

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 71 3

Première édition — First edition

1982

DEUXIÈME IMPRESSION 1989

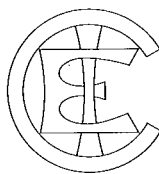
SECOND IMPRESSION 1989

Coordination de l'isolement

Troisième partie Coordination de l'isolement entre phases
Principes, règles et guide d'application

Insulation co-ordination

Part 3 Phase-to-phase insulation co-ordination
Principles, rules and application guide



© CEI 1982

Droits de reproduction réservés — Copyright all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

3, 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**
- **Annuaire de la CEI**
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), 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 VEI peuvent être obtenus sur demande

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, symboles littéraux et signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 117 de la CEI: Symboles graphiques recommandés

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 117 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication

Publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui énumère les publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication

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**
- **IEC Yearbook**
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (IEV) 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 IEV will be supplied on request

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 117: Recommended graphical symbols

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 117, or have been specifically approved for the purpose of this publication

IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the inside of the back cover, which lists other IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC STANDARD

Publication 713

Première édition — First edition

1982

DEUXIÈME IMPRESSION 1989

SECOND IMPRESSION 1989

Coordination de l'isolement

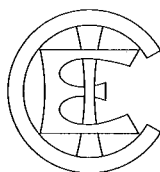
Troisième partie Coordination de l'isolement entre phases
Principes, règles et guide d'application

Insulation co-ordination

Part 3 Phase-to-phase insulation co-ordination
Principles, rules and application guide

Mots clés: coordination d'isolement des systèmes triphasés;
guide d'application

Key words: insulation co-ordination of three
phase systems; application guide



© CEI 1982

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

3, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS	
SECTION UN – DOMAINE D'APPLICATION ET OBJET	
Articles	
1 Domaine d'application	6
2 Objet	6
SECTION DEUX – DÉFINITIONS	
SECTION TROIS – PRINCIPES DE BASE	
3 Gammes des tensions les plus élevées pour le matériel	6
4 Choix des essais diélectriques	8
CHAPITRE II: NIVEAUX D'ISOLEMENT ENTRE PHASES NORMALISÉS POUR LE MATÉRIEL DE LA GAMME A	
5 Indications générales	10
6 Niveaux d'isolement entre phases normalisés	10
CHAPITRE III: NIVEAUX D'ISOLEMENT ENTRE PHASES NORMALISÉS POUR LE MATÉRIEL DE LA GAMME B	
7 Indications générales	14
8 Niveaux d'isolement entre phases normalisés	14
CHAPITRE IV: NIVEAUX D'ISOLEMENT ENTRE PHASES NORMALISÉS POUR LE MATÉRIEL DE LA GAMME C	
9 Indications générales	18
10 Niveaux d'isolement entre phases normalisés	18
11 Niveaux d'isolement à fréquence industrielle	20
CHAPITRE V CONDITIONS GÉNÉRALES D'ESSAI	
12 Généralités	22
13 Essais au choc de foudre et essais de courte durée à fréquence industrielle pour l'isolation entre phases	22
14 Essais au choc de manœuvre pour l'isolation entre phases	22
ANNEXE A – Guide d'application	26

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
CHAPTER I: GENERAL	
SECTION ONE — SCOPE AND OBJECT	
Clause	
1 Scope	7
2 Object	7
SECTION TWO — DEFINITIONS	
SECTION THREE — BASIC PRINCIPLES	
3 Ranges of highest voltages for equipment	7
4 Selection of the dielectric tests	9
CHAPTER II: STANDARD PHASE-TO-PHASE INSULATION LEVELS FOR EQUIPMENT IN RANGE A	
5 General indications	11
6 Standard phase-to-phase insulation levels	11
CHAPTER III: STANDARD PHASE-TO-PHASE INSULATION LEVELS FOR EQUIPMENT IN RANGE B	
7 General indications	15
8 Standard phase-to-phase insulation levels	15
CHAPTER IV: STANDARD PHASE-TO-PHASE INSULATION LEVELS FOR EQUIPMENT IN RANGE C	
9 General indications	19
10 Standard phase-to-phase insulation levels	19
11 Power-frequency insulation levels	21
CHAPTER V: GENERAL TESTING PROCEDURE	
12 General	23
13 Lightning impulse and short duration power-frequency tests for phase-to-phase insulation	23
14 Switching impulse tests for phase-to-phase insulation	23
APPENDIX A — Application guide	27

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COORDINATION DE L'ISOLEMENT

Troisième partie: Coordination de l'isolement entre phases
Principes, règles et guide d'application

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI 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 CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes n° 28 de la CEI: Coordination de l'isolement

Elle constitue la troisième partie de la Publication 71 de la CEI: Coordination de l'isolement. Elle traite de la coordination entre phases et complète les principes et règles précisés par la Publication 71-1 de la CEI, ainsi que le Guide d'application proposé par la Publication 71-2 de la CEI.

A la différence des Publications 71-1 et 71-2 de la CEI, qui concernaient un domaine ayant fait l'objet d'études s'étendant sur une longue période, la présente publication traite de questions dont l'exploration est relativement nouvelle et pour lesquelles les connaissances sont d'acquisition plus récente.

La décision de préparer des normes pour la coordination de l'isolement entre phases fut prise lors de la réunion tenue à Athènes en 1972.

Des projets furent discutés lors des réunions tenues à Nice en 1976 et à Florence en 1978. A la suite de cette dernière réunion le projet, document 28(Bureau Central)51, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juillet 1979.

Des modifications, document 28(Bureau Central)52, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en juin 1980.

