du réseau

Les conditions anormales suivantes constituent des cas caractéristiques pouvant exiger une étude spéciale pour la fabrication ou l'utilisation des parafoudres et doivent être signalés au constructeur.

1. Fréquence du courant alternatif inférieure à 48 ou supérieure à 62 Hz.
2. Surtensions de longue durée à fréquence industrielle pouvant résulter de conditions telles que:
 - a) contact avec des circuits de tension plus élevée
 - b) induction provenant de circuits parallèles rapprochés et de tension supérieure, pouvant fonctionner en régime déséquilibré
 - c) réglage de la tension
 - d) survitesse des alternateurs à la suite d'une perte de charge brusque
 - e) tensions harmoniques qui peuvent se produire sur des réseaux alimentés par des alternateurs qui n'ont pas d'enroulements amortisseurs.
3. Tensions de réseau supérieures à la tension nominale du parafoudre qui peuvent se produire sur les réseaux polyphasés à courant alternatif pendant un défaut par suite du déplacement du neutre du réseau par rapport à la terre.

type with lower protective characteristics, or to use an arrester with a lower voltage rating than indicated by Table V. The latter procedure will result in a risk of failure of the arrester if it is required to operate when the power-frequency voltage across its terminals exceeds the voltage rating.

(c) *Low Apparatus Insulation Strength*

The protection of apparatus having low insulation strength may require special consideration in the selection or design of the arrester and should be referred to the manufacturer.

If an arrester of lower voltage rating than indicated by Table V is selected in order to obtain satisfactory protection for apparatus with abnormally low insulation strength, a risk of arrester failure is incurred if it is required to operate when the power-frequency voltage across its terminals exceeds the voltage rating.

(d) *Switching of Cables, Long Lines and/or Large Capacitor Banks*

If cables, long lines and/or large capacitor banks are to be switched consideration should be given to the capacity of the arrester to discharge the currents involved.

(e) *Abnormal System Conditions*

The following are typical abnormal conditions which may require special consideration in the manufacture or application of lightning arresters and should be called to the attention of the manufacturer.

1. Alternating current frequency less than 48 or more than 62 cycles per second.
2. Sustained power overvoltages which may result from conditions such as:
 - (a) Contact with circuits of higher voltage
 - (b) Induction from nearby unbalanced parallel higher voltage circuits
 - (c) Line regulation
 - (d) Generator overspeed following sudden loss of load
 - (e) Harmonic voltages such as may occur on systems fed by generators which do not have damper (amortisseur) windings.
3. System voltages in excess of arrester rating which may occur on multi-phase alternating current systems under fault conditions as a result of displacement of the system neutral from earth potential.

VII. TABLEAUX

Tableau II — Essais de tenue à la tension des enveloppes de parafoudre (voir article 47)

