

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 71

Cinquième édition — Fifth edition

1972

Coordination de l'isolement

Insulation co-ordination



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé

Genève, Suisse

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 71

Cinquième édition — Fifth edition

1972

Coordination de l'isolement

Insulation co-ordination



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
INTRODUCTION	8

CHAPITRE I CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

SECTION UN — DOMAINE D'APPLICATION ET OBJET

Articles

1	Domaine d'application	12
2	Objet	12

SECTION DEUX — DÉFINITIONS

3	Tension nominale d'un réseau triphasé	12
4	Tension la plus élevée d'un réseau triphasé	12
5	Tension la plus élevée pour le matériel	14
6	Isolation externe	14
7	Isolation interne	14
8	Isolation externe pour le matériel d'intérieur	14
9	Isolation externe pour le matériel d'extérieur	14
10	Isolation autorégénératrice	14
11	Isolation non autorégénératrice	14
12	Essai de type	14
13	Essai individuel	16
14	Facteur de défaut à la terre	16
15	Surtension	16
16	Valeur en pour un (p u) (valeur relative) d'une surtension entre phase et terre	16
17	Valeur en pour un (p u) d'une surtension entre phases	16
18	Surtension de manœuvre	18
19	Surtension de foudre	18
20	Surtension statistique de manœuvre (de foudre)	18
21	Surtension maximale conventionnelle de manœuvre (de foudre)	18
22	Surtension temporaire	18
23	Tension de tenue statistique (90%) aux chocs (impulsions) de manœuvre (de foudre)	18
24	Tension de tenue conventionnelle aux chocs (impulsions) de manœuvre (de foudre)	18
25	Tension de tenue nominale aux chocs (impulsions) de manœuvre (de foudre)	20
26	Tension de tenue nominale de courte durée à fréquence industrielle	20
27	Niveau d'isolement	20
28	Facteur de sécurité statistique	20
29	Facteur de sécurité conventionnel	20
30	Niveau de protection d'un dispositif de protection	20
31	Facteurs de protection d'un dispositif de protection	22

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7
INTRODUCTION	9

CHAPTER I — GENERAL CONSIDERATIONS

SECTION ONE — SCOPE AND OBJECT

Clause

1 Scope	13
2 Object	13

SECTION TWO — DEFINITIONS

3 Nominal voltage of a three-phase system	13
4 Highest voltage of a three-phase system	13
5 Highest voltage for equipment	15
6 External insulation	15
7 Internal insulation	15
8 Indoor external insulation	15
9 Outdoor external insulation	15
10 Self-restoring insulation	15
11 Non-self-restoring insulation	15
12 Type test	15
13 Routine test	17
14 Earth fault factor	17
15 Overvoltage	17
16 Phase-to-ground per unit overvoltage	17
17 Phase-to-phase per unit overvoltage	17
18 Switching overvoltage	19
19 Lightning overvoltage	19
20 Statistical switching (lightning) overvoltage	19
21 Conventional maximum switching (lightning) overvoltage	19
22 Temporary overvoltage	19
23 Statistical (90%) switching (lightning) impulse withstand voltage	19
24 Conventional switching (lightning) impulse withstand voltage	19
25 Rated switching (lightning) impulse withstand voltage	21
26 Rated short duration power-frequency withstand voltage	21
27 Rated insulation level	21
28 Statistical safety factor	21
29 Conventional safety factor	21
30 Protection level of a protective device	21
31 Protection factors of a protective device	23

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

32	Coordination de l'isolement	22
33	Contraintes diélectriques des isolations	22
34	Coordination pour les tensions d'exploitation normale et pour les surtensions temporaires	22
35	Coordination pour les surtensions de manœuvre et de foudre	24
36	Méthodes statistiques	24
37	Méthode conventionnelle (non statistique)	26