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

Afrique du Sud	Bulgarie	Pologne
(République d')	Egypte	Suisse
Allemagne	Finlande	Tchécoslovaquie
Australie	France	Turquie
Autriche	Japon	Union des Républiques
Belgique	Norvège	Socialistes Soviétiques
Brésil	Pays-Bas	

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme

- Publications n°s:
- 38: Tensions normales de la CEI
 - 60: Techniques des essais à haute tension
 - 60-1: Première partie: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais
 - 60-2: Deuxième partie: Modalités d'essais
 - 71: Coordination de l'isolement
 - 71-1: Première partie: Termes, définitions, principes et règles
 - 71-2: Deuxième partie: Guide d'application
 - 664: Coordination de l'isolement dans les systèmes (réseaux) à basse tension y compris les distances d'isolement dans l'air et les lignes de fuite des matériels

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INSULATION CO-ORDINATION

Part 3: Phase-to-phase insulation co-ordination
Principles, rules and application guide

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 standard has been prepared by IEC Technical Committee No 28: Insulation Co-ordination

It constitutes the third part of IEC Publication 71: Insulation Co-ordination. It deals with phase-to-phase insulation co-ordination and completes the principles and rules given by IEC Publication 71-1 and the Application Guide proposed by IEC Publication 71-2

Contrary to IEC Publications 71-1 and 71-2 which concerned a subject studied for a long time, this publication deals with problems more recently approached and for which knowledge was acquired lately

The decision of preparing standards for phase-to-phase insulation co-ordination was taken at the meeting held in Athens in 1972

Drafts were discussed at the meetings held in Nice in 1976 and in Florence in 1978. As a result of this meeting, a draft, Document 28(Central Office)51, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in July 1979

Amendments, Document 28(Central Office)52, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in June 1980

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Finland	Poland
Austria	France	South Africa (Republic of)
Belgium	Germany	Switzerland
Brazil	Japan	Turkey
Bulgaria	Netherlands	Union of Soviet
Czechoslovakia	Norway	Socialist Republics
Egypt		

Other IEC publications quoted in this standard

Publications Nos	38:	IEC Standard Voltages
	60:	High-voltage Test Techniques
	60-1:	Part 1: General Definitions and Test Requirements
	60-2:	Part 2: Test Procedures
	71:	Insulation Co-ordination
	71-1:	Part 1: Terms, Definitions, Principles and Rules
	71-2:	Part 2: Application Guide
	664:	Insulation Co-ordination within Low-voltage Systems Including Clearances and Creepage Distances for Equipment

COORDINATION DE L'ISOLEMENT

Troisième partie: Coordination de l'isolement entre phases Principes, règles et guide d'application

CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS

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. Elle ne s'applique pas aux matériels comportant des cloisons métalliques entre phases. Elle constitue la troisième partie de la Publication 71 de la CEI: Coordination de l'isolement, et concerne l'isolement entre phases.

2 Objet

Cette norme a pour objet la spécification de l'isolement entre phases des différents matériels utilisés dans les réseaux électriques. Il appartient à chaque comité d'appareil de spécifier le niveau d'isolement et les méthodes d'essai applicables au matériel dont il traite en s'appuyant sur les recommandations données ci-dessous. Pour les essais prévus dans la présente norme, les valeurs des tensions de tenue assignées* devront être choisies parmi les niveaux d'isolement normalisés spécifiés dans cette norme.

SECTION DEUX – DÉFINITIONS

On se reportera à toutes les définitions données dans la section deux de la Publication 71-1 de la CEI, Première partie. Termes, définitions, principes et règles, qui sont valables pour la coordination de l'isolement entre phases.

SECTION TROIS – PRINCIPES DE BASE

3 Gammes des tensions les plus élevées pour le matériel

Conformément à la Publication 71-1 de la CEI, les valeurs normalisées des tensions les plus élevées pour le matériel sont classées en trois gammes:

- 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

* Bien que les Publications 71-2 et 71-3 de la CEI utilisent les termes «nominal» en français et «rated» en anglais, la présente publication se conforme à l'usage en vigueur actuellement à la CEI et emploie les termes «assigné» et «rated».

INSULATION CO-ORDINATION

Part 3: Phase-to-phase insulation co-ordination Principles, rules and application guide

CHAPTER I: GENERAL

SECTION ONE – SCOPE AND OBJECT

1 Scope

This standard applies to equipment for three-phase a.c. systems, with a highest voltage for equipment above 1 kV. It does not apply to equipment on which the different phases are separated by metal barriers. As Part 3 of IEC Publication 71-1, Insulation Co-ordination, it covers phase-to-phase insulation.

2 Object

The object of this standard is the specification of phase-to-phase insulation of the equipment used in electric power systems. Each apparatus committee is responsible for specifying the insulation level and test procedures suitable for its equipment, recognizing the recommendations given in this standard. For the tests prescribed in this standard, the values of the rated withstand voltages shall be chosen from the standardized insulation levels specified in this standard.

SECTION TWO – DEFINITIONS

Reference is made to those definitions of Section Two of IEC Publication 71-1, Part 1: Terms, Definitions, Principles and Rules, which are applicable to phase-to-phase insulation co-ordination.

SECTION THREE – BASIC PRINCIPLES

3 Ranges of highest voltages for equipment

In accordance with IEC Publication 71-1, the standard values for 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

4 Choix des essais diélectriques

Les essais diélectriques sont choisis de façon appropriée pour chaque combinaison de type d'isolation et de gamme de tension. Les trois types d'isolation sont :

- isolation externe dans l'air;
- isolation externe comportant des isolateurs;
- isolation interne

Pour le choix des essais diélectriques, on se référera aux critères suivants :

Gammes A et B

Le comportement à la tension de service à fréquence industrielle et aux surtensions temporaires est vérifié par un essai entre phases à fréquence industrielle de courte durée. Le comportement aux surtensions de manœuvre est vérifié par un essai au choc de foudre entre phases et un essai à fréquence industrielle de courte durée entre phases. Le comportement aux surtensions de foudre est vérifié par un essai au choc de foudre entre phases.

Les conditions d'essais sont décrites à l'article 13 de la présente norme.

Il peut parfois être nécessaire d'évaluer l'influence de la pollution sur une isolation externe comportant des isolateurs par un essai particulier à fréquence industrielle. Il appartient aux comités d'appareils concernés de spécifier la conduite de l'essai et le niveau de tension.

Gamme C

Dans cette gamme de tensions, le comportement de l'isolation est vérifié par un essai au choc de manœuvre effectué entre phases, qui est décrit à l'article 14. Si, pour des raisons particulières, un essai entre phases au choc de foudre ou à fréquence industrielle est souhaitable pour certains types d'isolation, il doit être spécifié par le comité d'appareil concerné.

Il peut parfois être nécessaire d'évaluer l'influence de la pollution sur une isolation externe comportant des isolateurs par un essai particulier à fréquence industrielle. Il appartient alors aux comités d'appareils concernés de spécifier la conduite de l'essai et le niveau de tension.

