

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC STANDARD

Publication 71-1

Sixième édition — Sixth edition

1976

Coordination de l'isolement

Première partie: Termes, définitions, principes et règles

Insulation co-ordination

Part 1 Terms, definitions, principles and rules



Droits de reproduction réservés — Copyright all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la Commission afin d'assurer qu'il reflète bien l'état actuel de la technique

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Rapport d'activité de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie utilisée dans la présente publication

Seuls sont définis ici les termes spéciaux se rapportant à la présente publication

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V E I), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V E I peuvent être obtenus sur demande.

Symboles graphiques et littéraux

Seuls les symboles graphiques et littéraux spéciaux sont inclus dans la présente publication

Le recueil complet des symboles graphiques approuvés par la CEI fait l'objet de la Publication 117 de la CEI.

Les symboles littéraux et autres signes approuvés par la CEI font l'objet de la Publication 27 de la CEI.

Revision of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology

Information on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **Report on IEC Activities**
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology used in this publication

Only special terms required for the purpose of this publication are defined herein

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I E V), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I E V will be supplied on request.

Graphical and letter symbols

Only special graphical and letter symbols are included in this publication

The complete series of graphical symbols approved by the IEC is given in IEC Publication 117

Letter symbols and other signs approved by the IEC are contained in IEC Publication 27

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC STANDARD

Publication 71-1

Sixième édition — Sixth edition

1976

Coordination de l'isolement

Première partie. Termes, définitions, principes et règles

Insulation co-ordination

Part 1. Terms, definitions, principles and rules



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé électronique ou mécanique y compris la photocopie et les microfilms sans l'accord écrit de l'éditeur

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	6
PRÉFACE	6

CHAPITRE 1: CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

SECTION UN — DOMAINE D'APPLICATION ET OBJET

Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Objet	8

SECTION DEUX — DÉFINITIONS

3 Tension nominale d'un réseau triphasé	8
4 Tension la plus élevée d'un réseau triphasé	8
5 Tension la plus élevée pour le matériel	10
6 Isolation externe	10
7 Isolation interne	10
8 Isolation externe pour matériel d'intérieur	10
9 Isolation externe pour matériel d'extérieur	10
10 Isolation autorégénératrice	10
11 Isolation non autorégénératrice	10
12 Essai de type	10
13 Essai individuel	12
14 Réseau à neutre isolé	12
15 Réseau compensé par bobine d'extinction	12
16 Réseau à neutre à la terre	12
17 Facteur de défaut à la terre	12
18 Surtension	12
19 Valeur en pour un (p u) (valeur relative) d'une surtension entre phase et terre	14
20 Valeur en pour un (p u) d'une surtension entre phases	14
21 Surtension de manœuvre	14
22 Surtension de foudre	14
23 Surtension statistique de manœuvre (de foudre)	14
24 Surtension maximale conventionnelle de manœuvre (de foudre)	14
25 Surtension temporaire	16
26 Tension de tenue statistique aux chocs de manœuvre (de foudre)	16
27 Tension de tenue conventionnelle aux chocs de manœuvre (de foudre)	16
28 Tension de tenue nominale aux chocs de manœuvre (de foudre)	16
29 Tension de tenue nominale de courte durée à fréquence industrielle	16
30 Niveau d'isolement nominal	16
31 Facteur de sécurité statistique	18
32 Facteur de sécurité conventionnel	18
33 Niveau de protection d'un dispositif de protection	18
34 Facteurs de protection d'un dispositif de protection	18

SECTION TROIS — PRINCIPES DE BASE DE LA COORDINATION DE L'ISOLEMENT

35 Coordination de l'isolement	18
36 Contraintes diélectriques et autres facteurs affectant l'isolement	18
37 Gammas de tensions les plus élevées pour le matériel	20
38 Essais diélectriques	20
38 1 Types d'essais diélectriques	20
38 2 Choix des essais diélectriques	20
39 Coordination à la tension de service normale et aux surtensions temporaires	22
40 Coordination pour les surtensions de manœuvre et les surtensions de foudre	22
40 1 Choix de la méthode	24
40 2 Méthode statistique	24
40 3 Méthode conventionnelle	26

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7

CHAPTER 1: GENERAL CONSIDERATIONS

SECTION ONE — SCOPE AND OBJECT

Clause	
1 Scope	9
2 Object	9

SECTION TWO — DEFINITIONS

3 Nominal voltage of a three-phase system	9
4 Highest voltage of a three phase system	9
5 Highest voltage for equipment	11
6 External insulation	11
7 Internal insulation	11
8 Indoor external insulation	11
9 Outdoor external insulation	11
10 Self-restoring insulation	11
11 Non self-restoring insulation	11
12 Type test	11
13 Routine test	13
14 Isolated neutral system	13
15 Resonant earthed system (system earthed through an arc suppression coil)	13
16 Earthed neutral system	13
17 Earth fault factor	13
18 Overvoltage	13
19 Phase to earth per unit overvoltage (p u)	15
20 Phase-to-phase per unit overvoltage (p u)	15
21 Switching overvoltage	15
22 Lightning overvoltage	15
23 Statistical switching (lightning) overvoltage	15
24 Conventional maximum switching (lightning) overvoltage	15
25 Temporary overvoltage	17
26 Statistical switching (lightning) impulse withstand voltage	17
27 Conventional switching (lightning) impulse withstand voltage	17
28 Rated switching (lightning) impulse withstand voltage	17
29 Rated short duration power frequency withstand voltage	17
30 Rated insulation level	17
31 Statistical safety factor	19
32 Conventional safety factor	19
33 Protection level of a protective device	19
34 Protection factors of a protective device	19

SECTION THREE — BASIC PRINCIPLES OF INSULATION CO ORDINATION

35 Insulation co ordination	19
36 Voltage stresses and other factors affecting insulation	19
37 Ranges of highest voltages for equipment	21
38 Dielectric tests	21
38 1 Types of dielectric tests	21
38 2 Selection of the dielectric tests	21
39 Co ordination for voltages under normal operating conditions and for temporary overvoltages	23
40 Co ordination for switching and lightning overvoltages	23
40 1 Choice of the procedure	25
40 2 Statistical procedure	25
40 3 Conventional procedure	27

CHAPITRE II: NIVEAUX D'ISOLEMENT NORMALISÉS POUR LE MATÉRIEL DE LA GAMME A

Articles	Pages
41 Indications générales	28
42 Tableaux des niveaux d'isolement normalisés	28

CHAPITRE III: NIVEAUX D'ISOLEMENT NORMALISÉS POUR LE MATÉRIEL DE LA GAMME B

43 Indications générales	32
44 Tableau des niveaux d'isolement normalisés	32
45 Choix du niveau d'isolement	32

CHAPITRE IV: NIVEAUX D'ISOLEMENT NORMALISÉS POUR LE MATÉRIEL DE LA GAMME C

46 Indications générales	34
47 Tableau des niveaux d'isolement normalisés pour la gamme des tensions les plus élevées pour le matériel égales ou supérieures à 300 kV	34
48 Tension de tenue nominale aux chocs de manœuvre	34
49 Tension de tenue nominale aux chocs de foudre	38

CHAPITRE V: CONDITIONS GÉNÉRALES D'ESSAIS

50 Généralités	40
51 Essais aux chocs de manœuvre et de foudre	40
52 Essai de décharge disruptive à 50%	40
53 Essai de tenue sous 15 chocs	42
54 Essai de tenue conventionnel aux chocs	42
55 Essais de tenue diélectrique de courte durée à fréquence industrielle	44

CHAPTER II: STANDARD INSULATION LEVELS FOR EQUIPMENT IN RANGE A

Clause	Pages
41 General indications	29
42 Tables of standard insulation levels	29

CHAPTER III: STANDARD INSULATION LEVELS FOR EQUIPMENT IN RANGE B

43 General indications	33
44 Table of standard insulation levels	33
45 Choice of the insulation level	33

CHAPTER IV: STANDARD INSULATION LEVELS FOR EQUIPMENT IN RANGE C

46 General indications	35
47 Table of standard insulation levels for highest voltage range for equipment equal to or greater than 300 kV	35
48 Rated switching impulse withstand voltage	35
49 Rated lightning impulse withstand voltage	39

CHAPTER V: GENERAL TESTING PROCEDURE

50 General	41
51 Switching and lightning impulse withstand tests	41
52 50% disruptive discharge test	41
53 Fifteen impulse withstand test	43
54 Conventional impulse withstand test	43
55 Short duration power frequency voltage withstand tests	45

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COORDINATION DE L'ISOLEMENT

Première partie: Termes, définitions, principes et règles

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 l'unification internationale, la C.E.I. exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la C.E.I., dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la C.E.I. et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière

PRÉFACE

La présente publication a été établie par le Comité d'Etudes n° 28 de la C.E.I.: Coordination de l'isolement

Elle constitue la sixième édition de la Publication 71 de la C.E.I.: Coordination de l'isolement, et elle remplace la cinquième édition parue en 1972, qui ne traitait que des matériels de tension la plus élevée pour le matériel égale ou supérieure à 100 kV, et la quatrième édition parue en 1967, restée valable pour les matériels dont la tension la plus élevée pour le matériel est supérieure à 1 kV mais inférieure à 100 kV

Elle constitue la première partie de la Publication 71 de la C.E.I.

La Publication 71 2 (en préparation) constituera le Guide d'application pour la coordination de l'isolement des matériels électriques

Des projets furent discutés lors des réunions tenues à Tel-Aviv en 1966, à Melbourne en 1969, à Milan en 1971 et à Athènes en 1972. A la suite de cette dernière réunion, le projet, document 28(Bureau Central)41, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en août 1973. Des modifications, document 28(Bureau Central)43, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en juillet 1974.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d.)	Egypte	Royaume Uni
Allemagne	Finlande	Suède
Australie	France	Suisse
Autriche	Italie	Turquie
Belgique	Japon	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Canada	Norvège	Yougoslavie
Chine	Pays Bas	
Danemark	Pologne	

Note explicative

Le Conseil de la Commission Electrotechnique Internationale ayant décidé, en juin 1973, de désigner par le mot «normes» les «recommandations» de la C.E.I., la présente publication qui, suivant l'ancienne terminologie, aurait été intitulée «Recommandation», paraît donc sous l'appellation «Norme». Il ne devrait résulter de ce changement aucune difficulté dans l'utilisation pratique. En effet, le texte a été rédigé de façon telle que pour tous les cas où l'application à un matériel particulier risquerait de poser un problème, le Comité d'Etudes compétent pour ce matériel conserve une marge de liberté lui permettant de résoudre la difficulté de façon raisonnable.

Autres publications de la C.E.I. citées dans la présente publication

Publications n°s	60:	Techniques des essais à haute tension
	99 1A:	Premier complément à la Publication 99-1 (1958): Recommandations pour les parafoudres. Première partie: Parafoudres à résistance variable
	76:	Transformateurs de puissance
	186:	Transformateurs de tension

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INSULATION CO-ORDINATION

Part 1: Terms, definitions, principles and rules

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC 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 international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This publication has been prepared by IEC Technical Committee No. 28 Insulation Co-ordination.

It forms the sixth edition of IEC Publication 71 Insulation Co-ordination, and replaces the fifth edition published in 1972, which dealt only with equipment of highest voltage for the equipment equal to or greater than 100 kV, and the fourth edition, published in 1967, which had remained valid for equipment for which the highest voltage for the equipment is greater than 1 kV and less than 100 kV.