CHAPITRE II TENSIONS ÉGALES OU SUPÉRIEURES À 100 kV

SECTION QUATRE — NIVEAUX D'ISOLEMENT NORMALISÉS

38	Indications générales	28
39	Tableau des niveaux d'isolement normalisés pour la gamme des tensions les plus élevées pour le matériel égales ou supérieures à 300 kV	28
40	Tension de tenue nominale aux chocs de manœuvre	28
41	Tension de tenue nominale aux chocs de foudre	32
42	Tableau des niveaux d'isolement normalisés pour la gamme des tensions les plus élevées pour le matériel comprises entre 100 kV et 300 kV	32

SECTION CINQ — CONDITIONS GÉNÉRALES D'ESSAIS

43	Généralités	34
44	Essais de chocs (aux impulsions) de manœuvre et de foudre	36
45	Essai de décharge disruptive 50%	36
46	Essai de tenue sous 15 chocs	38
47	Essai de tenue conventionnel	38
48	Essai de tenue diélectrique de courte durée à fréquence industrielle	40

ANNEXE A	Méthodes conventionnelles et statistiques pour la coordination de l'isolement	42
----------	---	----

FIGURES		52
---------	--	----

SECTION THREE — BASIC PRINCIPLES OF INSULATION CO-ORDINATION

32	Insulation co-ordination	23
33	Voltage stresses on the insulation	23
34	Co-ordination for voltages under normal operating conditions and for temporary overvoltages	23
35	Co-ordination for switching and lightning overvoltages	25
36	Statistical procedures	25
37	Conventional procedure (non statistical)	27

CHAPTER II VOLTAGES EQUAL TO OR GREATER THAN 100 kV

SECTION FOUR — STANDARD INSULATION LEVELS

38	General indications	29
39	Table of standard insulation levels for highest voltage for equipment equal to or greater than 300 kV	29
40	Rated switching impulse withstand voltage	29
41	Rated lightning impulse withstand voltage	33
42	Table of standard insulation levels for highest voltage for equipment between 100 kV and 300 kV	33

SECTION FIVE — GENERAL TESTING PROCEDURE

43	General	35
44	Switching and lightning impulse withstand tests	37
45	50% disruptive discharge test	37
46	15 impulses withstand test	39
47	Conventional impulse withstand test	39
48	Short duration power-frequency voltage withstand test	41

APPENDIX A — Conventional and statistical methods in insulation co-ordination	43
---	----

FIGURES	53
---------	----

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COORDINATION DE L'ISOLEMENT

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 cette unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la CEI dans la mesure où les conditions nationales le permettent
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 28 de la CEI Coordination de l'isolement. C'est la cinquième édition de la Publication 71 de la CEI Coordination de l'isolement, et elle remplace la quatrième édition, parue en 1967, en ce qui concerne les matériels de tension la plus élevée pour le matériel supérieure à 100 kV. Cette édition restera incomplète, car elle prépare en fait la sixième édition qui, reprenant les sections et articles de cette édition, sera complétée pour les gammes de tensions inférieures.

Le texte de la présente édition a été mis en chantier, puis discuté lors des réunions tenues à Tel-Aviv en 1966 et à Melbourne en 1969. Un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juillet 1970. Des projets de modifications furent soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en août 1971.

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

Afrique du Sud	Norvège
Australie	Pays-Bas
Belgique	Portugal
Canada	Roumanie
Danemark	Royaume-Uni
Etats-Unis d'Amérique	Suède
Finlande	Suisse
France	Turquie
Iran	Union des Républiques
Italie	Socialistes Soviétiques
Japon	Yougoslavie

Le Comité National Allemand a émis un vote négatif pour marquer son désaccord sur le changement de certaines tensions d'essais

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INSULATION CO-ORDINATION

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 this international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the IEC recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end

PREFACE

This Recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No 28, Insulation Co-ordination. It is the fifth edition of IEC Publication 71, Insulation Co-ordination, and replaces the fourth edition which was published in 1967, as far as equipment of highest voltage for equipment higher than 100 kV is concerned. This edition will remain incomplete, as it in fact, prepares the sixth edition which, repeating sections and articles from that edition, will be completed for lower voltage levels.