4 Selection of the dielectric tests

The dielectric tests are selected suitably for each combination of the insulation category and voltage range. The three categories of insulation are

- external air insulation,
- external insulation with insulators;
- internal insulation

For the selection of dielectric tests the following criteria apply:

Ranges A and B

The performance under power-frequency operating voltage and temporary overvoltages is checked by a short duration phase-to-phase power-frequency test. The performance under switching overvoltages is checked by phase-to-phase lightning-impulse and short duration power-frequency tests. The performance under lightning overvoltages is checked by a phase-to-phase lightning-impulse test.

The procedure for these tests is described in Clause 13 of this standard.

In some cases it may be necessary to assess the influence of contamination on external insulation with insulators by a special power-frequency test. The performance and voltage level of the test is to be specified by the relevant apparatus committees.

Range C

In this voltage range, the performance of insulation is verified by a phase-to-phase switching-impulse test which is described in Clause 14. If, for special reasons, a phase-to-phase lightning-impulse or power-frequency test is advisable for some kind of insulation, it should be specified by the relevant apparatus committee.

In some cases it may be necessary to assess the influence of contamination on external insulation with insulators by a special power-frequency test. The performance and voltage level of the test is to be specified by the relevant apparatus committees.

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

5 Indications générales

- 5 1 Le présent chapitre spécifie les niveaux d'isolement entre phases normalisés associés aux valeurs normalisées de la tension la plus élevée pour le matériel de la gamme A. Ces niveaux sont identiques à ceux qui sont donnés à l'article 42 de la Publication 71-1 de la CEI.
- 5 2 Deux séries de niveaux d'isolement normalisés sont données : la série I est fondée sur la pratique courante de la plupart des pays européens et de quelques autres pays, alors que la série II est fondée principalement sur la pratique des Etats-Unis d'Amérique. Il convient de n'utiliser qu'une seule de ces deux séries dans un même pays.

6 Niveaux d'isolement entre phases normalisés

Les niveaux d'isolement normalisés sont donnés au tableau I (série I) et au tableau II (série II). Le choix de l'essai à fréquence industrielle à sec et sous pluie se fera conformément à l'article 55 de la Publication 71-1 de la CEI.

On ne doit pas utiliser de valeurs intermédiaires.

TABLEAU I

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

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

1	2	3	4
Tension la plus élevée pour le matériel U_m (valeur efficace)	Tension assignée de tenue au choc de foudre (valeur de crête)		Tension assignée 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

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 neutre et le type de protection contre les surtensions. On trouvera des indications à l'article 42 de la Publication 71-1 de la CEI.

Note — Aucune valeur normalisée n'est indiquée pour $U_m = 40,5 \text{ kV}$ (voir Publication 38 de la CEI : Tensions normales de la CEI) puisque cette dernière valeur n'est pas mentionnée dans l'actuelle Publication 71-1 de la CEI. Elle sera introduite dans une édition ultérieure.

CHAPTER II: STANDARD PHASE-TO-PHASE INSULATION LEVELS FOR EQUIPMENT IN RANGE A

5 General indications

- 5.1 This chapter specifies standard phase-to-phase insulation levels associated with standard values of the highest voltage for equipment in range A. These levels are identical with those given in Clause 42 of IEC Publication 71-1.
- 5.2 Two series of standard insulation levels are given. Series I is based on practice in most European and several other countries, while Series II is primarily based on the practice in the United States of America. One only of these two series should be used in any one country.

6 Standard phase-to-phase insulation levels

The standard insulation levels are given in Table I (Series I) and Table II (Series II). The choice of the power-frequency dry and wet test shall be made in accordance with Clause 55 of IEC Publication 71-1.

Intermediate values shall not be employed.

TABLE I

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

Series I (based on current practice in most European and several other countries)

1	2	3	4
Highest voltage for equipment U_m (r.m.s.)	Rated lightning impulse withstand voltage (peak)		Rated short duration power-frequency withstand voltage (r.m.s.)
(kV)	List 1 (kV)	List 2 (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

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 the type of the overvoltage protection. Some guidance is given in Clause 42 of IEC Publication 71-1.

Note – No rated values are indicated for $U_m = 40.5 \text{ kV}$ (see IEC Publication 38: IEC Standard Voltages) since this value of U_m is not included in the present Publication 71-1. It will be considered in a future edition.

TABLEAU II

*Niveaux d'isolement entre phases normalisés pour $1 \text{ kV} < U_m < 52 \text{ kV}$
Série II (fondée principalement sur la pratique courante aux Etats-Unis d'Amérique)*

1	2	3	4
Tension la plus élevée pour le matériel U_m (valeur efficace)	Tension assignée de tenue au choc de foudre (valeur de crête)		Tension assignée de tenue de courte durée à 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	60 95	75 110	19 34
26,4 36,5	150 200		50 70

Note – Les valeurs de ce tableau sont en cours de révision et seront modifiées dans une édition ultérieure

TABLE II

*Standard phase-to-phase insulation levels for $1 \text{ kV} < U_m < 52 \text{ kV}$
Series II (primarily based on current practice in the United States of America)*

1	2	3	4
Highest voltage for equipment U_m (1 m s)	Rated lightning impulse withstand voltage (peak)		Rated short duration power-frequency withstand voltage (1 m s)
	500 kVA and below	Above 500 kVA	
(kV)	(kV)	(kV)	(kV)
4 40 13 20 13 97 14 52	60 95	75 110	19 34
26 4 36 5	150 200		50 70

Note – The figures of this table are under revision and will be changed in a future edition

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

7 Indications générales

- 7.1 Le présent chapitre spécifie les niveaux d'isolement entre phases associés aux valeurs normalisées de la tension la plus élevée pour le matériel de la gamme B
- 7.2 Les composantes des niveaux d'isolement, à savoir: tension assignée de tenue au choc de foudre et tension assignée de tenue de courte durée à fréquence industrielle sont choisies parmi celles qui sont données à l'article 44 de la Publication 71-1 de la CEI

8 Niveaux d'isolement entre phases normalisés

Les niveaux d'isolement normalisés sont donnés au tableau III. Le choix de l'essai à fréquence industrielle à sec et sous pluie se fera conformément à l'article 55 de la Publication 71-1 de la CEI

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

On ne doit pas utiliser de valeurs intermédiaires

CHAPTER III: STANDARD PHASE-TO-PHASE INSULATION LEVELS FOR EQUIPMENT IN RANGE B

7 General indications

- 7.1 This chapter specifies phase-to-phase insulation levels associated with standard values of the highest voltage for equipment in range B
- 7.2 The components of insulation levels, i.e. rated lightning impulse and rated short duration power-frequency withstand voltages are selected from those given in Clause 44 of IEC Publication 71-1

8 Standard phase-to-phase insulation levels

The standard insulation levels are given in Table III. The choice of the power-frequency dry and wet test shall be made in accordance with Clause 55 of IEC Publication 71-1.