Tension nominale du parafoudre (kV eff)	Tension d'essai à fréquence industrielle à sec ou sous pluie (kV eff)							
	Série I ^{a)}		Série II ^{a)}					
	Para- foudres 10 000, 5 000 Série A et 2 500 ampères	Parafoudres 1 500 ampères	Parafoudres 10 000, 5 000 ampères Série A ^{b)}		Parafoudres 5 000 ampères Série B ^{b)}		Parafoudres 1 500 ampères	
(1)	1 min. à sec ou sous pluie (2)	(3)	1 min. à sec (4)	10 sec. sous pluie (5)	1 min. à sec (6)	10 sec. sous pluie (7)	1 min. à sec (8)	10 sec. sous pluie (9)
0,175 intérieur ^{c)}	—	—	—	—	—	—	2,5	—
0,175 extérieur ^{c)}	—	—	—	—	—	—	2,5	2,0
0,280 intérieur ^{d)}	—	2,5 (à sec)	—	—	—	—	2,5	—
0,280 extérieur ^{d)}	—	2,5	—	—	—	—	2,5	2,5
0,500 intérieur	—	3,0 (à sec)	—	—	—	—	3,0	—
0,500 extérieur	—	3,0	—	—	—	—	3,0	3,0
0,660 intérieur	—	3,5 (à sec)	—	—	—	—	3,5	—
0,660 extérieur	—	3,5	—	—	—	—	3,5	3,5
3	20	—	21	20	15	13	—	—
4,5	23	—	27	24	21	20	—	—
6	25	—	27	24	21	20	—	—
9	30	—	35	30	27	24	—	—
12	35	—	50	45	35	30	—	—
13	37	—	50	45	35	30	—	—
15	40	—	50	45	35	30	—	—
18	46	—	70	60	42	36	—	—
20	49	—	70	60	—	—	—	—
25	58	—	70	60	—	—	—	—
30	66	—	95	80	—	—	—	—
37	78	—	95	80	—	—	—	—
40	83	—	120	100	—	—	—	—
50	100	—	120	100	—	—	—	—
60	117	—	175	145	—	—	—	—
73	139	—	175	145	—	—	—	—
80	151	—	225	190	—	—	—	—
90	167	—	225	190	—	—	—	—
97	180	—	225	190	—	—	—	—
109	200	—	280	230	—	—	—	—
123	230	—	280	230	—	—	—	—
130	245	—	335	275	—	—	—	—
145	275	—	335	275	—	—	—	—
160	305	—	385	315	—	—	—	—
170	325	—	385	315	—	—	—	—
184	350	—	465	385	—	—	—	—
196	380	—	465	385	—	—	—	—
210	400	—	545	445	—	—	—	—
245	460	—	545	445	—	—	—	—

Voir les Nota à la page 36.

VII. TABLES

Table II. — Voltage withstand Tests of Arrester Insulation (See Clause 47)

Arrester voltage rating (kV r.m.s.)	Wet or dry power-frequency test voltage (kV r.m.s.)							
	Series I ^(a)		Series II ^(a)					
	10 000, 5 000 Series A and 2 500 ampere Arresters	1 500 ampere Arresters	10 000, 5 000 Series A ^(b) ampere Arresters		5 000 Series B ^(b) ampere Arresters		1500 ampere Arresters	
	1 min. wet or dry		1 min. dry	10 sec. wet	1 min. dry	10 sec. wet	1 min. dry	10 sec. wet
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
0.175 indoor ^(c)	—	—	—	—	—	—	2.5	—
0.175 outdoor ^(c)	—	—	—	—	—	—	2.5	2.0
0.280 indoor ^(d)	—	2.5 (dry)	—	—	—	—	2.5	—
0.280 outdoor ^(d)	—	2.5	—	—	—	—	2.5	2.5
0.500 indoor	—	3.0 (dry)	—	—	—	—	3.0	—
0.500 outdoor	—	3.0	—	—	—	—	3.0	3.0
0.660 indoor	—	3.5	—	—	—	—	3.5	—
0.660 outdoor	—	3.5	—	—	—	—	3.5	3.5
3	20	—	21	20	15	13	—	—
4.5	23	—	27	24	21	20	—	—
6	25	—	27	24	21	20	—	—
9	30	—	35	30	27	24	—	—
12	35	—	50	45	35	30	—	—
13	37	—	50	45	35	30	—	—
15	40	—	50	45	35	30	—	—
18	46	—	70	60	42	36	—	—
20	49	—	70	60	—	—	—	—
25	58	—	70	60	—	—	—	—
30	66	—	95	80	—	—	—	—
37	78	—	95	80	—	—	—	—
40	83	—	120	100	—	—	—	—
50	100	—	120	100	—	—	—	—
60	117	—	175	145	—	—	—	—
73	139	—	175	145	—	—	—	—
80	151	—	225	190	—	—	—	—
90	167	—	225	190	—	—	—	—
97	180	—	225	190	—	—	—	—
109	200	—	280	230	—	—	—	—
123	230	—	280	230	—	—	—	—
130	245	—	335	275	—	—	—	—
145	275	—	335	275	—	—	—	—
160	305	—	385	315	—	—	—	—
170	325	—	385	315	—	—	—	—
184	350	—	465	385	—	—	—	—
196	380	—	465	385	—	—	—	—
210	400	—	545	445	—	—	—	—
245	460	—	545	445	—	—	—	—

See notes on page 37.