The text of this edition was drafted and then discussed at the meetings held in Tel-Aviv in 1966 and in Melbourne in 1969. A final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in July 1970. Draft amendments were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in August 1971.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Portugal
Belgium	Romania
Canada	South Africa
Denmark	Sweden
Finland	Switzerland
France	Turkey
Iran	Union of Soviet
Italy	Socialist Republics
Japan	United Kingdom
Netherlands	United States of America
Norway	Yugoslavia

The German National Committee cast a negative vote to express a disagreement on the change in some test voltages.

INTRODUCTION

Compléments et modifications apportés à la précédente édition

La cinquième édition de la Publication 71 de la CEI diffère considérablement des précédentes

Tout d'abord, elle n'est pas complète : seul le chapitre I, avec les définitions et les principes de base, pourrait s'appliquer à toutes les tensions supérieures à 1 kV. Le chapitre II, avec les niveaux d'isolement normalisés, les conditions d'essais et l'annexe, n'est prévu que pour les matériels de tension la plus élevée au moins égale à 100 kV. Les sections quatre et cinq de la quatrième édition demeurent donc provisoirement valables pour les matériels de tension la plus élevée inférieure à 100 kV.

En second lieu, l'accent est mis sur les surtensions de manœuvre, facteur qui tend à devenir prédominant aux très hautes tensions. Pour les tensions les plus élevées pour le matériel supérieures ou égales à 300 kV, la tenue à ces surtensions devra être vérifiée par un essai aux chocs de manœuvre, et l'essai de 1 min à fréquence industrielle n'est plus recommandé dans cette gamme de tensions à des fins de coordination de l'isolement. Des essais à fréquence industrielle demeureront nécessaires pour démontrer la tenue à l'égard des tensions normales et des surtensions prolongées, en ce qui concerne le vieillissement des isolations internes ou le comportement sous pollution des isolations externes. Mais, pour cette gamme de très hautes tensions, la fixation de toutes prescriptions relatives aux essais à fréquence industrielle est entièrement laissée aux Comités d'Etudes chargés des différents matériels. Seules quelques indications générales leur sont données. En revanche, aucun essai aux chocs de manœuvre n'est prévu pour les tensions de 100 kV à 245 kV avant que la question n'ait fait l'objet de nouvelles études. Les niveaux de tenue de la quatrième édition sont au moins provisoirement maintenus, qu'il s'agisse des essais aux chocs de foudre ou des essais de 1 min à fréquence industrielle.

En troisième lieu, les câbles ont été inclus dans le domaine d'application de la Recommandation pour les tensions les plus élevées pour le matériel au moins égales à 300 kV.

En quatrième lieu, des notions et un langage probabilistes ont été introduits en vue de leur utilisation au moins dans les approches les plus élaborées de la coordination de l'isolement. Cela en considération du fait que les ingénieurs, notamment ceux qui travaillent dans le domaine des très hautes tensions avec des calculatrices puissantes, sont maintenant à même de tirer parti de telles notions en vue d'atteindre une connaissance plus fine du comportement des réseaux et des matériels et de réaliser des économies.

L'approche traditionnelle des problèmes de coordination d'isolement consistait, et consiste encore, à évaluer la surtension maximale à laquelle un matériel peut être soumis à un emplacement particulier de réseau, et à choisir dans un tableau de valeurs normalisées une tension d'essai qui présente une marge de sécurité convenable. Aussi bien l'évaluation de la surtension que le choix de la marge de sécurité ont un caractère largement empirique, et, dans bien des cas, le choix du niveau d'isolement est encore plus simplement basé sur l'expérience acquise dans le réseau ou dans des réseaux analogues.

Une approche plus élaborée conduit à reconnaître que les surtensions sont des phénomènes aléatoires, et qu'il n'est pas économique de réaliser des matériels avec un degré de sécurité qui leur permette de supporter les surtensions les plus exceptionnelles. On reconnaît également que les essais ne démontrent pas le niveau de tenue avec une sécurité de 100%. En conséquence, on admet que des défauts d'isolement puissent se produire occasionnellement dans du matériel bien dimensionné, et que le problème est de limiter leur fréquence à la valeur la plus économique en prenant en considération le coût du matériel et la continuité du service. La coordination de l'isolement doit rationnellement être basée plutôt sur l'évaluation et la limitation du risque de défaut que sur le choix *a priori* d'une marge de sécurité.