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.

TABLEAU III

Niveaux d'isolement entre phases 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 p.u. $U_m \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$ (valeur de crête)	Tension assignée de tenue au choc de foudre (valeur de crête)	Tension assignée 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
		550	230
145	118	(450)*	(230)*
		550	230
		650	275
170	139	(550)*	(275)*
		650	275
		750	325
245	200	(650)*	(360)*
		(750)*	(360)*
		850	360
		950	395
		1050	460

Note

* Une étude complète de réseaux caractéristiques a été faite pour rechercher si les niveaux d'isolement entre phase et terre donnés dans la Publication 71-1 de la CEI peuvent également être utilisés pour l'isolement entre phases.

Les résultats montrent que les valeurs des tensions à fréquence industrielle entre phase et terre données dans la Publication 71-1 de la CEI sont, dans quelques cas, mal adaptées pour garantir la tenue aux surtensions de manœuvre ou aux surtensions temporaires entre phases. Elles peuvent, cependant, s'utiliser lorsqu'une étude détaillée d'un réseau particulier a mis en évidence que ces surtensions y sont inhabituellement basses.

Les valeurs des tensions à fréquence industrielle données entre parenthèses au tableau III sont les plus faibles qui puissent être recommandées. Les valeurs les plus basses associées à chaque tension la plus élevée pour le matériel sont voisines d'une surtension temporaire de 1,5 p.u. et leur application suppose que l'on a au préalable vérifié les surtensions temporaires et les surtensions de manœuvre susceptibles d'apparaître sur le réseau considéré.

Les valeurs des tensions de tenue au choc de foudre données entre parenthèses ne sont pas recommandées pour une utilisation générale, mais elles peuvent s'employer là où la protection phase-terre contre les chocs de foudre est correctement assurée et lorsque la réduction présente un intérêt économique. Dans ce cas, une combinaison de la tension de tenue au choc de foudre et de la tension de tenue de courte durée à fréquence industrielle différente de celles du tableau III peut être retenue.

Dans tous les cas, il est recommandé de vérifier simultanément le comportement entre phases et entre phase et terre à l'aide d'un seul groupe d'essais. Toutefois, lorsque l'on utilise des niveaux de tenue au choc de foudre phase-terre inférieurs aux niveaux entre phases, il appartient aux comités d'appareils de spécifier la combinaison des niveaux d'essais phase-terre et entre phases ainsi que la procédure d'essai.

TABLE III

Standard phase-to-phase 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 short duration power frequency withstand voltage (1 m s)
(kV)	(kV)	(kV)	(kV)
52	42.5	250	95
72.5	59	325	140
123	100	450 550	185 230
145	118	(450) ⁱ 550 650	(230) ⁱ 230 275
170	139	(550) ⁱ 650 750	(275) [*] 275 325
245	200	(650) ⁱ (750) ⁱ 850 950 1 050	(360) [*] (360) [*] 360 395 460

Note

* An extensive study of typical systems has been made to establish whether the phase-to-earth insulation levels of IEC Publication 71-1 can also be employed for phase-to-phase conditions

The results show that the values of phase-to-earth power frequency levels given in IEC Publication 71-1 are, in some cases, inadequate to ensure withstand of phase-to-phase switching overvoltages or phase-to-phase temporary overvoltages. They may, however, be used where a detailed study of a particular system shows that these overvoltages are unusually low.

The values of the power frequency levels shown in brackets in Table III are the lowest that can be recommended. The lowest values associated with each highest voltage for equipment are close to a temporary overvoltage of 1.5 p.u., and their application presumes a check of the temporary and switching overvoltages in the system.

The values of lightning impulse withstand voltages shown in brackets are not recommended for general use but may be employed where the appropriate lightning overvoltage protection to earth is provided and the reduction confers an economic advantage. In this case, combination of lightning impulse and short duration power frequency withstand voltages other than that indicated in Table III may be applied.

In any case, it is recommended that both phase-to-phase and phase-to-earth performances are checked simultaneously by a single set of tests. Where lower lightning impulse withstand levels to earth than phase-to-phase are applied, however, the relevant apparatus committees shall specify the combination of phase-to-earth and phase-to-phase test levels, including the test procedure.

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

9 Indications générales

- 9.1 Le présent chapitre spécifie les niveaux d'isolement au choc de manœuvre pour l'isolation entre phases, associés aux valeurs normalisées de la tension la plus élevée pour le matériel de la gamme C. Lorsque, à cause de la conception du réseau ou des méthodes retenues pour maîtriser les surtensions de manœuvre, des combinaisons différentes de celles qui sont données au tableau IV se justifient techniquement et économiquement, les valeurs doivent être choisies dans la série donnée au point *b*) de l'article 46 de la Publication 71-1 de la CEI.
- 9.2 On a calculé les tensions de tenue assignées au choc de manœuvre entre phases à partir des tensions de tenue assignées au choc de manœuvre entre phase et terre en s'appuyant sur le paragraphe A1.3.

10 Niveaux d'isolement entre phases normalisés

Le tableau IV donne la liste des combinaisons recommandées des tensions les plus élevées pour le matériel et des tensions de tenue assignées au choc de manœuvre pour l'isolation entre phase et terre et pour l'isolation entre phases.

Pour simuler les contraintes qui apparaissent dans le réseau, l'essai au choc de manœuvre pour l'isolation entre phases se fait en utilisant deux composantes de tension de polarités opposées. Il convient d'appliquer les deux composantes simultanément, la négative sur une phase, la positive sur une autre (voir chapitre V).

Pour l'essai des isolations externes, les amplitudes des deux composantes doivent être identiques et égales à la moitié de la valeur du niveau d'isolement au choc de manœuvre entre phases normalisé (voir paragraphe A1.3).