- Nota page 34. —*
- a)* Les parafoudres de la série I correspondent à la pratique des essais diélectriques en Europe.
Les parafoudres de la série II correspondent à la pratique des essais diélectriques au Canada et aux Etats-Unis d'Amérique.
 - b)* Les parafoudres de la série A correspondent aux caractéristiques utilisées dans tous les pays.
Les parafoudres de la série B correspondent aux caractéristiques utilisées au Canada et aux Etats-Unis d'Amérique.
On recommande à chaque Comité national de n'utiliser qu'une seule des deux séries.
 - c)* Les parafoudres 0,175 kV sont utilisés au Canada et aux Etats-Unis d'Amérique.
 - d)* Les parafoudres 0,280 kV sont utilisés en Europe sur tous les réseaux de plus faible tension.

- Nota pages 38 et 40. —*
- a)* Les parafoudres de la série A correspondent aux caractéristiques utilisées dans tous les pays.
Les parafoudres de la série B correspondent aux caractéristiques utilisées au Canada et aux Etats-Unis d'Amérique.
 - b)* Les parafoudres 2 500 ampères ne sont pas utilisés au Canada et aux Etats-Unis d'Amérique.
 - c)* Les parafoudres 0,175 kV sont utilisés au Canada et aux Etats-Unis d'Amérique.
 - d)* Les parafoudres 0,280 kV sont utilisés en Europe sur tous les réseaux de plus faible tension.

Notes

page 35. —

- (a) Series I arresters are based on dielectric test practices in Europe.
Series II arresters are based on dielectric test practices in Canada and the U.S.A.
- (b) Series A arresters are based on performance characteristics in practice in all countries.
Series B arresters are based on performance characteristics in practice in Canada and the U.S.A.
It is recommended that each National Committee use only one of these series.
- (c) In Canadian and U.S.A. practice 0.175 kV arresters are used.
- (d) In European practice the 0.280 kV arrester is used on all lower voltage systems.

Notes pages

39 and 41. —

- (a) Series A arresters are based on performance characteristics in practice in all countries.
Series B arresters are based on performance characteristics in practice in Canada and the U.S.A.
- (b) No Canadian or U.S.A. practice established for 2 500 ampere arresters.
- (c) In Canadian and U.S.A. practice 0.175 kV arresters are used.
- (d) In European practice the 0.280 kV arresters are used for all lower voltages.

Tableau III — Tensions d'amorçage

Tension nominale du parafoudre (kV eff)	Tension minimum d'amorçage à fréquence industrielle à sec ou sous pluie (kV eff)	Raideur de front conventionnelle pour essais d'amorçage sur front d'onde (kV par micro-seconde) (voir art. 34)	Parafoudres 10 000 ampères		Parafoudres 5 000 ampères	
			Tension maximum d'amorçage en onde 1/50 (kV crête) (voir art. 49)	Tension maximum d'amorçage sur le front de l'onde (kV crête) (voir art. 50)	Série A ^{a)}	
					Tension maximum d'amorçage en onde 1/50 (kV crête) (voir art. 49)	Tension maximum d'amorçage sur le front de l'onde (kV crête) (voir art. 50)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
0,175 ^{c)}	0,45	10	—	—	—	—
0,280 ^{d)}	0,7	10	—	—	—	—
0,500	0,8	10	—	—	—	—
0,660	1	10	—	—	—	—
3	4,5	25	13	15	15,5	18
4,5	7	37	17,5	20	20,5	24
6	9	50	22,5	26	26	30
9	14	75	32,5	38	36,5	42
12	18	100	43	50	47	54
13	20	110	47	54	50	58
15	23	125	54	62	58	67
18	27	150	65	75	69	80
20	30	170	72	83	76	88
25	38	210	90	105	94	110
30	45	250	108	125	108	125
37	56	310	133	155	133	155
40	60	335	144	165	144	165
50	75	415	180	205	180	205
60	90	500	216	250	216	250
73	110	610	263	305	263	305
80	120	670	288	330	288	330
90	135	750	324	365	324	375
97	145	810	350	400	350	400
109	165	910	393	450	393	450
123	185	1 020	443	510	443	510
130	195	1 080	469	540	—	—
145	220	1 200	522	600	—	—
160	240	1 200	578	665	—	—
170	255	1 200	612	705	—	—
184	275	1 200	662	760	—	—
196	295	1 200	708	815	—	—
210	315	1 200	755	870	—	—
245	370	1 200	885	1 020	—	—

Voir les Nota à la page 36.