Cela admis, il convient d'ajouter que le rapport entre la « tension de tenue nominale », qui doit pouvoir être appliquée à un matériel dans des conditions spécifiées, et la « surtension statistique » particulière, retenue comme représentative de la population de surtensions du réseau, intervient de la même façon qu'un « facteur de sécurité », si bien que la procédure « statistique », au moins sous cette forme simplifiée, ne diffère guère de la procédure traditionnelle ou « conventionnelle ». Mais, on pense que le nouveau langage proposé ici facilitera à l'ingénieur l'appréciation du caractère aléatoire et incertain des phénomènes cachés derrière les mots.

INTRODUCTION

Additions and modifications made to the earlier edition

This fifth edition of IEC Publication 71 differs to a considerable extent from the preceding ones

Firstly by not being complete, only the first chapter with definitions and basic principles, might apply to all voltages above 1 kV. The second chapter, standard insulation levels and test procedures, as well as the appendix, are intended for equipment having a highest voltage for equipment not less than 100 kV. Thus, for equipment having a highest voltage for equipment below 100 kV sections four and five in the fourth edition remain provisionally valid.

Secondly, stress is laid on switching overvoltages, a factor which tends to become predominant in the range of very high voltages. For highest voltages for equipment from 300 kV upwards, ability to withstand such overvoltages should be checked by a switching impulse test, and a 1 min power-frequency test is no longer recommended in this range of voltages for insulation co-ordination purposes. Power-frequency tests of one kind or another will remain necessary to ascertain a withstand to normal voltages and sustained overvoltages as regards ageing of internal insulation or behaviour of external insulation in polluted conditions. But, in this highest voltage range, any prescriptions concerning the appropriate power-frequency tests are left entirely with the Committees in charge of the various equipments. Only some general indications are given here. For voltages from 100 kV to 245 kV however, no switching impulse test will be introduced until the question has been further studied, the withstand levels of the fourth edition, both lightning-impulse and power-frequency 1 min, are maintained, and they are reproduced in the present publication.

Thirdly, for voltages equal to or greater than 300 kV, cables have been included in the scope of the Recommendation.

Fourthly, probabilistic concepts and a probabilistic language have been introduced into some procedures of insulation co-ordination. This acknowledges the fact that engineers, particularly those who work in the very high voltage field equipments, with the help of powerful computers, are now in a position to make use of such concepts, which afford a better knowledge of system and equipment behaviour and should contribute to a more economical design.

The traditional approach to insulation co-ordination was and still is to evaluate the highest overvoltage to which an equipment may be submitted at a certain location on a system, and select in a table of standardized values the withstand voltage presenting a suitable safety margin. Both overvoltage evaluation and safety margin selection are largely empirical, and, in many cases, the choice of the insulation level is still more readily based upon previous experience in the system or other similar systems.

In a more elaborate process, it is recognized that overvoltages are random phenomena and that it is uneconomical to design plant with such a high degree of safety that they can sustain the most frequent ones. It is also acknowledged that tests do not ascertain a withstand level with a 100% degree of confidence. In consequence it is realized that insulation failures can occur occasionally in well-designed plant, and that the problem is to limit their frequency of occurrence to the most economical value, taking into account equipment cost and service continuity. Insulation co-ordination should be more properly based upon an evaluation and limitation of the risk of failure than on the *a priori* choice of a safety margin.

This being admitted, it must be added that the ratio between the “rated withstand voltage” which has to be applied to an equipment in specified conditions, and the particular “statistical overvoltage” retained as representative of a population of overvoltages on the system, works in the same way as a “safety factor”, so that the “statistical” procedure, at least in this simplified form, does not differ materially from the traditional or “conventional” one. But it is expected that the new language offered here will make it easier for the engineer to appreciate the random and uncertain character of the phenomena which are hidden behind the words.