Pour l'essai des isolations internes, les amplitudes des deux composantes peuvent être spécifiées par les comités d'appareils, à condition que la somme des deux composantes ait une valeur choisie parmi les niveaux d'isolement normalisés spécifiés dans cette norme.

Note — Le choix des deux composantes est influencé par le type d'isolation interne utilisé et par la nature de l'appareil (par exemple transformateurs dont les phases sont couplées magnétiquement).

Les essais au choc de foudre ne sont normalement pas exigés pour l'isolation entre phases dans la gamme C. Toutefois, il convient de tenir compte des remarques de l'article 4 dans certains cas particuliers.

CHAPTER IV: STANDARD PHASE-TO-PHASE INSULATION LEVELS FOR EQUIPMENT IN RANGE C

9 General indications

- 9.1 This chapter specifies phase-to-phase switching impulse insulation levels associated with standard values of the highest voltage for equipment in range C. When, due to the design of the system or the methods chosen for the control of switching overvoltages, combinations other than those given in Table IV are technically and economically justifiable the values shall be selected from the series given in Item *b*) of Clause 46 of IEC Publication 71-1.
- 9.2 The rated switching impulse withstand voltages for phase-to-phase insulation have been calculated on the basis of the rated switching impulse withstand voltages to earth and in accordance with Sub-clause A1.3.

10 Standard phase-to-phase insulation levels

Table IV lists the recommended combinations of the highest voltages for equipment and the rated switching impulse withstand voltages for phase-to-earth and phase-to-phase insulation.

To simulate the stress situation in the network, the switching impulse test for phase-to-phase insulation is made by using two voltage components having opposite polarities. Both components shall be applied simultaneously, the negative one on one phase, the positive one on the other phase (see Chapter V).

For the test of external insulation, the amplitudes of both components shall be equal and half the value of the standard switching impulse insulation level for phase-to-phase insulation (see Sub-clause A1.3).

For the test of internal insulation of apparatus, the amplitudes of the two components may be specified by the relevant apparatus committees, provided that the sum of the two components shall be chosen from the standardized insulation levels specified in this standard.

Note — The choice of the two components is influenced by the kind of internal insulation used and by the type of apparatus (e.g. transformers with magnetically coupled phases).

Lightning impulse tests for phase-to-phase insulation are normally not required in range C. However, the remarks in Clause 4 should be considered for special cases.

TABLEAU IV

Niveaux d'isolement entre phases normalisés pour $U_m \geq 300$ kV

1	2	3	4	5	6
Tension la plus élevée pour le matériel	Base des valeurs en pour un (p u)	Tension assignée de tenue au choc de manœuvre entre phase et terre		Tension assignée de tenue au choc de manœuvre entre phases	
U_m	$U_m \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$				
(valeur efficace)	(valeur de crête)	(valeur de crête)		(valeur de crête)	
(kV)	(kV)	(kV)	(p u)	(kV)	(p u)
300	245	750 850	3,06 3,47	1175 1300	4,80 5,31
362	296	850 950	2,86 3,21	1300 1425	4,39 4,81
420	343	950 1050	2,76 3,06	1425 1550	4,15 4,52
525	429	1050 1175	2,45 2,74	1675 1800	3,90 4,20
765	625	1300 1425 1550	2,08 2,28 2,48	2250 2400 2550	3,60 3,84 4,08

11 Niveaux d'isolement à fréquence industrielle

Des essais à fréquence industrielle peuvent être exigés pour vérifier le comportement de l'isolation en service normal et aux surtensions temporaires conformément à l'énoncé de l'article 39 de la Publication 71-1 de la CEI. Les surtensions temporaires entre phases sont alors supposées ne pas dépasser $1,5 U_m$ dans les cas usuels et ne pas durer plus de 1 s à chaque fois qu'elles se produisent. Les essais et les conditions d'essais seront spécifiés par les comités d'appareils.

TABLE IV

Standard phase-to-phase insulation levels for $U_m \geq 300$ 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 to earth (peak)		Rated switching- impulse withstand voltage phase-to-phase (peak)	
(kV)	(kV)	(kV)	(p u)	(kV)	(p u)
300	245	750 850	3 06 3 47	1 175 1 300	4 80 5 31
362	296	850 950	2 86 3 21	1 300 1 425	4 39 4 81
420	343	950 1 050	2 76 3 06	1 425 1 550	4 15 4 52
525	429	1 050 1 175	2 45 2 74	1 675 1 800	3 90 4 20
765	625	1 300 1 425 1 550	2 08 2 28 2 48	2 250 2 400 2 550	3 60 3 84 4 08

11 Power-frequency insulation levels

Power-frequency tests may be required to check the performance of the insulation in normal service and under temporary overvoltages as described in Clause 39 of IEC Publication 71-1. The temporary phase-to-phase overvoltages should then be assumed not to exceed $1.5 U_m$ under normal circumstances and their duration will not exceed 1 s on each occasion that they occur. Tests and test conditions should be specified by the relevant apparatus committees.

CHAPITRE V: CONDITIONS GÉNÉRALES D'ESSAIS

12 Généralités

On se référera aux conditions générales d'essais décrites aux articles 50 à 55 de la Publication 71-1 de la CEI et aux articles correspondants des Publications 60-1 de la CEI : Techniques des essais à haute tension, Première partie Définitions et prescriptions générales relatives aux essais, et 60-2 de la CEI, Deuxième partie: Modalités d'essais. Pour l'isolation externe, les essais se font à sec. Si, toutefois, des isolateurs placés entre phases font partie de l'isolation externe pour matériel d'extérieur, on examinera s'il y a lieu d'effectuer sous pluie les essais à fréquence industrielle et aux surtensions de manœuvre.

13 Essais au choc de foudre et essais de courte durée à fréquence industrielle pour l'isolation entre phases

Ces essais concernent principalement les gammes A et B.

Si l'isolation externe doit être essayée entre phases, le choc de foudre ou la tension à fréquence industrielle est appliqué sur une phase, les phases voisines étant reliées à la terre. Les essais entre phases sur le matériel sont en principe effectués ainsi. Toutefois, des recommandations particulières peuvent être édictées par les comités d'appareils concernés.

Le choc de foudre normalisé a une durée de front de $1,2 \mu\text{s}$ et une durée jusqu'à mi-amplitude de $50 \mu\text{s}$ comme il est spécifié dans la Publication 60-2 de la CEI.