It forms Part 1 of IEC Publication 71.

IEC Publication 71-2 (in preparation) will constitute the Application Guide for the Insulation Co-ordination of Electrical Equipment.

Drafts were discussed at the meetings held in Tel-Aviv in 1966, in Melbourne in 1969, in Milan in 1971 and in Athens in 1972. As a result of this last meeting the draft, Document 28(Central Office)41, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in August 1973. Amendments, Document 28(Central Office)43, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in July 1974.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	France	Sweden
Austria	Germany	Switzerland
Belgium	Italy	Taiwan
Canada	Japan	Union of Soviet Socialist Republics
China	Netherlands	United Kingdom
Denmark	Norway	Yugoslavia
Egypt	Poland	
Finland	South Africa (Republic of)	

Explanatory note

The Council of the International Electrotechnical Commission having decided, in June 1973, that "recommendations" of the IEC should be called 'standards', the present publication which, in accordance with the old terminology would have been entitled "recommendation", now appears under the designation 'standard'. This modification should not give rise to any difficulties in the practical use of this publication. The text has, in fact, been worded in such a fashion that for all those cases where application to a particular equipment might present some difficulty the relevant Technical Committee for this equipment has always sufficient freedom of action to resolve the problem in an appropriate way.

Other IEC publications quoted in this publication

Publications Nos	60:	High voltage Test Techniques
	99-1A:	First supplement to Publication 99-1 (1958): Recommendations for Lightning Arresters, Part 1: Non linear Resistor Type Arresters
	76:	Power Transformers
	186:	Voltage Transformers

COORDINATION DE L'ISOLEMENT

Première partie : Termes, définitions, principes et règles

CHAPITRE I: CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

SECTION UN — DOMAINE D'APPLICATION ET OBJET

1 Domaine d'application

La présente norme s'applique aux matériels pour réseaux à tension alternative triphasée dont la tension la plus élevée pour le matériel est supérieure à 1 kV

La présente norme ne traite que de l'isolement entre phase et terre, mis à part quelques définitions. Des normes pour l'isolement autre que l'isolement entre phase et terre sont à l'étude.

2 Objet

L'objet de la présente norme est de spécifier l'isolement des divers matériels utilisés dans une installation donnée. Il appartient à chaque Comité chargé d'une catégorie de matériel de spécifier le niveau d'isolement et de réglementer les conditions d'essais appropriées à ce matériel, en prenant en considération les recommandations données dans les sections suivantes, en particulier, pour les essais prévus dans cette norme, les valeurs des tensions de tenue normalisées devront être choisies parmi les niveaux d'isolement normalisés de la présente publication.

Cette norme sera complétée par la Publication 71-2 (en préparation) qui constituera le Guide d'application.

SECTION DEUX — DÉFINITIONS

Les définitions suivantes ont été adoptées pour la présente norme.

3 Tension nominale d'un réseau triphasé

Valeur efficace de la tension entre phases par laquelle le réseau est dénommé, et à laquelle certaines caractéristiques de fonctionnement de ce réseau se réfèrent.

4 Tension la plus élevée d'un réseau triphasé

Valeur efficace de la tension entre phases la plus haute qui apparaît à un instant quelconque et en un point quelconque du réseau dans les conditions d'exploitation normales. Cette valeur ne tient pas compte des variations transitoires (par exemple dues aux manœuvres dans le réseau) ni des variations temporaires de la tension dues à des conditions anormales du réseau (par exemple dues aux défauts ou aux déclenchements brusques de charges importantes).

INSULATION CO-ORDINATION

Part 1: Terms, definitions, principles and rules

CHAPTER I: GENERAL CONSIDERATIONS

SECTION ONE — SCOPE AND OBJECT

1 Scope

This standard applies to equipment for three-phase a.c. systems, having a highest voltage for equipment above 1 kV.

This standard covers only phase-to-earth insulation, except in respect of some definitions. Standards for insulation other than phase-to-earth insulation are under study.

2 Object

The object of this standard is to specify the insulation of the various items of equipment used in a given installation. Each Apparatus Committee is responsible for specifying the insulation level and test procedure suitable for its equipment, taking into consideration the recommendations given in the following sections, in particular, for the tests prescribed in this standard, the values of the rated withstand voltages shall be chosen from the standardized insulation levels of this publication.

This standard will be supplemented by Publication 71-2 (in preparation) which will constitute the Application Guide.

SECTION TWO — DEFINITIONS

The following definitions have been adopted for the purpose of this standard.

3 Nominal voltage of a three-phase system

The r.m.s. phase-to-phase voltage by which the system is designated and to which certain operating characteristics of the system are related.

4 Highest voltage of a three-phase system

The highest r.m.s. phase-to-phase voltage which occurs under normal operating conditions at any time and at any point of the system. It excludes voltage transients (such as those due to system switching) and temporary voltage variations due to abnormal system conditions (such as those due to fault conditions or the sudden disconnection of large loads).

5 Tension la plus élevée pour le matériel

Tension efficace entre phases la plus haute pour laquelle le matériel est spécifié en ce qui concerne son isolation ainsi que certaines autres caractéristiques qui sont éventuellement rattachées à cette tension dans les normes proposées pour chaque matériel

Cette tension est la valeur maximale de la tension la plus élevée du réseau pour laquelle le matériel peut être utilisé

Dans la présente norme, la tension la plus élevée pour le matériel est représentée par le symbole U_m

Note — Dans les réseaux dont la tension la plus élevée pour le matériel est égale ou supérieure à 123 kV, cette tension U_m en général ne diffère pas sensiblement de la tension la plus élevée de fonctionnement du réseau. Au dessous de 123 kV, la tension U_m peut être supérieure à la tension la plus élevée du réseau, puisque chaque valeur normalisée de U_m est applicable à des réseaux dont les tensions nominales peuvent présenter entre elles des différences allant jusqu'à 20 % (par exemple: $U_m = 24$ kV est applicable aux réseaux à 20 kV et à 22 kV), et dont les tensions les plus élevées présentent en conséquence des valeurs différentes

6 Isolation externe

Les distances dans l'air et les surfaces en contact avec l'atmosphère des isolations solides d'un matériel qui sont soumises aux contraintes diélectriques et à l'influence des conditions atmosphériques ou d'autres agents externes tels que la pollution, l'humidité, les animaux, etc

7 Isolation interne

Les éléments internes solides, liquides ou gazeux de l'isolation d'un matériel qui sont à l'abri de l'influence des conditions atmosphériques ou d'autres agents externes tels que la pollution, l'humidité, les animaux, etc

8 Isolation externe pour matériel d'intérieur

Isolation externe destinée à être utilisée à l'intérieur d'un bâtiment et, par conséquent, à l'abri des intempéries

9 Isolation externe pour matériel d'extérieur

Isolation externe destinée à être utilisée à l'extérieur des bâtiments et pouvant, en conséquence, être soumise aux intempéries

10 Isolation autorégénératrice

Isolation qui retrouve intégralement ses propriétés isolantes après une décharge disruptive au cours d'un essai diélectrique, une telle isolation est généralement (mais pas nécessairement) une isolation externe

11 Isolation non autorégénératrice

Isolation qui perd ses propriétés isolantes, ou ne les retrouve pas intégralement, après une décharge disruptive au cours d'un essai diélectrique, une telle isolation est généralement (mais pas nécessairement) une isolation interne

12 Essai de type

Essai effectué sur un seul appareil ou sur quelques exemplaires d'un même modèle et exécuté en vue de démontrer que tous les appareils construits selon la même spécification et possédant les mêmes détails essentiels seraient capables de supporter le même essai. En général, il n'est pas répété à chaque fourniture

5 Highest voltage for equipment

The highest 1 m s phase-to-phase voltage for which the equipment is designed in respect of its insulation as well as other characteristics which relate to this voltage in the relevant equipment standards

This voltage is the maximum value of the highest voltage of the system for which the equipment may be used

In this standard, the highest voltage for equipment will be represented by U_m

Note — In systems with highest voltage for equipment equal to or greater than 123 kV, this voltage U_m in general does not materially differ from the highest value of the system operating voltage. Below 123 kV the voltage U_m may be higher than the highest system voltage since each standard value of U_m applies to different systems the nominal voltage of which may differ by as much as 20% (for instance: $U_m = 24$ kV covers 20 kV and 22 kV) and having therefore different values of the highest system voltage

6 External insulation

The distances in air and the surfaces in contact with open air of solid insulation of the equipment which are subject to dielectric stresses and to the effects of atmospheric and other external conditions such as pollution, humidity, vermin, etc

7 Internal insulation

The internal solid, liquid or gaseous parts of the insulation of equipment which are protected from the effects of atmospheric and other external conditions such as pollution, humidity, vermin, etc

8 Indoor external insulation

External insulation which is designed to operate inside buildings and consequently not exposed to the weather

9 Outdoor external insulation

External insulation which is designed to operate outside buildings and consequently exposed to the weather

10 Self-restoring insulation

Insulation which completely recovers its insulating properties after a disruptive discharge caused by the application of a test voltage, insulation of this kind is generally, but not necessarily, external insulation

11 Non-self-restoring insulation

Insulation which loses its insulating properties or does not recover them completely, after a disruptive discharge caused by the application of a test voltage, insulation of this kind is generally, but not necessarily, internal insulation

12 Type test

A test made on one piece of equipment or on several similar pieces intended to show that all pieces of equipment made to the same specification and having the same essential details would pass an identical test, it is usually not repeated on different deliveries

13 Essai individuel

Essai auquel tous les appareils d'une série sont soumis

14 Réseau à neutre isolé

Réseau dont le neutre n'a aucune connexion intentionnelle à la terre sauf à travers des appareils de signalisation, de mesure ou de protection de très grande impédance

15 Réseau compensé par bobine d'extinction

Réseau dont le neutre est réuni à la terre par une bobine dont la réactance est de valeur telle que, lors d'un défaut entre une phase du réseau et la terre, le courant inductif à fréquence industrielle qui circule entre le défaut et la bobine neutralise essentiellement la composante capacitive à fréquence fondamentale du courant de défaut

Note — Dans un réseau compensé par bobine d'extinction, le courant résiduel dans le défaut est limité de telle sorte que l'arc de défaut dans l'air s'éteigne en général spontanément

16 Réseau à neutre à la terre

Réseau dont le neutre est relié à la terre, soit directement, soit par une résistance ou réactance de valeur assez faible pour réduire les oscillations transitoires et améliorer les conditions de fonctionnement de la protection sélective contre les défauts à la terre

17 Facteur de défaut à la terre

En un emplacement défini d'un réseau triphasé (qui sera généralement le point d'installation d'un matériel) et pour un schéma d'exploitation donné de ce réseau, rapport entre la tension efficace la plus élevée à la fréquence du réseau entre une phase saine et la terre pendant un défaut à la terre (affectant une phase quelconque ou plusieurs en un point quelconque du réseau) et la tension efficace entre phase et terre à la fréquence du réseau qui serait obtenue à l'emplacement considéré en l'absence du défaut

Notes 1 — Ce facteur est un rapport numérique (supérieur à 1 unité) qui caractérise, d'une façon générale, les conditions de mise à la terre du neutre d'un réseau, vues de l'emplacement considéré, indépendamment de la valeur particulière actuelle de la tension de fonctionnement à cet emplacement