Table III. — Sparkover Test Voltages

Arrester voltage Rating (kV r.m.s.)	Minimum dry or wet power frequency sparkover voltage (kV r.m.s.) (See Clause 48)	Virtual steepness of front for front-of-wave sparkover tests (kV per microsecond) (See Clause 34)	10 000 ampere arrester		5 000 ampere arrester	
			Maximum 1/50 sparkover voltage (kV peak) (See Clause 49)	Maximum front-of-wave impulse sparkover voltage (kV peak) (See Clause 50)	Series A ^(a)	
					Maximum 1/50 sparkover voltage (kV peak) (See Clause 49)	Maximum front-of-wave impulse sparkover (kV peak) (See Clause 50)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
0.175 ^(c)	0.45	10	—	—	—	—
0.280 ^(d)	0.7	10	—	—	—	—
0.500	0.8	10	—	—	—	—
0.660	1	10	—	—	—	—
3	4.5	25	13	15	15.5	18
4.5	7	37	17.5	20	20.5	24
6	9	50	22.5	26	26	30
9	14	75	32.5	38	36.5	42
12	18	100	43	50	47	54
13	20	110	47	54	50	58
15	23	125	54	62	58	67
18	27	150	65	75	69	80
20	30	170	72	83	76	88
25	38	210	90	105	94	110
30	45	250	108	125	108	125
37	56	310	133	155	133	155
40	60	335	144	165	144	165
50	75	415	180	205	180	205
60	90	500	216	250	216	250
73	110	610	263	305	263	305
80	120	670	288	330	288	330
90	135	750	324	375	324	375
97	145	810	350	400	350	400
109	165	910	393	450	393	450
123	185	1 020	443	510	443	510
130	195	1 080	469	540	—	—
145	220	1 200	522	600	—	—
160	240	1 200	578	665	—	—
170	255	1 200	612	705	—	—
184	275	1 200	662	760	—	—
196	295	1 200	708	815	—	—
210	315	1 200	755	870	—	—
245	370	1 200	885	1 020	—	—

See notes on page 37.

Tableau III — Tensions d'amorçage (suite)

Tension nominale du parafoudre (kV eff)	Parafoudres 5 000 ampères		Parafoudres 2 500 ampères ^{b)}		Parafoudres 1 500 ampères
	Série B ^{a)}		Tension maximum d'amorçage en onde 1/50 (kV crête) (voir art. 49)	Tension maximum d'amorçage sur le front de l'onde (kV crête) (voir art. 50)	Tension maximum d'amorçage sur le front de l'onde (kV crête) (voir art. 50)
	Tension maximum d'amorçage en onde 1/50 (kV crête) (voir art. 49)	Tension maximum d'amorçage sur le front de l'onde (voir art. 50)			
	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
0,175 ^{c)}	—	—	—	—	3,5
0,280 ^{d)}	—	—	—	—	3,0
0,500	—	—	—	—	4,0
0,660	—	—	—	—	6,0
3	21	23	15,5	18	—
4,5	—	—	20,5	24	—
6	40	42	26	30	—
9	58	62	36,5	42	—
12	70	78	47	54	—
13	—	—	50	58	—
15	80	88	58	67	—
18	85	94	69	80	—
20	—	—	76	88	—
25	—	—	94	110	—
30	—	—	—	—	—
37	—	—	—	—	—
40	—	—	—	—	—
50	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—
73	—	—	—	—	—
80	—	—	—	—	—
90	—	—	—	—	—
97	—	—	—	—	—
109	—	—	—	—	—
123	—	—	—	—	—
130	—	—	—	—	—
145	—	—	—	—	—
160	—	—	—	—	—
170	—	—	—	—	—
184	—	—	—	—	—
196	—	—	—	—	—
210	—	—	—	—	—
245	—	—	—	—	—

Voir les Nota à la page 36.