14 Essais au choc de manœuvre pour l'isolation entre phases

Ces essais concernent la gamme C.

Le choc de manœuvre normalisé a une durée jusqu'à la crête de $250 \mu\text{s}$ et une durée jusqu'à la mi-valeur de $2500 \mu\text{s}$, comme il est spécifié dans la Publication 60-2 de la CEI. Les comités d'appareils peuvent spécifier une forme de choc d'essai différente lorsqu'il est établi qu'il le faut pour déterminer la plus faible valeur de tenue d'un appareil particulier ou lorsqu'on ne peut obtenir la forme de choc normalisée sur un objet particulier.

L'essai sera exécuté à l'aide de deux générateurs de chocs de manœuvre délivrant deux composantes de tension dont les crêtes seront simultanées et dont les amplitudes auront les valeurs spécifiées à l'article 10, la composante positive étant appliquée à une phase, la négative à une autre phase.

Pour l'isolation externe, la composante positive aura toujours une durée jusqu'à la crête de $250 \mu\text{s}$, comme il est spécifié dans la Publication 60-2 de la CEI. Cette prescription est la même que celle des essais phase-terre. La durée jusqu'à la crête de la composante négative a une influence négligeable; elle doit, toutefois, être au moins égale à celle de la composante positive. Cependant, à titre de variante, on peut produire la composante négative du choc de manœuvre à l'aide d'un transformateur excité par un choc. Si le temps jusqu'à la crête de la composante négative est supérieur à celui de la composante positive, cette dernière peut provoquer une déformation visible (chute de tension) sur la composante négative à cause du couplage capacitif. Cette chute de tension ne doit pas dépasser 20% de la valeur de crête présumée de la composante négative. La tension de la composante négative à l'instant de la crête de la tension positive doit être effectivement égale à la valeur prescrite.

La disposition adoptée pour l'essai phase-terre et entre phases doit être représentative des conditions de service. L'essai doit être effectué sur un couple ou plus de phases adjacentes, cela en fonction du degré d'asymétrie géométrique de l'arrangement triphasé effectif. Si la troisième phase existe dans la disposition soumise à l'essai, elle doit être mise à la terre.

CHAPTER V: GENERAL TESTING PROCEDURE

12 General

Reference is made to the recommendations given in Clauses 50 to 55 of IEC Publication 71-1, and to the relevant clauses in IEC Publication 60-1 High-voltage Test Techniques, Part 1: General Definitions and Test Requirements, and IEC Publication 60-2, Part 2: Test Procedures. For external insulation, the tests are made under dry conditions. If, however, insulators between phases are involved in outdoor external insulation, wet tests should be taken into consideration for power-frequency and switching-impulse tests.

13 Lightning impulse and short duration power-frequency tests for phase-to-phase insulation

These tests are applicable mainly in the ranges A and B.

If the external insulation is to be tested between phases, the lightning impulse voltage or the short duration power-frequency is applied to one phase while adjacent phases are earthed. Phase-to-phase tests on apparatus conform in principle to this method. Special recommendations may, however, be defined by the relevant apparatus committees.

The standard lightning impulse has a front time of 1.2 μs and a time-to-half-value of 50 μs as specified in IEC Publication 60-2.

14 Switching impulse tests for phase-to-phase insulation

These tests apply to range C.

The standard switching impulse voltage has a time-to-peak of 250 μs and a time-to-half value of 2500 μs as specified in IEC Publication 60-2. The apparatus committee may specify a different test-impulse shape where it is shown that this is necessary to establish the lowest withstand of a particular apparatus, or where the standard impulse shape cannot be obtained for a particular test object.

The test shall be performed with two switching impulse generators producing two voltage components with simultaneous peaks the values of which are specified in Clause 10, using the positive component at one phase and the negative component at the other.

For external insulation, the applied positive components should always have a time-to-peak of 250 μs , as specified in IEC Publication 60-2. This is the same as for phase-to-earth tests. The time-to-peak of the negative component has a negligible influence; it must, however, be equal to or longer than that of the positive component. Therefore, as an alternative, the negative switching impulse component can be generated by an impulse-excited transformer. If the time-to-peak of the negative component is longer than that of the positive one, the positive component may cause a visible distortion (voltage drop) on the negative component due to capacitive coupling. This voltage drop shall not exceed 20% of the prospective peak value of the negative component. At the instant of the positive component peak, the actual voltage of the negative component should be equal to the required value.

The arrangement for the phase-to-earth and phase-to-phase test shall be representative of the service conditions. The test shall be performed on one or more pairs of adjacent phases depending on the degree of geometric asymmetry of the actual three-phase arrangement. If the third phase is present in the test arrangement it should be earthed.

Pendant l'essai d'un quelconque couple de phases, la composante positive de tension doit être appliquée successivement à l'une et l'autre phase, de façon à tenir compte de la tenue diélectrique la plus faible, à moins qu'il ne soit évident qu'un seul essai suffise

La procédure d'essai concerne seulement l'isolation entre phases, elle ne remplace pas les essais phase-terre

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60071-3:1982

During testing of any pair of adjacent phases, the positive voltage component shall be applied successively to both phases in order to take into account the lowest dielectric strength, unless it is evident that one test is sufficient

The testing procedure refers to phase-to-phase insulation only and is not a substitute for phase-to-earth tests

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60071-3:1982

ANNEXE A

GUIDE D'APPLICATION

(Adjonction à la Publication 71-2 de la CEI)

A1 Contraintes de tension en service

On peut classer ainsi les contraintes diélectriques sur l'isolation entre phases:

- tension à fréquence industrielle, dans les conditions normales d'exploitation;
- surtensions temporaires;
- surtensions de manœuvre,
- surtensions de foudre

A1 1 Tension à fréquence industrielle

Dans les conditions normales de service, la tension à fréquence industrielle entre phases ne dépasse pas la tension la plus élevée U_m pour le matériel. C'est pourquoi on a choisi U_m comme valeur de référence pour ce qui est relatif à la coordination de l'isolement.

A1 2 Surtensions temporaires

Les causes des surtensions temporaires entre phases sont les mêmes que celles des surtensions temporaires entre phase et terre décrites à l'article 5 de la Publication 71-2 de la CEI à l'exception des défauts à la terre qui, normalement, ne causent pas de surtensions temporaires entre phases appréciables (surtensions inférieures à $1,2 U_m$).