Le «facteur de défaut à la terre» est le produit par $\sqrt{3}$ du «facteur de mise à la terre» utilisé antérieurement

2 — Les facteurs de défaut à la terre sont calculables à partir des valeurs des impédances du réseau dans les systèmes de composantes symétriques, telles qu'elles sont vues de l'emplacement considéré en adoptant pour les machines tournantes les réactances subtransitoires

3 — Lorsque pour tous les schémas d'exploitation possibles la réactance homopolaire est inférieure au triple de la réactance directe et que la résistance directe ne dépasse pas la réactance directe le facteur de défaut à la terre ne dépasse pas 1,4

18 Surtension

Toute tension fonction du temps entre un conducteur de phase et la terre ou entre deux conducteurs de phase, dont la ou les valeurs de crête dépassent la valeur de crête ($U_m \sqrt{2}/\sqrt{3}$ ou $U_m \sqrt{2}$ respectivement) correspondant à la tension la plus élevée pour le matériel

Note — Les surtensions sont toujours des phénomènes transitoires. On distingue en gros les surtensions fortement amorties et de durée relativement courte (voir les articles 21 et 22) et les surtensions non amorties ou faiblement amorties et de durée relativement longue (voir l'article 25). La frontière entre ces deux groupes ne peut cependant pas être fixée avec précision

13 Routine test

A test to which each piece of equipment is subjected

14 Isolated neutral system

A system which has no intentional connection to earth except through indicating, measuring or protective devices of very high impedance

15 Resonant earthed system (system earthed through an arc-suppression coil)

A system in which the neutral is earthed through a reactor, the reactance having a value such that during a single phase-to-earth fault, the power frequency inductive current passed by this reactor substantially neutralizes the power-frequency capacitive component of the earth fault current

Note — With resonant earthing of a system the residual current in the fault is limited to such an extent that an arcing fault in air is usually self-extinguishing

16 Earthed neutral system

A system in which the neutral is connected to earth, either solidly or through a resistance or reactance of a value low enough to reduce materially any transient oscillations and to improve the conditions for selective earth fault protection

17 Earth fault factor

At a selected location of a three-phase system (generally the point of installation of an equipment) and for a given system configuration, the ratio of the highest r.m.s. phase-to-earth power-frequency voltage on a sound phase during a fault to earth (affecting one or more phases at any point) to the r.m.s. phase-to-earth power-frequency voltage which would be obtained at the selected location without the fault

Notes 1 — This factor is a pure numerical ratio (higher than 1) and characterizes in general terms the earthing conditions of a system as viewed from the selected location, independently of the actual operating value of the voltage at that location

The earth fault factor is the product of $\sqrt{3}$ and the ‘factor of earthing’ which has been used in the past

2 — The earth fault factors are calculated from the phase sequence impedance components of the system, as viewed from the selected location, using for any rotating machines the subtransient reactances

3 — If, for all credible system configurations, the zero-sequence reactance is less than three times the positive sequence reactance and if the zero-sequence resistance does not exceed the positive sequence reactance, the earth fault factor will not exceed 1.4

18 Overvoltage

Any time-dependent voltage between one phase and earth or between phases having a peak value or values exceeding the corresponding peak value ($U_m \sqrt{2}/\sqrt{3}$ or $U_m \sqrt{2}$ respectively) derived from the highest voltage for equipment

Note — Overvoltages are always transitory phenomena. A broad distinction may be made between highly damped overvoltages of relatively short duration (see Clauses 21 and 22) and undamped or only weakly damped overvoltages of relatively long duration (see Clause 25). The border-line between these two groups cannot be clearly fixed.

19 Valeur en pour un (p u) (valeur relative) d'une surtension entre phase et terre

Rapport des valeurs de crête d'une surtension entre phase et terre et de la tension entre phase et terre qui correspond à la tension la plus élevée pour le matériel (soit $U_m \sqrt{2/\sqrt{3}}$)

20 Valeur en pour un (p u) d'une surtension entre phases

Rapport des valeurs de crête d'une surtension entre phases et de la tension entre phase et terre qui correspond à la tension la plus élevée pour le matériel (soit encore $U_m \sqrt{2/\sqrt{3}}$)

Ce rapport sera exprimé sous la forme $K \sqrt{3}$, en exprimant par K le rapport des valeurs de crête de la surtension entre phases et de la tension la plus élevée pour le matériel (soit $U_m \sqrt{2}$)

La valeur de crête correspondant à la tension la plus élevée pour le matériel (c'est-à-dire la valeur la plus faible d'une surtension entre phases) exprimée en pour un devia donc être écrite $1 \times \sqrt{3}$

Note — Les surtensions en pour un définies dans les articles 19 et 20 pour les besoins des études de coordination de l'isolement, sont rapportées à la valeur de crête de la tension entre phase et terre correspondant à la tension la plus élevée pour le matériel prise comme référence de base bien déterminée. Pour la mesure de surtensions dans des conditions variées au cours d'essais sur le réseau ou sur un modèle équivalent il peut être commode de rapporter ces surtensions à la tension phase-terre qui existe, selon la nature de l'essai, soit juste avant, soit juste après la manœuvre. Dans de tels cas il conviendrait d'utiliser le terme «facteur de surtension» pour désigner le rapport considéré et comme les surtensions ne sont pas toujours proportionnelles à la tension du réseau il est nécessaire de préciser celle-ci ainsi que toutes les conditions de l'essai réalisé.

21 Surtension de manœuvre

Surtension phase-terre ou entre phases apparaissant en un point donné d'un réseau et engendrée par une manœuvre, un défaut ou une autre cause et dont la forme peut être assimilée, en ce qui concerne la coordination des isolements, à celle des impulsions normalisées (article 51) utilisées pour les essais de chocs de manœuvre. Les surtensions de ce type sont habituellement fortement amorties et de courte durée.

22 Surtension de foudre

Surtension phase-terre ou entre phases apparaissant en un point donné d'un réseau et engendrée par une décharge atmosphérique ou une autre cause et dont la forme peut être assimilée, en ce qui concerne la coordination de l'isolement, à celle des chocs normalisés (article 51) utilisés pour les essais de chocs de foudre. Les surtensions de ce type sont habituellement unidirectionnelles et de très courte durée.

Note relative aux articles 21 et 22 — Pour les besoins de la coordination de l'isolement, les surtensions de manœuvre et de foudre sont classées non selon leur origine mais selon leur forme. Bien que dans les réseaux existants les surtensions puissent avoir des formes différant fortement des formes normalisées, on admet dans cette norme qu'il suffit pour décrire de telles surtensions d'indiquer leur classement et leur valeur de crête.

23 Surtension statistique de manœuvre (de foudre)

Surtension de manœuvre (de foudre) appliquée à un matériel du fait d'une perturbation d'un type déterminé affectant le réseau (mise sous tension d'une ligne, réenclenchement, apparition d'un défaut, décharge atmosphérique, etc), et dont la valeur de crête a une probabilité d'être dépassée égale à une probabilité de référence spécifiée.

Cette probabilité de référence est, dans la présente norme, choisie égale à 2%.

24 Surtension maximale conventionnelle de manœuvre (de foudre)

Valeur de crête de la surtension de manœuvre (de foudre) que l'on adopte comme surtension maximale à utiliser dans la méthode conventionnelle de coordination de l'isolement.

19 Phase-to-earth per unit overvoltage (p u)

The ratio of the peak values of a phase-to-earth overvoltage and of the phase-to-earth voltage corresponding to the highest voltage for equipment (i.e. $U_m \sqrt{2}/\sqrt{3}$)

20 Phase-to-phase per unit overvoltage (p u)

The ratio of the peak values of a phase-to-phase overvoltage and of the phase-to-earth voltage corresponding to the highest voltage for equipment (i.e. again $U_m \sqrt{2}/\sqrt{3}$)

This ratio will be expressed by $K \sqrt{3}$, K being the ratio of the peak value of the phase-to-phase overvoltage to the peak value of the highest voltage for equipment (i.e. $U_m \sqrt{2}$)

The peak value of the highest voltage for equipment, (i.e. the lowest per unit value of a phase-to-phase overvoltage) will thus be expressed in p.u. value as $1 \times \sqrt{3}$

Note — The p.u. overvoltages defined in Clauses 19 and 20 for the purpose of insulation co-ordination studies are referred to the peak value of the phase to earth voltage corresponding to the highest voltage for equipment as a fixed reference basis. When overvoltages are measured in various conditions during tests on a system or an equivalent model, it may be convenient to refer these overvoltages to the phase to earth voltage either prior to or after the switching operation as appropriate. In such cases, the term 'overvoltage factor' should be used for the ratio, and as the overvoltages are not always proportional to the system voltage, it is necessary to state the latter as well as all conditions of the test

21 Switching overvoltage

A phase-to-earth or a phase-to-phase overvoltage at a given location on a system due to one specific switching operation, fault or other cause, the shape of which can be regarded for insulation co-ordination purposes as similar to that of the standard impulse (Clause 51) used for switching impulse tests. Such overvoltages are usually highly damped and of short duration.

22 Lightning overvoltage

A phase-to-earth or a phase-to-phase overvoltage at a given location on a system, due to a lightning discharge or other cause, the shape of which can be regarded, for insulation co-ordination purpose, as similar to that of the standard impulse (Clause 51) used for lightning impulse tests. Such overvoltages are usually unidirectional and of very short duration.

Note to Clauses 21 and 22 — For the purpose of insulation co-ordination, switching and lightning overvoltages are classified according to their shape regardless of their origin. Although considerable deviations from the standard shapes occur on actual systems, in this standard it is considered sufficient to describe such overvoltages by their classification and peak value.

23 Statistical switching (lightning) overvoltage

Switching (lightning) overvoltage applied to equipment as a result of an event of one specific type on the system (line energization, reclosing, fault occurrence, lightning discharge, etc.), the peak value of which has a probability of being exceeded which is equal to a specified reference probability.

This reference probability is chosen as 2% in this standard.

24 Conventional maximum switching (lightning) overvoltage

The peak value of a switching (lightning) overvoltage which is considered as the maximum overvoltage in the conventional procedure of insulation co-ordination.

25 Surtension temporaire

Surtension oscillatoire entre phase et terre ou entre phases apparaissant en un point donné d'un réseau, de durée relativement longue et qui est non amortie ou faiblement amortie

Les surtensions temporaires sont habituellement occasionnées par des manœuvres ou par l'apparition de défauts (par exemple séparation brusque de charges importantes, défauts monophasés) et/ou par des non-linéarités (effets de ferro-résonance, harmoniques). On les caractérise par leur amplitude, leurs fréquences d'oscillation et par leur durée totale ou leur amortissement.

26 Tension de tenue statistique aux chocs de manœuvre (de foudre)

Valeur de crête d'une surtension de manœuvre (de foudre) appliquée au cours des «essais de chocs» pour laquelle la probabilité de tenue est égale à une probabilité de référence fixée à l'avance.

Cette probabilité de référence est, dans la présente norme, choisie égale à 90 %.

Au stade actuel, ce concept de tenue statistique n'est applicable qu'aux isolations autorégénératrices.

27 Tension de tenue conventionnelle aux chocs de manœuvre (de foudre)

Valeur de crête d'une surtension de manœuvre (de foudre) appliquée au cours des «essais de chocs», pour laquelle une isolation ne doit être le siège d'aucune décharge disruptive lorsqu'elle est soumise à un nombre spécifié de «chocs» de cette valeur dans des conditions spécifiées.