Le domaine des méthodes statistiques, qui ne sont introduites ici que pour les matériels à très haute tension, pourrait s'étendre à tous les cas où un ajustement précis de l'isolement aux conditions du réseau serait estimé économique

Les autres changements que l'on constatera dans cette cinquième édition sont les suivants :

- On a introduit la notion d'isolations « autorégénératrices » ou « non autorégénératrices »
- On a abandonné la notion de situations « exposées » ou « non exposées », qui ne se rapportait qu'aux surtensions d'origine atmosphérique : la procédure proposée maintenant tient compte de toutes les surtensions, quelle que soit leur origine, étant entendu que les surtensions d'origine atmosphérique peuvent avoir des valeurs très réduites sur certains réseaux ou certaines parties de réseaux
- On a introduit des valeurs en pour un des niveaux de tenue et des niveaux de surtensions, en prenant dans tous les cas comme base normalisée de référence la valeur de crête de la tension entre phase et terre correspondant à la tension la plus élevée pour le matériel
- De même, on recommande de remplacer dorénavant le « facteur de mise à la terre » traditionnel par un « facteur de défaut à la terre » rapporté à la tension entre phase et terre et égal au produit du premier par $\sqrt{3}$
- Pour les essais de tenue aux chocs sur les isolations externes, à partir de 100 kV, on recommande désormais 15 applications du choc, avec deux amorçages permis au cours de l'essai : cet essai a à peu près la même sévérité pour la même valeur de la tension appliquée, mais est jugé plus sélectif, que l'essai précédemment employé avec cinq applications du choc, suivies éventuellement de dix nouvelles applications sans amorçage si un amorçage s'est produit au cours des cinq premières

Enfin, certaines modifications appréciables ont été apportées à la liste des valeurs normalisées parmi lesquelles on doit choisir les tensions d'essais de tenue au choc, ainsi qu'à la partie du tableau des niveaux d'isolement normalisés qui concerne les matériels de tension la plus élevée égale ou supérieure à 300 kV

- Dans la liste, les valeurs 850 kV et 950 kV ont été substituées à 825 kV et à 900 kV, de manière à obtenir un échelonnement plus régulier. La liste a été étendue de 2 300 kV à 2 900 kV
- Des niveaux d'isolement pour la tension de 765 kV ont été introduits dans le tableau
- Comme indiqué plus haut, il n'y a plus de tension d'essai à fréquence industrielle dans le tableau à partir de 300 kV, et des tensions de tenue nominales aux chocs de manœuvre ont été introduites. Elles reçoivent dans le tableau la première place, en partant de la considération que les surtensions de foudre peuvent généralement être ramenées au niveau qu'autorise la tenue de l'isolation aux surtensions de manœuvre
- La gamme des tensions de tenue nominales aux chocs de foudre associées à une valeur donnée de la tension la plus élevée pour le matériel a été considérablement abaissée

Travaux en cours

Etant donné les changements importants et les notions nouvelles introduits dans la présente publication, aussi bien que le fait qu'elle ne couvre pas toutes les tensions supérieures à 1 kV, il est évident qu'il reste beaucoup de travail à faire au sein du Comité d'Etudes N° 28 de la CEI

On compte qu'il sera possible dans un délai assez bref de publier une sixième édition de la Publication 71 incorporant à nouveau toutes les tensions supérieures à 1 kV. On compte aussi que la présente recommandation pourra, sans altérations majeures, constituer la partie générale de cette future édition (avec extension de l'essai de choc avec quinze applications aux matériels de toutes tensions), ainsi que la partie traitant des tensions égales ou supérieures à 300 kV