Le comportement de l'isolation soumise aux surtensions temporaires qui sont normalement de courte durée (généralement moins de 1 s) est vérifié par l'essai à fréquence industrielle effectué aux tensions d'essai indiquées aux tableaux I, II et III pour les gammes A et B, ou spécifiées par les comités d'appareils dans certains cas pour la gamme C.

A1 3 Surtensions de manœuvre

L'isolation externe entre phases se détermine en considérant les contraintes réelles dues aux manœuvres, aux défauts et à d'autres causes, le comportement de l'isolation lorsqu'elle est soumise à ces contraintes et le risque de défaut accepté.

A1 3 1 Contraintes de surtensions

La surtension entre deux phases résulte de deux surtensions par rapport à la terre, en général de polarités opposées. L'expérience montre que diverses combinaisons de ces surtensions peuvent se produire. Néanmoins, la surtension entre phases sur un système triphasé peut être caractérisée par deux situations:

- Situation 1: lorsque la crête de la plus grande des surtensions phase-terre est atteinte sur l'une quelconque des trois phases du système
- Situation 2: lorsque la crête de la plus grande des surtensions entre phases est atteinte entre deux quelconques des phases

APPENDIX A

APPLICATION GUIDE

*(Addition to IEC Publication 71-2)***A1 Voltage stresses in services**

The dielectric stresses on phase-to-phase insulation may be classified as follows

- power-frequency voltage under normal operating conditions,
- temporary overvoltages;
- switching overvoltages,
- lightning overvoltages

A1 1 Power-frequency voltage

Under normal operating conditions, the power-frequency voltage between phases will be not greater than the highest voltage for equipment U_m . Therefore, U_m has been taken as a reference value for insulation co-ordination purposes

A1 2 Temporary overvoltages

The causes of phase-to-phase temporary overvoltages are the same as those of the phase-to-earth temporary overvoltages described in Clause 5 of IEC Publication 71-2, except for earth faults which, normally, do not create significant temporary phase-to-phase overvoltages (less than 1.2 U_m)

The insulation performance under temporary overvoltages, which are normally of short duration (generally less than 1 s), is verified by the power-frequency test at voltage levels indicated in Tables I, II and III for the ranges A and B or specified in certain cases by the relevant apparatus committees for range C

A1 3 Switching overvoltages

External phase-to-phase insulation is determined by considering the actual stresses due to switching operations, faults and other causes, the behaviour of the insulation when subjected to these stresses and the accepted risk of failure

A1 3 1 Overvoltage stresses

The overvoltage between two phases results from two overvoltages to earth, generally having opposite polarities. Experience shows that various combinations of these overvoltages can occur. Nevertheless, the phase-to-phase overvoltage on a three-phase system may be characterized by two situations:

- Situation 1: when the peak of the highest phase-to-earth overvoltage is reached on any phase of the three-phase system
- Situation 2: when the peak of the highest overvoltage between phases is attained for any two phases

C'est à partir de ces deux situations que l'on détermine les deux composantes phase-terre de la surtension entre phases. Par définition la surtension phase-terre est toujours plus grande en situation 1, alors qu'on doit noter que la valeur maximale de la surtension entre phases obtenue en situation 2 est plus grande que celle obtenue en situation 1.

Le rapport généralement constaté entre la surtension statistique entre phases (situation 2) et la surtension statistique phase-terre (composante la plus grande en situation 1) se situe dans l'intervalle 1,5 à 1,8, les valeurs les plus grandes se rencontrant pour les réseaux de tensions les plus élevées. Ces rapports sont à la base du choix des tensions assignées de tenue aux surtensions de manœuvre entre phases correspondant aux valeurs phase-terre.

A1 3 2 *Comportement de l'isolation*

Le comportement de toute isolation dépend de la distribution géométrique du champ et du type de diélectrique.

Pour les distances dans l'air, et pour une tension d'essai phase-phase totale donnée, la division entre composantes avec la composante positive la plus élevée possible sur une électrode (et la composante négative complémentaire sur l'autre) conduit à la condition la plus sévère.

Toutefois, on peut recourir à une division différente pour l'essai d'une isolation, à condition d'arriver à la même sévérité de l'essai en augmentant la tension d'essai totale entre phases. L'influence de la troisième phase est généralement petite et peut être négligée dans la plupart des cas.

Pour l'isolation interne, par exemple les transformateurs, il semble que la division des composantes soit sans importance. Pour d'autres types d'isolation tels que les installations blindées triphasées, isolées à l'hexafluorure de soufre, l'influence des composantes n'a pas encore fait l'objet d'investigations suffisantes.

A1 3 3 *Risque de défaut*

Pour évaluer le risque de défaut entre phases, on doit prendre en compte la division de la surtension entre phases en deux composantes phase-terre, la distribution statistique des surtensions maximales entre phases et la probabilité de claquage de l'isolation. On a effectué les calculs correspondants sur la base de données disponibles concernant les réseaux et les caractéristiques de tenue d'isolations externes représentatives. Les principaux résultats montrent que :

- les deux situations mentionnées au paragraphe A1 3 1 conduisent sensiblement au même risque de défaut;
- le risque de défaut entre phases est inférieur ou égal au risque de défaut entre phase et terre si l'isolation entre phase et terre est essayée conformément à la Publication 71-1 de la CEI et si l'isolation entre phases est essayée de la même façon en se conformant à la procédure d'essai donnée au paragraphe A1 3 4.

A1 3 4 *Procédure d'essai*

Pour arriver à la corrélation cherchée entre les risques de défaut entre phases et entre phase et terre, la tension de tenue de l'isolation doit être au moins égale aux tensions assignées de tenue au choc de manœuvre données au tableau IV de la présente norme. Pour satisfaire à cette condition, on applique l'une des procédures d'essai données aux articles 52, 53 et 54 de la Publication 71-1 de la CEI. Le nombre permis de décharges disruptives inclut toutes les décharges, entre phases et à la terre.

Parmi les différentes divisions possibles des composantes qui sont conformes au paragraphe A1 3 2, celle qui est préférée est celle pour laquelle les deux composantes ont la même amplitude ($U_{\text{neg}}/U_{\text{pos}} = 1$).