Ce concept s'applique en particulier aux isolations non autorégénératrices.

28 Tension de tenue nominale aux chocs de manœuvre (de foudre)

Valeur de crête de la tension de tenue aux chocs de manœuvre (de foudre) prescrite pour un matériel qui caractérise l'isolation de ce matériel en ce qui concerne les essais de tenue.

Notes 1 — Suivant le type d'isolation et selon ce qui sera spécifié dans les normes pour les matériels particuliers, les essais diélectriques sont faits pour vérifier que :

- la tension de tenue statistique aux chocs de manœuvre (de foudre) est au moins égale à la tension de tenue nominale aux chocs de manœuvre (de foudre) (voir le paragraphe 40.2);
- la tension de tenue conventionnelle aux chocs de manœuvre (de foudre) est au moins égale à la tension de tenue nominale aux chocs de manœuvre (de foudre) (voir le paragraphe 40.3).

2 — Les formes normalisées des chocs utilisés pour les essais de tenue des matériels ainsi que les procédures d'essai sont décrites au chapitre V.

29 Tension de tenue nominale de courte durée à fréquence industrielle

Valeur efficace de la tension sinusoïdale à fréquence industrielle que l'isolation du matériel considéré doit supporter lors d'essais faits dans les conditions spécifiées, et pendant une durée spécifiée n'excédant généralement pas 1 min.

30 Niveau d'isolement nominal

a) Pour les appareils dont la tension la plus élevée pour le matériel est égale ou supérieure à 300 kV, les tensions de tenue nominale aux chocs de manœuvre et de foudre.

b) Pour les matériels dont la tension la plus élevée pour le matériel est inférieure à 300 kV, les tensions de tenue nominale aux chocs de foudre et de tenue nominale de courte durée à fréquence industrielle.

25 Temporary overvoltage

An oscillatory phase-to-earth or phase-to-phase overvoltage at a given location of relatively long duration and which is undamped or only weakly damped

Temporary overvoltages usually originate from switching operations or faults (e.g. load rejection, single-phase faults) and/or from non-linearities (ferro-resonance effects, harmonics). They may be characterized by their amplitude, their oscillation frequencies, and by their total duration or their decrement.

26 Statistical switching (lightning) impulse withstand voltage

The peak value of a switching (lightning) impulse test voltage at which insulation exhibits under specified conditions a probability of withstand equal to a specified reference probability.

This reference probability is chosen as 90% in this standard.

The concept of statistical withstand is at present applicable only to self-restoring insulation.

27 Conventional switching (lightning) impulse withstand voltage

The peak value of a switching (lightning) impulse test voltage at which an insulation shall not show any disruptive discharge when subjected to a specified number of applications of this impulse, under specified conditions.

This concept applies particularly to non-self-restoring insulations.

28 Rated switching (lightning) impulse withstand voltage

The prescribed peak value of the switching (lightning) impulse withstand voltage which characterizes the insulation of an equipment as regards the withstand tests.

Notes 1 — Depending on the kind of insulation and complying to what is specified in the relevant apparatus standards, dielectric tests are made to verify that:

- the statistical switching (lightning) impulse withstand voltage is equal to or higher than the rated switching (lightning) impulse withstand voltage (see Sub-clause 40.2);
- the conventional switching (lightning) impulse withstand voltage is equal to or higher than the rated switching (lightning) impulse withstand voltage (see Sub-clause 40.3).

2 — The standard impulse shapes used for withstand tests on equipment as well as the test procedures are defined in Chapter V.

29 Rated short duration power-frequency withstand voltage

The prescribed r.m.s. value of sinusoidal power-frequency voltage that the equipment shall withstand during tests made under specified conditions and for a specified time usually not exceeding 1 min.

30 Rated insulation level

- a) For equipment with highest voltage for equipment equal to or greater than 300 kV the rated switching and lightning impulse withstand voltages
- b) For equipment with highest voltage for equipment lower than 300 kV the rated lightning impulse and short duration power-frequency withstand voltages

31 Facteur de sécurité statistique

Rapport entre une tension de tenue statistique aux chocs et la surtension statistique correspondante de manœuvre (ou de foudre) due à une perturbation d'un type déterminé, établi sur la base d'un risque accepté de défaut, en tenant compte des courbes de répartition statistique des surtensions et des tensions de tenue

Note — On trouvera des indications concernant la corrélation entre la valeur minimale du facteur de sécurité statistique et le risque de défaut à ne pas dépasser dans la deuxième édition du Guide d'application (Publication 71-2 de la CEI)

32 Facteur de sécurité conventionnel

Rapport entre une tension de tenue conventionnelle aux chocs de manœuvre (ou de foudre) et la surtension maximale conventionnelle correspondante, fixé sur la base de l'expérience pour tenir compte des écarts possibles de la tension de tenue réelle et des surtensions par rapport à leurs valeurs conventionnelles ainsi que de tout autre élément

33 Niveau de protection d'un dispositif de protection

Valeurs de crête de tension les plus élevées, admissibles aux bornes d'un dispositif de protection soumis, dans des conditions spécifiées, respectivement soit à des chocs de manœuvre, soit à des chocs de foudre, de formes normalisées et de valeurs nominales

Notes 1 — Dans le cas des tensions de choc de foudre il faut prendre la plus grande des tensions suivantes:

- tension maximale d'amoçage au choc 1,2/50;
- tension résiduelle maximale au courant spécifié;
- tension maximale d'amoçage sur front d'onde divisée par 1,15

2 — On peut se référer à un niveau de protection, soit statistique soit conventionnel au sens des articles 23, 24, 26 et 27

34 Facteurs de protection d'un dispositif de protection

Les facteurs de protection d'un dispositif de protection sont les valeurs des niveaux de protection d'un dispositif de protection respectivement au choc de manœuvre et au choc de foudre, rapportées à la valeur de crête de la tension nominale de ce dispositif

Note — Dans le cas d'éclateurs, la tension nominale sera conventionnellement prise égale à la tension simple correspondant à la tension la plus élevée pour le matériel

SECTION TROIS — PRINCIPES DE BASE DE LA COORDINATION DE L'ISOLEMENT

35 Coordination de l'isolement

La coordination de l'isolement englobe la sélection de la tenue diélectrique des matériels et sa mise en œuvre, en fonction des tensions qui peuvent apparaître dans le réseau auquel ces matériels sont destinés et compte tenu des caractéristiques des dispositifs de protection disponibles, elle vise alors à réduire à un niveau acceptable, du point de vue de l'économie et de celui de l'exploitation, la probabilité que les contraintes diélectriques résultantes imposées aux matériels causent des dommages aux isolations des matériels ou affectent la continuité du service

36 Contraintes diélectriques et autres facteurs affectant l'isolation

Un matériel peut, en service, être soumis à des contraintes diélectriques appartenant aux classes suivantes

- tensions à la fréquence industrielle, dans les conditions normales de service, c'est-à-dire ne dépassant pas la tension la plus élevée pour le matériel,
- surtensions temporaires,

31 Statistical safety factor

For a given type of event, the ratio of the appropriate statistical switching (or lightning) impulse withstand voltage to the statistical overvoltage, established on the basis of a given risk of failure, taking into account the statistical distributions of withstand voltages and overvoltages

Note — Indications regarding the correlation between the minimum value of the statistical safety factor and the risk of failure not to be exceeded will be found in the second edition of the Application Guide (IEC Publication 71-2)

32 Conventional safety factor

The ratio of a conventional switching (or lightning) impulse withstand voltage to the corresponding conventional maximum overvoltage, established on the basis of experience and taking into account the possible deviations of the actual withstand voltage and overvoltages from their conventional values as well as any other factors

33 Protection level of a protective device

The highest peak voltage values which should not be exceeded at the terminals of a protective device when respectively switching impulses and lightning impulses of standard shapes and rated values are applied under specified conditions

Notes 1 — The value for lightning impulses is the highest value of any of the following:

- maximum sparkover voltage with 1 2/50 impulse;
- maximum residual voltage at the specified current;
- maximum front of wave sparkover voltage divided by 1.15

- 2 — Either the statistical or the conventional impulse protective level can be considered, with the same meaning as in Clauses 23, 24, 26 and 27

34 Protection factors of a protective device

The protection factors of a protective device are the ratios of the switching impulse and lightning impulse values respectively of the protection level of a protective device to the peak value of the rated voltage of the protective device

Note — In the case of spark gaps, the phase-to-earth voltage corresponding to the highest voltage for equipment is used conventionally as the rated voltage

SECTION THREE — BASIC PRINCIPLES OF INSULATION CO-ORDINATION

35 Insulation co-ordination

Insulation co-ordination comprises the selection of the electric strength of equipment and its application, in relation to the voltages which can appear on the system for which the equipment is intended and taking into account the characteristics of available protective devices, so as to reduce to an economically and operationally acceptable level the probability that the resulting voltage stresses imposed on the equipment will cause damage to equipment insulation or affect continuity of service

36 Voltage stresses and other factors affecting insulation

The following classes of dielectric stresses may be encountered during the operation of an equipment

- power-frequency voltages, under normal operating conditions, i.e. not exceeding the highest voltage for equipment,
- temporary overvoltages,

- surtensions de manœuvre,
- surtensions de foudre

Pour une contrainte diélectrique donnée, le comportement de l'isolation interne peut être influencé par son degré de vieillissement et celui de l'isolation externe par son degré de pollution

37 Gammes de tensions les plus élevées pour le matériel

Pour cette norme, on a divisé en trois gammes les valeurs normalisées de la tension la plus élevée pour le matériel

- gamme A de 1 kV (cette valeur exclue) à moins de 52 kV,
- gamme B de 52 kV à moins de 300 kV,
- gamme C 300 kV et au-dessus

38 Essais diélectriques

38.1 Types d'essais diélectriques

Dans cette norme, on considère les types suivants d'essais diélectriques

- essais à fréquence industrielle de courte durée (1 min),
- essais à fréquence industrielle de longue durée,
- essais aux chocs de manœuvre,
- essais aux chocs de foudre

Les essais aux chocs de manœuvre et de foudre peuvent être, soit des essais de tenue, avec un nombre convenable de chocs appliqués à l'isolation à une valeur spécifiée (voir les articles 53 et 54), soit des essais de décharge disruptive à 50%, dans lesquels on déduit l'aptitude de l'isolation à tenir les chocs à la tension de tenue au choc nominale, de la mesure de la tension de décharge disruptive à 50% (voir l'article 52), cela n'est bien entendu possible que dans le cas d'une isolation autorégénératrice

Les essais à fréquence industrielle de courte durée sont des essais de tenue

On donne dans cette norme les valeurs recommandées pour les tensions d'essais de courte durée à fréquence industrielle ainsi que pour les tensions de tenue au choc de manœuvre et au choc de foudre. Toutefois, pour les essais à fréquence industrielle de longue durée, on se contente de fournir à l'article 39 des indications générales destinées aux Comités d'appareils compétents

38.2 Choix des essais diélectriques

Cette norme propose un choix des essais diélectriques qui diffère suivant qu'il s'agit des gammes de tensions A, B ou C. Ce choix peut également dépendre du type de matériel

Gammes A et B

Le comportement à la tension de service, aux surtensions temporaires et aux surtensions de manœuvre se vérifie dans le cas général par un essai à fréquence industrielle de courte durée