Le Comité d'Etudes N° 28 de la CEI prépare activement la deuxième édition de la Publication 71A Guide d'Application, et l'on espère qu'elle sera éditée peu après la sixième édition de la Publication 71. Pour le moment, la première édition du Guide est toujours valable pour les matériels dont la tension la plus élevée est inférieure à 300 kV. L'annexe de la présente publication a été introduite pour les tensions supérieures, en attendant que la question soit traitée plus complètement dans la seconde édition du Guide

The field of statistical procedures, which are at present introduced for very high voltage equipment only, might extend to all cases where a close adjustment of insulation to system conditions proves economical

Other modifications that appear in this new edition are the following

- The concept of “self-restoring” or “non-self-restoring” insulations has been introduced
- The concept of “exposed” or “non-exposed” installations which was limited to overvoltages of atmospheric origin, has now been abandoned. Under the procedure now proposed, all overvoltages, regardless of origin, are taken into account, noting that overvoltages of atmospheric origin may on certain systems or parts of systems be very much reduced
- Per unit values of the withstand and overvoltage levels have been introduced, taking in all cases as a standard reference basis, the peak value of the voltage to earth corresponding to the highest voltage for equipment
- Similarly, it is recommended to substitute from now on for the traditional “factor of earthing” an “earth fault factor”, referred to the voltage to earth and which is equal to the former multiplied by $\sqrt{3}$
- For the impulse voltage withstand tests on external insulations, at voltages from 100 kV upwards, 15 impulses are recommended, with two sparkovers permitted, this test has approximately the same severity for the same applied voltage, and is deemed more selective than the previous one with five impulses followed by ten additional ones without sparkover, if a sparkover has taken place during the first five

Finally, significant modifications have been introduced in the list of standard values among which impulse withstand test voltages shall be chosen, as well as in the part of the table of standard values of insulation levels which concerns highest voltages for equipment equal to or greater than 300 kV

- In the list of standard values, 850 kV and 950 kV have been substituted for 825 kV and 900 kV, in order to provide a more regular spacing. The list has been extended from 2 300 kV up to 2 900 kV
- Insulation levels for 765 kV have been inserted in the Table
- As mentioned above, power-frequency withstand voltages do not appear any more in the Table from 300 kV upwards, and rated switching impulse withstand voltages have been introduced. They are given first consideration in the Table, on the basis that lightning overvoltages are usually controllable to the level which is related to and determined by the switching surge strength of the insulation
- The range of recommended rated lightning impulse withstand voltages associated with a given highest voltage for equipment has been considerably brought down

Future work

It is evident from the important modifications and new concepts which have been introduced in the present Publication, as well as from the fact that it does not cover the complete range of voltages above 1 kV, that much work remains to be done in IEC Technical Committee No. 28

It is expected that it will be possible in the near future to issue a sixth edition of Publication 71 and a second edition of Publication 71A, incorporating all voltages above 1 kV. It is also expected that the present Recommendation will not require any major adjustments to constitute the general sections of this future edition (including generalization of the fifteen shot impulse tests to all voltages) as well as the section dealing with voltages equal to or greater than 300 kV

IEC Technical Committee No. 28 is actively preparing the second edition of Publication 71A, Application Guide, and it is expected that it will be issued shortly after the sixth edition of Publication 71. For the time being the first edition of the Guide is still applicable for equipment of higher voltage lower than 300 kV. For higher voltages the Appendix of the present Publication has been introduced, pending a fuller discussion of these problems in the second edition of the Guide

COORDINATION DE L'ISOLEMENT

CHAPITRE I : CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

SECTION UN — DOMAINE D'APPLICATION ET OBJET

1 Domaine d'application

La présente recommandation s'applique aux matériels pour réseaux à tension alternative triphasée dont la tension la plus élevée pour le matériel est égale ou supérieure à 100 kV. Pour les matériels dont la tension la plus élevée pour le matériel est supérieure à 1 kV mais inférieure à 100 kV, la quatrième édition de la Publication 71 de la CEI (1967) reste valable.

La présente recommandation s'applique à tous les matériels, câbles souterrains compris (voir cependant article 42), cependant elle ne s'applique pas aux lignes aériennes bien que les méthodes générales d'essais de la section cinq puissent être appliquées aux matériels pour lignes aériennes.