Table III. — Sparkover Test Voltages (Continued)

Arrester voltage rating (kV r.m.s.)	5 000 ampere arrester		2 500 ampere arrester ^(b)		1 500 ampere arrester
	Series B ^(a)		Maximum 1/50 sparkover voltage (kV peak) (See Clause 49)	Maximum front-of-wave impulse sparkover voltage (kV peak) (See Clause 50)	Maximum front-of-wave impulse sparkover voltage (kV peak) (See Clause 50)
	Maximum 1/50 sparkover voltage (kV peak) (See Clause 49)	Maximum Front-of-wave impulse sparkover voltage (kV peak) (See Clause 50)			
	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
0.175 ^(c)	—	—	—	—	3.5
0.280 ^(d)	—	—	—	—	3.0
0.500	—	—	—	—	4.0
0.660	—	—	—	—	6.0
3	21	23	15.5	18	—
4.5	—	—	20.5	24	—
6	40	42	26	30	—
9	58	62	36.5	42	—
12	70	78	47	54	—
13	—	—	50	58	—
15	80	88	58	67	—
18	85	94	69	80	—
20	—	—	76	88	—
25	—	—	94	110	—
30	—	—	—	—	—
37	—	—	—	—	—
40	—	—	—	—	—
50	—	—	—	—	—
60	—	—	—	—	—
73	—	—	—	—	—
80	—	—	—	—	—
90	—	—	—	—	—
97	—	—	—	—	—
109	—	—	—	—	—
123	—	—	—	—	—
130	—	—	—	—	—
145	—	—	—	—	—
160	—	—	—	—	—
170	—	—	—	—	—
184	—	—	—	—	—
196	—	—	—	—	—
210	—	—	—	—	—
245	—	—	—	—	—

See notes on page 37.

Tableau IV — Tensions résiduelles maxima
(voir article 51)

Tension nominale du parafoudre (kV eff) (1)	Tension résiduelle maximum au courant nominal de décharge (kV crête)				
	Parafoudre 10 000 ampères (2)	Parafoudre 5 000 ampères		Parafoudre 2 500 ampères ^{b)} (5)	Parafoudre 1 500 ampères (6)
		Série A ^{a)} (3)	Série B ^{a)} (4)		
0,175 ^{c)}	—	—	—	—	2,5
0,280 ^{d)}	—	—	—	—	2,5
0,500	—	—	—	—	3,0
0,660	—	—	—	—	5,0 ^{e)}
3	13	15,5	17	15,5	—
4,5	17,5	20,5	—	20,5	—
6	22,5	26	34	26	—
9	32,5	36,5	51	36,5	—
12	43	47	60	47	—
13	47	50	—	50	—
15	54	58	76	58	—
18	65	69	90 ^{e)}	69	—
20	72	76	—	76	—
25	90	94	—	94 ^{e)}	—
30	108	108	—	—	—
37	133	133	—	—	—
40	144	144	—	—	—
50	180	180	—	—	—
60	216	216	—	—	—
73	263	263	—	—	—
80	288	288	—	—	—
90	324	324	—	—	—
97	350	350	—	—	—
109	393	292	—	—	—
123	443	443 ^{e)}	—	—	—
130	469	—	—	—	—
145	522	—	—	—	—
160	578	—	—	—	—
170	612	—	—	—	—
184	662	—	—	—	—
196	708	—	—	—	—
210	755	—	—	—	—
245	885	—	—	—	—

- Nota. — ^{a)} Les parafoudres de la série A correspondent aux caractéristiques utilisées dans tous les pays.
Les parafoudres de la série B correspondent aux caractéristiques utilisées au Canada et aux Etats-Unis d'Amérique.
- ^{b)} Les parafoudres 2 500 ampères ne sont pas utilisés au Canada et aux Etats-Unis d'Amérique.
- ^{c)} Les parafoudres 0,175 kV sont utilisés au Canada et aux Etats-Unis d'Amérique.
- ^{d)} Les parafoudres 0,280 kV sont utilisés en Europe sur tous les réseaux de plus faible tension.
- ^{e)} Tension nominale maximum pour ces types de parafoudres.