Le comportement aux surtensions de foudre se vérifie par un essai au choc de foudre

Le vieillissement de l'isolation interne et la pollution de l'isolation externe, lorsqu'ils peuvent affecter le comportement à la tension de service et aux surtensions, nécessitent généralement des essais de longue durée à fréquence industrielle

Note — Dans ces gammes de tensions on admet que l'essai traditionnel de 1 min à fréquence industrielle réserve généralement une marge de sécurité convenable à l'égard des surtensions de manœuvre et des surtensions temporaires les plus élevées (dont la durée est bien inférieure à la minute) aussi bien qu'à l'égard de la tension de service normale et des surtensions temporaires modérées ayant une amplitude moindre mais dont la durée peut être plus longue. Ainsi cet essai de 1 min effectué aux valeurs de tension des tableaux I, II et III apparaît comme un compromis puisque des surtensions comparables à la fois en durée et en amplitude aux valeurs d'essais n'apparaissent que rarement sur des réseaux normaux. Si cet essai se révèle inapproprié à certains types d'isolations internes, il appartiendra aux Comités d'appareils compétents d'adapter le niveau et la durée de l'essai

- switching overvoltages,
- lightning overvoltages

For a given voltage stress, the behaviour of internal insulation may be influenced by its degree of ageing, and that of external insulation by its degree of atmospheric contamination

37 Ranges of highest voltages for equipment

For the purpose of this standard, the standardized values of the highest voltage for equipment are divided into three ranges

- range A above 1 kV and less than 52 kV,
- range B from 52 kV to less than 300 kV,
- range C 300 kV and above

38 Dielectric tests

38.1 Types of dielectric tests

The following types of dielectric tests are considered in this standard

- short duration (1 min) power-frequency tests,
- long duration power-frequency tests,
- switching impulse tests,
- lightning impulse tests

Switching and lightning impulse tests may be either withstand tests, with a suitable number of voltage impulses at rated impulse withstand voltage applied to the insulation (see Clauses 53 and 54), or 50% disruptive discharge tests in which the ability of the insulation to withstand impulses at the rated impulse withstand voltage is inferred from the measurement of its 50% disruptive discharge voltage (see Clause 52), this, of course, is only possible in the case of self-restoring insulation

Short duration power-frequency tests are withstand tests

Recommended values of the short duration power-frequency test voltages and of the switching and lightning impulse withstand voltages are given in this standard. For long duration power-frequency tests, however, only a general guidance is given in Clause 39 to the relevant Apparatus Committees

38.2 Selection of the dielectric tests

The selection of the dielectric tests according to this standard is different in voltage ranges A, B and C. It can also be influenced by the type of equipment

Ranges A and B

The performance under power-frequency operating voltage, temporary overvoltages and switching overvoltages is checked in general by a short duration power-frequency test

The performance under lightning overvoltages is checked by a lightning impulse test

Ageing of internal insulation and contamination of external insulation, when they may affect performance under power-frequency operating voltages and overvoltages, generally require long duration power-frequency tests

Note — Within these ranges of voltages it is accepted that the traditional 1 min power-frequency test generally provides a suitable safety margin with respect to switching overvoltages and the highest temporary overvoltages (the duration of which is much shorter than 1 min) as well as to normal operating voltage or to moderate temporary overvoltages (the duration of which may be longer but with a lower amplitude). This 1 min test with the voltage values in Tables I, II and III thus appears as a compromise, since overvoltages comparable both in duration and amplitude with the values in the test rarely occur on normal systems. If for some types of internal insulation this test is shown to be inappropriate it will then be for the relevant Apparatus Committees to adapt the voltage level and the duration of the test

Gamme C

Dans cette gamme de tensions, le comportement de l'isolation à la tension de service et aux surtensions temporaires d'une part, et aux surtensions de manœuvre d'autre part, est vérifié par des essais différents

Le comportement à la tension de service et aux surtensions temporaires est vérifié par des essais à fréquence industrielle de longue durée, visant à démontrer l'aptitude du matériel à supporter le vieillissement ou la pollution, suivant le cas

Le comportement aux surtensions de manœuvre est vérifié par des essais au choc de manœuvre

Le comportement aux surtensions de foudre est vérifié par des essais au choc de foudre

Note — Jusqu'ici, les valeurs de l'essai de tenue traditionnel de courte durée à fréquence industrielle ont été relativement élevées pour cette gamme de tensions de façon à tenir compte également des effets de surtensions de manœuvre et des surtensions temporaires. Mais l'introduction d'essais spécifiques des surtensions de manœuvre pour le matériel dont la tension la plus élevée est égale ou supérieure à 300 kV ainsi que l'existence des essais de décharges partielles, conduit à reconsidérer la nature des essais à fréquence industrielle et à réduire les valeurs des tensions d'essais, de façon à limiter leur représentativité aux cas de la tension de service et des surtensions temporaires tout en l'améliorant; cette révision devrait désormais être entreprise par les Comités d'appareils compétents. Tant que cela n'aura pas été fait, les essais à fréquence industrielle tels qu'ils sont actuellement prescrits par les Comités d'appareils compétents continueront à s'appliquer

39 Coordination à la tension de service normale et aux surtensions temporaires

Lorsqu'on doit vérifier le comportement du matériel à la tension de service ou aux surtensions temporaires grâce à un essai à fréquence industrielle de courte durée, c'est-à-dire dans le cas des gammes de tensions A et B, les valeurs de tension d'essai recommandées sont à prendre aux tableaux I, II et III

Les essais à fréquence industrielle de longue durée, destinés à vérifier le comportement du matériel sous l'effet du vieillissement pour l'isolation interne ou de la pollution pour l'isolation externe, devront être prescrits par les Comités d'appareils compétents qui pourront s'appuyer sur les considérations générales suivantes

Pour spécifier des essais représentatifs des contraintes existant en service normal et se produisant du fait des surtensions temporaires, on admettra que

- a) En ce qui concerne la tension en service normal, l'isolation doit pouvoir supporter la tension la plus élevée pour le matériel de façon permanente
- b) Les essais à fréquence industrielle, destinés à vérifier l'aptitude de l'isolation à supporter la pollution devront se faire à la tension appropriée, à savoir soit $U_m/\sqrt{3}$, soit U_m dans le cas d'un réseau pouvant fonctionner avec une phase à la terre pendant des temps appréciables. Les conditions de pollution doivent être spécifiées dans les publications correspondantes de la CEI
- c) En ce qui concerne les surtensions temporaires entre phase et terre dans la gamme C, leur valeur de crête ne dépasse généralement pas 1,5 p.u. et elles ne durent pas plus de 1 s à chaque fois qu'elles se produisent, si le réseau présente des conditions plus sévères, un examen particulier peut se révéler nécessaire
- d) Les essais à fréquence industrielle, destinés à vérifier, dans la mesure du possible, qu'il ne se produira pas de détérioration appréciable de l'isolation sous l'effet des décharges partielles pendant la durée de vie escomptée pour le matériel et que l'isolation ne présentera pas d'instabilité thermique dans les conditions les plus sévères, se feront à une tension supérieure à la tension simple $U_m/\sqrt{3}$ avec une durée d'application choisie en fonction des conditions du réseau et de telle manière que la répartition des contraintes sur les éléments sera la même qu'en service

Toutes les normes concernant les valeurs des tensions d'essais, les méthodes et les conditions d'essais seront édictées par les Comités d'appareils compétents conformément aux présentes indications et aux dispositions des différentes parties de la Publication 60 de la CEI Techniques des essais à haute tension

40 Coordination pour les surtensions de manœuvre et les surtensions de foudre

Dans les gammes de tensions A et B, on peut généralement négliger les surtensions de manœuvre pour la coordination de l'isolement, comme il est indiqué au paragraphe 38 2, et aucun essai au choc de manœuvre n'est prescrit dans la présente norme. Dans la gamme de tensions C, on doit prêter attention aux surtensions de manœuvre et aux surtensions de foudre et celles-ci doivent être examinées séparément

Range C

In this voltage range, the performance of insulation under power-frequency operating voltages and temporary overvoltages on one hand, and under switching overvoltages on the other, is demonstrated by different tests

The performance under power-frequency operating voltages and temporary overvoltages is checked by long-duration power-frequency tests, aiming at demonstrating the suitability of the equipment with respect either to ageing or to contamination, according to which is the case

The performance under switching overvoltages is checked by switching impulse tests

The performance under lightning overvoltages is checked by lightning impulse tests

Note — Up to this time the values of the traditional short duration power frequency withstand test voltages have been high enough in this range to take some account also of the effects of switching overvoltages and temporary overvoltages. With the introduction of tests specific to switching impulses for equipment having highest voltage equal to or greater than 300 kV and the availability of tests specific to partial discharges the values of the power frequency test voltages can be reduced, and their nature reconsidered so as to be more representative of normal operating voltages and temporary overvoltages only; this revision should now be undertaken by the relevant Apparatus Committees. Until this can be done the power frequency tests at present prescribed by the relevant Apparatus Committees will continue to apply

39 Co-ordination for voltages under normal operating conditions and for temporary overvoltages

When the behaviour of equipment under normal operating voltages and temporary overvoltages has to be demonstrated by a short-duration power-frequency test, i.e. in voltage ranges A and B, the recommended values of the test voltage are to be found in Tables I, II and III

Long-duration power-frequency tests, intended to demonstrate the behaviour of equipment with respect to ageing of internal insulation or to contamination of external insulation, should be prescribed by the relevant Apparatus Committees. The following general indications are given for their guidance

In specifying tests representative of stresses under normal operating conditions and temporary overvoltages, it should be assumed that

- a) As regards the voltage under normal operating conditions, the insulation shall withstand permanent operation at the highest voltage for equipment
- b) Power-frequency tests, intended to verify the ability to withstand surface contamination, should be carried out at the appropriate voltage, i.e. either $U_m/\sqrt{3}$ or U_m in case of a system which may operate with a phase earthed for long periods. The contamination conditions must be specified in the appropriate IEC publications
- c) As regards the temporary phase-to-earth overvoltages in range C, their peak value does not exceed 1.5 p.u. in usual cases and their duration does not exceed 1 s on each occasion, special consideration may be required when system conditions are more severe
- d) Power-frequency tests, intended to verify, as far as practicable, that there will be no significant deterioration of the insulation due to partial discharges during the expected working life of equipment and that in the most severe conditions the insulation is not liable to thermal instability, should be performed at some voltage above $U_m/\sqrt{3}$ phase-to-earth and for a duration appropriate to the system conditions, and in such a manner that all elements are stressed in the same proportions as in service

All standards concerning the values of the test voltages, as well as the test procedure and the test conditions, should be decided by the relevant Apparatus Committees in compliance with these indications and the requirements given in the different parts of IEC Publication 60, High-voltage Test Techniques

40 Co-ordination for switching and lightning overvoltages

In voltage ranges A and B, insulation co-ordination for switching overvoltages can generally be disregarded, as indicated in Sub-clause 38.2, and no switching impulse test is required in this standard. In voltage range C, co-ordination has to be considered for switching and for lightning overvoltages, which have to be treated separately

Dans tous les cas, la coordination de l'isolement suppose une certaine connaissance de l'amplitude des surtensions prévisibles à l'emplacement du matériel compte tenu de la situation éventuelle du réseau, des caractéristiques électriques du réseau et du matériel, de l'expérience acquise dans des réseaux comparables ainsi que de la protection conférée par des dispositifs de protection

Là où l'on installe des parafoudres, on doit les choisir en fonction de l'amplitude et de la durée des surtensions temporaires, pendant lesquelles on peut exiger qu'ils fonctionnent de façon satisfaisante, en continuant à assurer une marge de protection correcte (voir également l'article 3 de la Publication 99-1A de la CEI Premier complément à la Publication 99-1 (1958) Recommandations pour les parafoudres, Première partie Parafoudres à résistance variable)

La tenue diélectrique du matériel aux contraintes de manœuvre et de foudre doit être choisie sur la base des surtensions prévues de façon que les exigences de la coordination de l'isolement soient satisfaites

On peut se référer, soit à une méthode statistique, soit à une méthode non statistique. Des règles générales valables pour ces deux approches seront données dans la deuxième édition du Guide d'application (Publication 71-2 de la CEI)

40.1 Choix de la méthode

La nécessité d'études complètes des surtensions du réseau, ainsi que la nécessité d'essais exigeant l'application d'un assez grand nombre de chocs, limite en pratique l'utilisation de la méthode statistique

Une approche statistique est particulièrement intéressante quand une économie substantielle est à attendre de la réduction de la tenue diélectrique, et en particulier quand les surtensions de manœuvre posent un problème. C'est pour ces raisons que la méthode statistique s'applique bien au cas de la gamme C et n'est pas habituellement mise en œuvre dans le cas des gammes A et B.