La présente recommandation ne traite que de l'isolement entre phase et terre.

2 Objet

L'objet de la présente recommandation est de normaliser la spécification de 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 recommandation, les valeurs des tensions de tenue normalisées devront être conformes aux niveaux d'isolement normalisés, spécifiés dans la présente recommandation.

Cette recommandation sera complétée par une nouvelle édition du Guide d'Application, Publication 71A de la CEI. En attendant la publication de cette édition, l'annexe constitue un guide dans l'application de la recommandation aux matériels dont la tension la plus élevée pour le matériel est égale ou supérieure à 300 kV. Pour les tensions plus faibles, l'édition actuelle de la Publication 71A de la CEI (1962) reste valable.

SECTION DEUX — DÉFINITIONS

Les définitions suivantes ont été adoptées pour la présente recommandation.

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

CHAPTER I: GENERAL CONSIDERATIONS

SECTION ONE — SCOPE AND OBJECT

1 Scope

This Recommendation applies to equipment for three-phase a.c. systems, having a highest voltage for equipment of 100 kV or above. For equipment, having a highest voltage for equipment above 1 kV and less than 100 kV, the fourth edition of IEC Publication 71 (1967) remains valid.

This Recommendation applies to all equipment, including underground cables (see however Clause 42), however it does not apply to overhead lines, although the general test procedure of Section Five can be applied to the equipment of overhead lines.

This Recommendation covers only phase-to-ground insulation.

2 Object

The object of this Recommendation is to standardize the specification of 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 Recommendation the values of the rated withstand voltages should conform to the recommended scale of standardized insulation levels of this Recommendation.

This Recommendation will be supplemented by a new edition of the Application Guide, IEC Publication 71A. Pending this edition, the Appendix provides guidance in the application of the Recommendation to equipment having a highest voltage for equipment of 300 kV and above. For lower voltages the present edition of Publication 71A (1962) remains applicable.

SECTION TWO — DEFINITIONS

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

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 recommandations 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 recommandation, 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 100 kV, cette tension U_m en général ne diffère pas sensiblement de la tension la plus élevée de fonctionnement du réseau. Au-dessous de 100 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 10% (par exemple : $U_m = 72,5$ est applicable aux réseaux à 60 kV et à 66 kV), et dont les tensions les plus élevées présentent en conséquence des valeurs différentes

6 Isolation externe

Les distances dans l'air atmosphérique 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 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 r m s phase-to-phase voltage for which the equipment is designed, in respect of its insulation as well as other characteristics which are referred to this voltage in the relevant equipment recommendations

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

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

Note — In systems with highest voltage for equipment equal to or greater than 100 kV, this voltage U_m in general does not materially differ from the highest value of the system operating voltage

Below 100 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 10% (for instance: $U_m = 72.5$ kV covers 60 kV and 66 kV), and thus also to different values of the highest operating voltage

6 External insulation

The distances in atmosphere 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

An 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 of one piece of equipment deemed 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 Facteur de défaut à la terre

En un emplacement défini d'un réseau triphasé (qui sera généralement le point d'installation d'un matériel particulier) 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 avec disparition du défaut

Notes 1 — Ce facteur est un rapport numérique (supérieur à l'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 » dont l'usage a été général jusqu'ici

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 — Le facteur de défaut à la terre n'est pas supérieur à 1,4 lorsque, pour tous les schémas d'exploitation possibles, la réactance homopolaire et la résistance homopolaire sont inférieures à respectivement trois fois et une fois la réactance directe

15 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 courte durée (voir articles 18 et 19) et les surtensions non ou faiblement amorties et de durée relativement longue (voir article 22). La frontière entre ces deux groupes ne peut cependant pas être fixée avec précision

16 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 $U_m\sqrt{2}/\sqrt{3}$)

17 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 » devra donc être écrite $1 \times \sqrt{3}$

Note — Les surtensions en pour un définies dans les articles 16 et 17 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 convient 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