From these two situations, the two phase-to-earth components of the phase-to-phase overvoltage are determined. Whilst, by definition, the phase-to-earth overvoltage is always greater in situation 1, it should be noted that the maximum value of the phase-to-phase overvoltage obtained in situation 2 is greater than that obtained in situation 1.

The ratio usually observed between the statistical phase-to-phase overvoltage (situation 2) and the statistical phase-to-earth overvoltage (highest component of situation 1) lies in the range of 1.5 and 1.8, the values being greater for the higher system voltages. These ratios are the basis for the selection of the rated switching-impulse withstand voltages phase-to-phase with respect to the phase-to-earth values.

A1.3.2 *Insulation behaviour*

The behaviour of any insulation depends on the geometric field distribution and on the type of the dielectric material.

In the case of external clearances and for a given total phase-to-phase test voltage, the division into components using the highest possible positive component on one electrode (and the negative component on the other) is the most severe condition.

However, a different division may be used when testing the insulation provided that the same test severity is achieved by increasing the total phase-to-phase test voltage. The effect of the third phase voltage is generally small and can be neglected in most cases.

For internal insulation, for example transformers, it seems that the division of the components is of no importance. For other types of insulation, for example SF₆ insulated, three-phase enclosed installations, the influence of the components has not yet been sufficiently investigated.

A1.3.3 *Risk of failure*

Evaluations of the risk of failure between phases have to take into account the division of the phase-to-phase overvoltage into two phase-to-earth components, the statistical distribution of the maximum phase-to-phase overvoltages and the flashover probability of the insulation. Such calculations have been made based on available system data and typical external insulation withstand characteristics. The main results show that:

- the two situations mentioned in Sub-clause A1.3.1 result in approximately the same risk of failure;
- the risk of failure between phases is smaller than (or equal to) that between phase and earth if the phase-to-earth insulation is tested according to IEC Publication 71-1 and if the phase-to-phase insulation is tested in the same way considering the test procedure given in Sub-clause A1.3.4.

A1.3.4 *Test procedure*

To achieve the desired correlation between risks of failure between phases and phase-to-earth, the withstand voltage of the insulation shall be equal to or greater than the rated switching-impulse withstand voltages given in Table IV of this standard. To fulfil this requirement one of the test procedures given in Clauses 52, 53, 54 of IEC Publication 71-1 shall be applied. The permitted number of disruptive discharges includes all discharges between phases and to earth.

Among the different divisions of components which are possible, according to Sub-clause A1.3.2, the one which is preferred is that giving the same amplitude to both components ($U_{\text{neg}}/U_{\text{pos}} = 1$).

Les raisons principales de cette préférence sont

- pendant l'essai entre phases, la composante phase-terre ne doit pas dépasser la tension de tenue assignée au choc de manœuvre par rapport à la terre. En se reportant aux valeurs données au tableau IV de la présente norme, on voit que cela implique un rapport $U_{\text{neg}}/U_{\text{pos}}$ supérieur à 0,73. Une majoration de ce rapport est nécessaire pour éviter un trop grand nombre de décharges disruptives à la terre dues à l'influence de la composante négative appliquée à la deuxième phase;
- pour les dispositions d'essai dissymétriques, il suffit de deux séries d'essais seulement, la composante positive étant appliquée successivement aux deux phases. Avec un rapport différent de 1, ce sont quatre séries d'essais qui seraient nécessaires pour couvrir tous les cas de permutations de polarités et de valeurs;
- l'influence des objets environnants pendant l'essai est réduite au minimum.

Le choix du rapport $U_{\text{neg}}/U_{\text{pos}} = 1$ conduit à un risque maximal de défaut entre phases acceptable, inférieur au risque maximal de défaut à la terre acceptable.

A1 4 Surtensions de foudre

Lorsqu'un coup de foudre direct frappe un conducteur de phase ou qu'un amorçage en retour se produit, la contrainte de foudre entre phases ne dépasse généralement pas la contrainte de foudre par rapport à la terre.

A2 Distances dans l'air entre phases donnant une tension de tenue au choc spécifiée dans les installations

Dans les installations complètes, telles que les postes, qui ne peuvent être soumises en totalité aux essais de choc, il est nécessaire de s'assurer que la tenue au choc est correcte.

Il faut que les tensions de tenue statistiques au choc de manœuvre et au choc de foudre soient égales ou supérieures aux tensions assignées de tenue au choc de manœuvre et au choc de foudre spécifiées dans la présente norme. En appliquant ce principe, on a déterminé des distances minimales pour diverses configurations d'électrodes.

Les tableaux V et VI sont valables dans le cas général et donnent une distance minimale spécifiée correspondant au niveau d'isolement. On peut adopter des valeurs plus faibles si l'on a prouvé par des essais sur les configurations elles-mêmes ou sur des configurations semblables que les tensions de tenue assignées au choc prescrites sont respectées, compte tenu de toutes les conditions d'environnement qui jouent un rôle en pouvant créer des irrégularités sur la surface des électrodes de phase, par exemple la pluie et la pollution.

En ce qui concerne la gamme C, des distances plus faibles peuvent également être utilisées si l'expérience en service a confirmé que les surtensions de manœuvre sont inférieures aux valeurs assignées indiquées au tableau IV pour une tension U_m donnée.

On n'indique aucune distance pour les matériels dont les spécifications prévoient un essai au choc entre phases car les distances imposées pourraient être une gêne dans la conception du matériel, accroître son coût et freiner le progrès.

A la première colonne du tableau V ($U_m < 300$ kV), on donne la tension de tenue assignée au choc de foudre et, à la deuxième colonne, les distances dans l'air pour des dispositions défavorables de pièces sous tension présentant des rayons de courbure relativement faibles. Ces distances ont été obtenues à l'aide d'essais effectués conformément au chapitre V de la présente norme.

A la première colonne du tableau VI ($U_m \geq 300$ kV), on donne la tension de tenue assignée entre phases au choc de manœuvre. A la deuxième colonne on donne les distances pour une disposition conducteur-conducteur (parallèles), présentant une géométrie symétrique de l'intervalle. Les mêmes distances peuvent également s'utiliser pour d'autres dispositions présentant une géométrie symétrique de l'intervalle telles que des conducteurs croisés, ou des éclateurs tige-tige.