En outre, pour les trois gammes de tensions, lorsque l'isolation du matériel est en grande partie non autorégénératrice, on ne peut souvent admettre qu'un petit nombre de chocs (par exemple trois dans chaque situation d'essais, conformément à l'article 54) pour vérifier que la tenue diélectrique est assurée et c'est pourquoi, dans l'état actuel des connaissances, il est impossible de considérer la probabilité de défaut comme une variable intervenant dans la conception du matériel et susceptible d'un contrôle quantitatif. De la sorte, l'utilisation de la méthode statistique est à l'heure actuelle pratiquement limitée au cas de l'isolation autorégénératrice.

40.2 Méthode statistique

La méthode statistique admet que des défauts d'isolement peuvent se produire, elle cherche à quantifier le risque de défaut et à l'utiliser comme un repère de la sécurité dans l'élaboration du matériel.

Une détermination rigoureuse du risque de défaut pour une catégorie donnée de surtensions exige que les contraintes dues aux surtensions et la tenue diélectrique du matériel soient décrites par leurs distributions statistiques respectives.

Sous une forme simplifiée, on utilise cette méthode en faisant des hypothèses sur les formes des courbes de probabilité (à savoir que les distributions suivent une loi normale avec un écart type donné), ce qui permet de représenter chaque courbe par un seul point correspondant à une valeur donnée de la probabilité. L'ordonnée d'un tel point est appelée «surtension statistique» (article 23) sur les courbes de probabilité des surtensions ou «tension de tenue statistique aux chocs» (article 26) sur les courbes de probabilité de tenue. La probabilité de référence a été fixée à 90% pour les tensions de tenue aux chocs des matériels.

La coordination de l'isolement à l'égard d'une catégorie définie de surtensions, dans ce contexte statistique simplifié, consiste à choisir une marge, caractérisée par le facteur de sécurité statistique, entre la tension de tenue statistique aux chocs et la surtension statistique, de manière à viser une probabilité de défaut (exprimable numériquement) considérée comme acceptable du point de vue de la sécurité du service et du prix des installations.

Les valeurs minimales acceptables des tensions de tenue statistiques aux chocs de manœuvre et de foudre ayant ainsi été déterminées permettront de choisir parmi les valeurs normalisées données au chapitre IV les tensions

In every case, insulation co-ordination presupposes some knowledge of the magnitude of the overvoltages to be expected at the equipment location, considering credible system contingencies, the electrical characteristics of the system and of the equipment and experience of comparable systems as well as the limiting effect of any protective devices

Where surge arresters are installed, their choice shall take into consideration the magnitude and duration of the temporary overvoltages during which they may be required to operate satisfactorily while continuing to provide an adequate margin of protection (see also Clause 3 of IEC Publication 99-1A, First supplement to Publication 99-1 (1958) Recommendations for Lightning Arresters, Part 1 Non-linear Resistor Type Arresters)

The insulation strength of equipment for switching and lightning stresses shall then be chosen on the basis of the predicted overvoltages to ensure that the requisites of insulation co-ordination are satisfied

A statistical or a non-statistical procedure may be considered. Some general rules for procedure in statistical and conventional approaches to insulation co-ordination will be found in the second edition of the Application Guide (IEC Publication 71-2)

40.1 *Choice of the procedure*

The need for thorough studies of system overvoltages, as well as the need to carry out tests based on the application of a rather high number of impulses, set practical limits to the use of the statistical procedure of insulation co-ordination

A statistical approach is particularly valuable where there is a strong economic incentive towards a reduction of insulation strength especially when switching overvoltages are a problem. For these reasons, the statistical procedure is mainly appropriate to voltage range C and is not usually employed in ranges A and B

Furthermore, in all voltage ranges, when the equipment insulation is essentially non-self-restoring, only a small number of impulse applications (for instance, three for each test condition, as specified in Clause 54) can often be accepted to check that the withstand strength is ensured and therefore, at the present stage of the art, it is impossible to consider failure probability as a design variable subject to quantitative control. Thus, the use of the statistical procedure is at present practically restricted to self-restoring insulations

40.2 *Statistical procedure*

The statistical procedure acknowledges the fact that insulation failures may occur, it attempts to quantify the risk of failure and to use it as a safety index in insulation design

A rigorous determination of the risk of failure for a given category of overvoltages requires that both the overvoltage stresses of this category and the equipment withstand be described in terms of their respective frequency distributions

In a simplified form of this procedure, assumptions are made on the shapes of the probability curves (e.g. normal frequency distribution and given standard deviation) which permit the representation of each curve by a single point corresponding to a given value of probability. The ordinates of such points are designated as “statistical overvoltages” (Clause 23) in the case of overvoltage probability curves, and as “statistical impulse withstand voltages” (Clause 26) in the case of withstand probability curves. The reference probability for equipment impulse withstand voltages has been established as 90%

Insulation co-ordination for a given category of overvoltages, in this simplified statistical context, consists in the selection of a margin, characterized by the statistical safety factor, between the statistical impulse withstand voltage and the statistical overvoltage, which will result in a probability of failure (capable of numerical expression) deemed to be acceptable from the point of view of system reliability and cost

The minimum acceptable values of the statistical switching and lightning impulse withstand voltages having thus been determined, the rated switching and lightning impulse voltages will be selected from the standard

nominales de tenue aux chocs de manœuvre et de foudre. Des essais nécessitant un nombre relativement grand de chocs doivent alors être faits afin de vérifier, avec un degré de confiance acceptable, que les tensions de tenue statistiques réelles sont au moins égales à ces tensions de tenue nominales.

La vérification peut être faite au moyen d'un essai de décharge disruptive à 50% dont on peut déduire, avec un bon degré de confiance, la tension de tenue statistique (90%) réelle dans le cas d'isolations autorégénératrices et qui restent telles aux tensions d'essai correspondantes quelque peu supérieures à la tension de tenue nominale. La même vérification peut se faire dans le cas d'isolations telles que la probabilité d'avarie dans ces conditions d'essai, compte tenu du grand nombre de chocs répétés à ces tensions accrues, est économiquement acceptable (par exemple supports isolants, sectionneurs).

La vérification doit être faite à la tension de tenue nominale dans le cas d'isolations qui pourraient n'être pas autorégénératrices à la tension de décharge disruptive à 50% mais le sont à la tension de tenue nominale, et pour lesquelles l'application, dans de telles conditions, d'un nombre élevé de surtensions aux parties non autorégénératrices de l'isolation est acceptable (par exemple certains types de traversées, quelques catégories de transformateurs de mesure et d'appareils de manœuvre).

40.3 Méthode conventionnelle

Dans cette méthode, le critère de la coordination de l'isolement aux surtensions de manœuvre et de foudre est la marge existant entre, d'une part, une surtension que l'on n'a pas forcément constatée, mais dont on admet conventionnellement qu'elle est voisine de la valeur maximale prévisible là où est situé le matériel (article 24) et, d'autre part, une tension de tenue dont la valeur peut n'être pas rigoureusement démontrable, mais est déduite d'un essai au choc (article 27).

Cette marge détermine un coefficient de sécurité qui ne devrait pas être inférieur à une valeur estimée convenable d'après l'expérience. Le Guide d'application donne quelques valeurs usuelles pour les différentes gammes de tension. La tension d'essai au choc correspondante doit être choisie parmi les valeurs normalisées qui sont données aux chapitres suivants.

values in Chapter IV Tests requiring a rather large number of impulse applications are then needed to verify, with an acceptable degree of confidence, that the actual statistical withstand voltages are equal to or higher than these rated impulse withstand voltages

The verification can be done by means of a 50% disruptive discharge voltage test, from which the actual statistical (90%) withstand voltage can be derived with a good degree of confidence in the case of self-restoring insulation which continues to behave as such at the corresponding test voltages, these are somewhat higher than the rated withstand voltage. The same verification can be done in case of such insulation that the probability of damage in these conditions, in spite of a relatively large number of impulses and an increased impulse voltage, can be economically accepted (for instance, support-insulators, disconnectors)

The verification has to be done at the rated withstand voltage in the case of insulation which might not be self-restoring at the 50% disruptive discharge voltage but is self-restoring at the rated withstand voltage, and for which the application of a number of impulses in such conditions to the non-self-restoring parts of the insulation can be accepted (for instance, some types of bushing, some types of instrument transformer and switchgear)

40.3 Conventional procedure

In this procedure, the criterion of insulation co-ordination for switching or lightning overvoltages is the margin between an overvoltage conventionally accepted, but not necessarily ascertained, as approximating the maximum value to be expected at the equipment location (Clause 24) and a withstand voltage the value of which may not be rigorously demonstrable but derived from an impulse test (Clause 27).

This margin determines a safety factor which should not be less than a value found to be adequate from experience. The Application Guide gives some usual values for the three voltage ranges. The corresponding impulse test voltage has to be selected from the standard values listed in the following chapters

CHAPITRE II: NIVEAUX D'ISOLEMENT NORMALISÉS POUR LE MATÉRIEL DE LA GAMME A

41 Indications générales

a) Dans ce chapitre, on spécifie les niveaux d'isolement associés aux valeurs normalisées de la tension la plus élevée pour le matériel de la gamme A

b) Deux séries de niveaux d'isolement normalisés sont données la série I et la série II

La série I est basée sur la pratique de la plupart des pays européens et de quelques autres pays, alors que la série II est principalement basée sur la pratique des Etats-Unis d'Amérique et du Canada. Une seule de ces deux séries doit être utilisée dans un même pays

42 Tableaux des niveaux d'isolement normalisés

Les niveaux d'isolement normalisés sont donnés au tableau I (série I) et au tableau II (série II)

TABLEAU I

Niveaux d'isolement normalisés pour $1 \text{ kV} < U_m < 52 \text{ kV}$

Série I (basée sur la pratique courante de la plupart des pays européens et de quelques autres pays)

Tension la plus élevée pour le matériel U_m (valeur efficace)	Tension nominale de tenue aux chocs de foudre (valeur de crête)		Tension nominale de tenue de courte durée à fréquence industrielle (valeur efficace)
	Liste 1	Liste 2	
kV	kV	kV	kV
3,6	20	40	10
7,2	40	60	20
12	60	75	28
17,5	75	95	38
24	95	125	50
36	145	170	70

Outre les tensions nominales de tenue à fréquence industrielle, deux valeurs de tensions nominales de tenue aux chocs de foudre (listes 1 et 2) sont données dans la série I pour chaque valeur de la tension la plus élevée pour le matériel. On n'utilisera pas de tensions intermédiaires. Les essais au choc sont introduits dans l'intention de vérifier l'aptitude de l'isolement, et en particulier celui des enroulements, à supporter les surtensions de foudre et les surtensions de manœuvre à front raide, spécialement celles qui sont dues aux réamorçages entre contacts des appareils de coupure.

Dans certaines conditions d'utilisation, les Comités d'appareils compétents peuvent décider d'appliquer des tensions réduites pour les essais à fréquence industrielle et éventuellement les essais au choc, ou même de supprimer les essais au choc. Mais dans ce cas, il doit être démontré, soit par des essais, soit par une combinaison de calculs et d'essais, que les prescriptions relatives à l'isolement sont satisfaites pour les principales contraintes survenant en service.

Le choix entre la liste 1 et la liste 2 se fera en considérant le degré d'exposition aux surtensions de foudre et de manœuvre, le mode de mise à la terre du réseau et, quand il y a lieu, le type de dispositif de protection contre les surtensions.

CHAPTER II: STANDARD INSULATION LEVELS FOR EQUIPMENT IN RANGE A

41 General indications

- a) This chapter specifies insulation levels associated with standard values of the highest voltage for equipment in range A
- b) Two series of standard insulation levels are given Series I and Series II

Series I is based on practice in most European and several other countries, while Series II is mainly based on practice in the United States of America and Canada Only one of these two series should be used in any one country

42 Tables of standard insulation levels

The standard insulation levels are given in Table I (Series I) and Table II (Series II)

TABLE I
*Standard insulation levels for $1\text{ kV} < U_m < 52\text{ kV}$
Series I (based on current practice in most European and several other countries)*

Highest voltage for equipment U_m (1 m s)	Rated lightning impulse withstand voltage (peak)		Rated power-frequency short duration withstand voltage (1 m s)
	List 1	List 2	
kV	kV	kV	kV
3.6	20	40	10
7.2	40	60	20
12	60	75	28
17.5	75	95	38
24	95	125	50
36	145	170	70

In addition to the rated power-frequency withstand voltage, two values of rated lightning impulse withstand voltages (lists 1 and 2) are given in Series I for each highest voltage for equipment Intermediate test voltages should not be employed Impulse tests are included in order to check the ability of insulation, and in particular of windings, to withstand lightning overvoltages and steep switching overvoltages, particularly those which result from chopping due to restrikes across the arc gaps of switching devices

Under special conditions of usage, the relevant Apparatus Committees can decide to apply reduced test voltages in power frequency and/or impulse tests, or even to delete impulse tests But, in that case, it must be proved either by tests, or by a combination of tests and calculation, that insulation requirements are fulfilled for the essential stresses in service

The choice between lists 1 and 2 should be made by considering the degree of exposure to lightning and switching overvoltages, the type of system neutral earthing and, where applicable, the type of overvoltage protective device

Le matériel répondant à la liste 1 convient pour les installations ci-dessous

- 1) Dans des réseaux et dans des installations industrielles non reliés à des lignes aériennes
 - a) où le neutre du réseau est mis à la terre, soit directement, soit par une impédance de valeur faible par rapport à celle d'une bobine d'extinction. Aucun dispositif de protection contre les surtensions, tel que parafoudre, n'est en général nécessaire,
 - b) où le neutre du réseau est mis à la terre par une bobine d'extinction et dans certains réseaux équipés d'une protection suffisante contre les surtensions, tels que réseaux étendus de câble sur lesquels des parafoudres capables de décharger la capacité des câbles peuvent être nécessaires
- 2) Dans des réseaux et dans des installations industrielles reliés à des lignes aériennes uniquement par l'intermédiaire de transformateurs et pour lesquels la capacité, par rapport à la terre, des câbles reliés aux bornes basse tension du transformateur est au moins 0,05 μF par phase. Lorsque la capacité à la terre du câble est insuffisante, des condensateurs supplémentaires peuvent être placés entre le transformateur et l'appareil de coupure, aussi près que possible des bornes du transformateur, de façon que la capacité totale à la terre du câble et des condensateurs atteigne au moins 0,05 μF par phase

Cela couvre les cas

- a) où le neutre du réseau est mis à la terre, soit directement, soit par une impédance de valeur faible par rapport à celle d'une bobine d'extinction. Une protection par parafoudre peut s'avérer souhaitable,
- b) où le neutre du réseau est mis à la terre par une bobine d'extinction et où une protection suffisante contre les surtensions est assurée grâce à des parafoudres
- 3) Dans des réseaux et dans des installations industrielles reliés directement à des lignes aériennes
 - a) où le neutre du réseau est mis à la terre, soit directement, soit par une impédance de valeur faible par rapport à celle d'une bobine d'extinction, et où une protection suffisante contre les surtensions est assurée par des éclateurs ou des parafoudres, compte tenu de la probabilité de l'amplitude et de la fréquence des surtensions,
 - b) où le neutre du réseau est mis à la terre par une bobine d'extinction et où une protection suffisante contre les surtensions est assurée par des parafoudres

Dans tous les autres cas, ou lorsqu'un très haut degré de sécurité est nécessaire, on utilisera le matériel répondant à la liste 2

TABLEAU II

Niveaux d'isolement normalisés pour $1 \text{ kV} < U_m < 52 \text{ kV}$

Série II (basée sur la pratique courante aux Etats-Unis d'Amérique, au Canada et dans quelques autres pays)

Tension la plus élevée pour le matériel U_m (valeur efficace)	Tension nominale de tenue aux chocs de foudre (valeur de crête)		Tension nominale de tenue de courte durée à la fréquence industrielle (valeur efficace)
	500 kVA et au-dessous	Au-dessus de 500 kVA	
kV	kV	kV	kV
4,40 13,20 13,97 14,52 26,4 36,5	60 95	75 110	19 34
	150 200		50 70

Note — Les valeurs d'essais de cette liste sont propres aux niveaux de plein isolement des transformateurs, mais sont également représentatives d'autres matériels faisant l'objet des règles américaines et canadiennes. On se référera aux règles applicables à chaque type d'appareils pour connaître les valeurs exactes. Des niveaux d'isolement réduit peuvent être utilisés lorsque le degré de protection le justifie.

Equipment designed to list 1 is suitable for installations such as the following

- 1) In systems and industrial installations not connected to overhead lines
 - a) where the system neutral is earthed either solidly or through an impedance which is low compared with that of an arc-suppression coil. Surge protective devices, such as surge diverters, are generally not required,
 - b) where the system neutral is earthed through an arc-suppression coil and adequate overvoltage protection is provided in special systems, e.g. an extensive cable network where surge arresters capable of discharging the cable capacitance may be required.
- 2) In systems and industrial installations connected to overhead lines only through transformers where the capacitance to earth of cables connected to the transformer lower voltage terminals is at least $0.05 \mu\text{F}$ per phase. When the cable capacitance to earth is insufficient, additional capacitors may be added on the transformer side of the switchgear, as close as possible to the transformer terminals, and so that the combined capacitance to earth of the cables plus the additional capacitors is at least $0.05 \mu\text{F}$ per phase.

This covers the cases

- a) where the system neutral is earthed either solidly or through an impedance which is low compared with that of an arc-suppression coil. Overvoltage protection by means of surge arresters may be desirable,
- b) where the system neutral is earthed through an arc-suppression coil and where adequate overvoltage protection by surge arresters is provided.
- 3) In systems and industrial installations connected directly to overhead lines
 - a) where the system neutral is earthed either solidly or through an impedance which is low compared with that of an arc-suppression coil and where adequate overvoltage protection by spark gaps or surge arresters is provided depending on the probability of overvoltage amplitude and frequency,
 - b) where the system neutral is earthed through an arc-suppression coil and where adequate overvoltage protection by surge arresters is provided.

In all other cases, or where a very high degree of security is required, equipment designed to list 2 has to be used.

TABLE II

Standard insulation levels for $1 \text{ kV} < U_m < 52 \text{ kV}$

Series II (based on current practice in the United States of America, Canada and some other countries)

Highest voltage for equipment U_m (1 m s)	Rated lightning impulse withstand voltage (peak)		Rated power frequency short duration withstand voltage (1 m s)
	500 kVA and below	Above 500 kVA	
kV	kV	kV	kV
4 40	60	75	19
13 20	95	110	34
13 97			
14 52			
26 4	150		50
36 5	200		70

Note — Test values listed are specific to full insulation levels of transformers, but are representative of other equipment in common usage in U.S. and Canadian standards as well. Particular apparatus standards should be referred to for exact values. Reduced insulation levels may be applied where justified by the degree of protection.

CHAPITRE III: NIVEAUX D'ISOLEMENT NORMALISÉS POUR LE MATÉRIEL DE LA GAMME B

43 Indications générales

Ce chapitre donne les combinaisons recommandées pour le matériel de la gamme B entre la tension la plus élevée pour le matériel et les deux composantes du niveau d'isolement mentionnées à l'article 30

- la tension nominale de tenue aux chocs de foudre,
- la tension nominale de tenue de courte durée à fréquence industrielle

44 Tableau des niveaux d'isolement normalisés

Le tableau III est basé sur la proposition selon laquelle, dans cette gamme de tensions, les surtensions de foudre doivent être considérées en priorité pour le choix des niveaux d'isolement

TABLEAU III
Niveaux d'isolement normalisés pour $52 \text{ kV} \leq U_m < 300 \text{ kV}$

1	2	3	4
Tension la plus élevée pour le matériel U_m (valeur efficace)	Base des valeurs en pour un (p.u.) $U_m \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$ (valeur de crête)	Tension nominale de tenue aux chocs de foudre (valeur de crête)	Tension nominale de tenue de courte durée à fréquence industrielle (valeur efficace)
kV	kV	kV	kV
52	42,5	250	95
72,5	59	325	140
123	100	450	185
145	118	550	230
170	139	650	275
245	200	750	325
		850	360
		950	395
		1050	460

45 Choix du niveau d'isolement

Le tableau associe un ou plusieurs niveaux d'isolement recommandés à chaque valeur normalisée de la plus haute tension pour le matériel

On n'utilisera pas de tension d'essais intermédiaire. Là où on donne plus d'un niveau d'isolement, c'est le plus élevé qui convient au matériel situé sur des réseaux dont le facteur de défaut à la terre est supérieur à 1,4 (voir l'article 17)

Plusieurs niveaux d'isolement peuvent coexister dans un même réseau, correspondant à des installations situées à des emplacements différents du réseau ou à des matériels différents appartenant à une même installation. Une discussion du choix du niveau d'isolement, en fonction des conditions particulières de chaque installation, sera donnée dans la deuxième édition du Guide d'application (Publication 71-2 de la CEI)

CHAPTER III: STANDARD INSULATION LEVELS FOR EQUIPMENT IN RANGE B

43 General indications

This chapter gives the recommended combinations of the highest voltage for equipment in range B and the two components of insulation level as stated in Clause 30

- rated lightning impulse withstand voltage,
- rated power-frequency short duration withstand voltage

44 Table of standard insulation levels

Table III is based on the proposition that, in this range of voltages, lightning surges have first consideration in the selection of insulation levels

TABLE III
Standard insulation levels for $52 \text{ kV} \leq U_m < 300 \text{ kV}$

1	2	3	4
Highest voltage for equipment U_m (1 m s)	Base for p.u. values $U_m \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$ (peak)	Rated lightning impulse withstand voltage (peak)	Rated power-frequency short duration withstand voltage (1 m s)
kV	kV	kV	kV
52	42.5	250	95
72.5	59	325	140
123	100	450	185
145	118	550	230
170	139	650	275
245	200	750	325
		850	360
		950	395
		1050	460

45 Choice of the insulation level

The table associates one or more recommended insulation levels with each standard value of the highest voltage for equipment

Intermediate test voltages shall not be employed. When more than one insulation level is given, the highest level is appropriate for equipment located in systems where the earth fault factor is higher than 1.4 (see Clause 17)

Several insulation levels may exist in the same system, appropriate to installations situated in different locations or to differing equipment situated in the same installation. A discussion of the selection of the insulation level in relation to the particular conditions of the installation will be found in the second edition of the Application Guide (IEC Publication 71-2)

CHAPITRE IV : NIVEAUX D'ISOLEMENT NORMALISÉS POUR LE MATÉRIEL DE LA GAMME C

46 Indications générales

- a) Le présent chapitre spécifie des niveaux d'isolement normalisés associés aux valeurs normalisées de la tension la plus élevée pour le matériel de la gamme C. Ces niveaux sont les mêmes que l'on adopte pour déterminer les niveaux d'isolement, soit la méthode statistique, soit la méthode conventionnelle selon le type de matériel considéré.
- b) Les valeurs normalisées des tensions nominales de tenue aux chocs doivent être prises dans la série suivante, valable aussi bien pour les chocs de manœuvre que pour les chocs de foudre : 750 kV, 850 kV, 950 kV, 1050 kV, 1175 kV, 1300 kV, 1425 kV, 1550 kV, 1675 kV, 1800 kV, 1950 kV, 2100 kV, 2250 kV, 2400 kV, 2550 kV, 2700 kV, 2900 kV.
- On ne doit utiliser aucune valeur intermédiaire.
- c) Au tableau IV, article 47, sont données les combinaisons recommandées entre la tension la plus élevée pour le matériel et le niveau d'isolement. Lorsque, du fait des caractéristiques du réseau ou des méthodes choisies pour contrôler les surtensions de manœuvre ou de foudre, le recours à des combinaisons autres que celles indiquées au tableau IV se justifie sur les plans technique et économique, les valeurs à choisir doivent être prises dans la série donnée ci-dessus.
- d) Plusieurs niveaux d'isolement peuvent coexister dans un même réseau, correspondant à des installations situées à des emplacements différents du réseau ou à des matériels différents appartenant à une même installation. Une discussion du choix du niveau d'isolement, en fonction des conditions particulières de chaque installation, sera donnée dans la deuxième édition du Guide d'application (Publication 71-2 de la CEI).

47 Tableau des niveaux d'isolement normalisés pour la gamme des tensions les plus élevées pour le matériel égales ou supérieures à 300 kV

Le tableau IV indique les combinaisons recommandées entre la tension la plus élevée pour le matériel et les deux composantes du niveau d'isolement :

- la tension nominale de tenue aux chocs de manœuvre,
- la tension nominale de tenue aux chocs de foudre.

Le tableau a été conçu en admettant que, pour les réseaux utilisant des tensions de cette gamme, les surtensions de manœuvre devraient être considérées en priorité lors du choix du niveau d'isolement.

Dans la colonne 3, les valeurs en p u pour un (p u) des tensions nominales de tenue aux chocs de manœuvre de la colonne 4 sont indiquées afin de faciliter la comparaison avec les valeurs en p u des surtensions attendues dans le réseau auquel est destiné le matériel, celles-ci doivent être évidemment toujours inférieures à la valeur en p u de la tension de tenue, avec une marge appropriée.

48 Tension de tenue nominale aux chocs de manœuvre

Dans le tableau IV, les différentes valeurs des tensions nominales de tenue aux chocs de manœuvre associées à une même valeur de la tension la plus élevée pour le matériel ont été choisies en considérant :

- a) Dans le cas d'un matériel protégé contre les surtensions de manœuvre par parafoudres :
- les valeurs attendues des surtensions temporaires,
 - les caractéristiques des parafoudres actuellement disponibles,
 - les marges considérées généralement comme judicieuses entre le niveau de protection du parafoudre et la tenue du matériel aux chocs de manœuvre.

CHAPTER IV: STANDARD INSULATION LEVELS FOR EQUIPMENT IN RANGE C

46 General indications

a) This chapter specifies standard insulation levels associated with standard values of the highest voltage for equipment in range C. These levels are the same whether the statistical or the conventional procedure for determining insulation levels is adopted, depending on the type of equipment under consideration.

b) The standard values of rated impulse withstand voltages shall be taken from the following series, which is applicable to both switching and lightning impulse voltages:

750 kV, 850 kV, 950 kV, 1050 kV, 1175 kV, 1300 kV, 1425 kV, 1550 kV, 1675 kV, 1800 kV, 1950 kV, 2100 kV, 2250 kV, 2400 kV, 2550 kV, 2700 kV, 2900 kV

Intermediate values shall not be employed.

c) Table IV of Clause 47 gives recommended combinations of highest voltages for equipment and insulation level. When, due to the design of the system or the methods chosen for the control of switching or lightning overvoltages, combinations other than those given in Table IV are technically and economically justifiable, the values shall be selected from the series given above.

d) Several insulation levels may exist in the same system, appropriate to installations situated in different locations or to differing equipment situated in the same installation. A discussion of the selection of the insulation level, in relation to the particular conditions of the installation, will be found in the second edition of the Application Guide (IEC Publication 71-2).

47 Table of standard insulation levels for highest voltage range for equipment equal to or greater than 300 kV

Table IV shows the recommended combinations of the highest voltage for equipment and the two components of the insulation level:

- rated switching impulse withstand voltage,
- rated lightning impulse withstand voltage.

The table is based on the proposition that, in this range of voltages, switching overvoltages should have first consideration in the selection of insulation level.

In column 3, the per unit (p.u.) values of the rated switching impulse withstand voltage of column 4 are indicated for convenience of comparison with p.u. switching overvoltages expected in the system for which the equipment is intended; these p.u. overvoltages must of course always be less than the p.u. withstand voltage by an appropriate margin.

48 Rated switching impulse withstand voltage

In Table IV, the range of rated switching impulse withstand voltages associated with a particular highest voltage for equipment has been chosen in consideration of the following:

- a)* For equipment protected against switching overvoltages by surge arresters:
- the expected values of temporary overvoltages,
 - the characteristics of presently available surge arresters,
 - the margins generally considered advisable between the protective level of the surge arrester and the switching impulse withstand voltage of the equipment.

TABLEAU IV

Niveaux d'isolement normalisés pour $U_m \geq 300 \text{ kV}$

1	2	3	4	5	6
Tension la plus élevée pour le matériel U_m (eff)	Base des valeurs en pour un (p u) $U_m \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$ (crête)	Tension nominale de tenue aux chocs de manœuvre (crête)		Rapport entre les tensions de tenue aux chocs de foudre et de manœuvre	Tension nominale de tenue aux chocs de foudre (crête)
kV	kV	p u	kV		kV
300	245	3,06	750	1,13	850
		3,47	850	1,27	950
362	296	2,86		1,12	
		3,21	950	1,24	1 050
420	343	2,76		1,11	
		3,06	1 050	1,24	1 175
		2,45		1,12	
525	429	2,74	1 175	1,24	1 300
		2,08	1 300	1,11	
		2,28	1 425	1,36	1 425
765	625	2,48	1 550	1,21	
				1,10	
				1,32	1 550
				1,19	
				1,09	
				1,38	1 800
				1,26	
				1,16	
				1,26	1 950
				1,47	2 100
				1,55	2 400

TABLE IV
Standard insulation levels for $U_m \geq 300 \text{ kV}$

1	2	3	4	5	6
Highest voltage for equipment U_m (1 m s)	Base for p u values $U_m \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$ (peak)	Rated switching impulse withstand voltage (peak)		Ratio between rated lightning and switching impulse withstand voltages	Rated lightning impulse withstand voltage (peak)
kV	kV	p u	kV		kV
300	245	3 06	750	1 13	850
		3 47	850	1 27	950
362	296	2 86		1 12	
		3 21	950	1 24	1 050
		2 76		1 11	
420	343	3 06	1 050	1 24	1 175
		2 45		1 12	
525	429	3 06	1 050	1 24	1 300
		2 45		1 11	
		2 74	1 175	1 36	1 425
		2 08	1 300	1 21	
		2 28	1 425	1 10	
765	625	2 28	1 425	1 32	1 550
		2 48	1 550	1 19	
				1 09	
				1 38	1 800
				1 26	
				1 16	
				1 26	1 950
				1 47	2 100
				1 55	2 400

- b)* Dans le cas d'un matériel non protégé contre les surtensions de manœuvre par parafoudre
- le risque d'amorçage acceptable, compte tenu des valeurs probables des surtensions à l'endroit où est placé le matériel,
 - le degré de contrôle des surtensions généralement estimé économiquement justifiable, et accessible grâce à un choix attentif des appareils de coupure et de la conception du réseau

On trouvera une discussion du choix des tensions nominales de tenue aux chocs de manœuvre dans la deuxième édition du Guide d'application (Publication 71-2 de la CEI)

49 Tension de tenue nominale aux chocs de foudre

Les différentes valeurs des tensions nominales de tenue aux chocs de foudre associées, dans le tableau IV, à une même tension nominale de tenue aux chocs de manœuvre ont été choisies d'après les considérations suivantes

- a)* Pour les matériels protégés par des parafoudres, les deux valeurs les plus faibles des tensions de tenue aux chocs de foudre sont utilisables. Elles ont été choisies en tenant compte du rapport entre les niveaux de protection aux surtensions de foudre et de manœuvre que l'on peut habituellement obtenir avec les parafoudres, et en ajoutant des marges appropriées qui peuvent être, en particulier, nécessaires pour tenir compte de l'effet sur le niveau de protection obtenu, de la distance entre le parafoudre et le matériel protégé, effet plus grand pour les surtensions de foudre que pour les surtensions de manœuvre
- b)* Pour les matériels non protégés par parafoudre (ou non efficacement protégés), seule la valeur la plus élevée des tensions de tenue aux chocs de foudre devra être utilisée. Ces valeurs les plus élevées sont basées sur le rapport naturel entre les tensions de tenue aux chocs de foudre et de manœuvre de l'isolation externe de l'appareillage (par exemple disjoncteurs, sectionneurs, transformateurs de mesure, etc.) Elles ont été choisies pour que le dimensionnement de l'isolation soit principalement déterminé par la capacité de l'isolation externe à supporter les tensions d'essais aux chocs de manœuvre
- c)* Dans certains cas extrêmes, il faut prévoir une valeur plus élevée de la tenue aux chocs de foudre, valeur qui devra être obligatoirement choisie dans la série des valeurs normalisées donnée au point *b)* de l'article 46