

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

NORME DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC STANDARD

Modification n° 1

Décembre 1975
à la

Amendment No. 1

December 1975
to

Publication 56-4

1972

Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension

Quatrième partie : Essais de type et essais individuels

High-voltage alternating-current circuit-breakers

Part 4: Type tests and routine tests

Les modifications contenues dans le présent document ont été approuvées suivant la Règle des Six Mois.

Les projets de modifications furent discutés par le Sous-Comité 17A du Comité d'Etudes n° 17 et furent diffusés en mars 1974, pour approbation suivant la Règle des Six Mois.

Le Comité national allemand vote contre les nouveaux essais diélectriques parce qu'il estime que, d'après l'expérience acquise en service, les méthodes d'essai diélectrique pour les « disjoncteurs à courant alternatif à haute tension » et pour les « sectionneurs à courant alternatif et sectionneurs de terre » respectivement, de tension nominale comprise entre 100 kV et 245 kV inclus, sont suffisantes pour les disjoncteurs, sectionneurs et sectionneurs de terre de tension nominale comprise entre 300 kV et 420 kV inclus et sont donc également applicables à ces derniers.

The amendments contained in this document have been approved under the Six Months' Rule.

The draft amendments were discussed by Sub-Committee 17A of Technical Committee No. 17 and were circulated for approval under the Six Months' Rule in March 1974.

The German National Committee voted against the new dielectric tests because it is of the opinion that, according to experience in service, the dielectric test methods for "high-voltage alternating-current circuit-breakers" and "high-voltage alternating disconnectors (isolators) and earthing switches", respectively, having rated voltages from 100 kV to 245 kV inclusive, are sufficient for and consequently applicable also to circuit-breakers, disconnectors and earthing switches having rated voltages from 300 kV to 420 kV inclusive.



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SECTION UN — ESSAIS DE TYPE

Page 12

3. Essai d'échauffement

Ajouter le texte suivant:

Lorsque les contacts d'arc sont des contacts en cuivre nu et sont distincts des contacts principaux mais situés en parallèle avec ces derniers qui sont protégés contre la corrosion (recouverts d'argent), l'échauffement des contacts principaux ne doit pas dépasser les valeurs indiquées pour ceux-ci au tableau IV de la Publication 56-2, et l'échauffement des contacts d'arc ne doit pas être élevé au point d'endommager les parties environnantes ou de diminuer l'élasticité des contacts d'arc.

S'il n'est pas certain que le courant traversant les contacts d'arc est petit par rapport au courant traversant les contacts principaux, on effectue un second essai en isolant électriquement les contacts d'arc. Au cours de cet essai, l'échauffement des contacts principaux ne doit pas dépasser les valeurs indiquées pour ceux-ci au tableau IV de la Publication 56-2.

Page 18

4. Essais diélectriques

Remplacer le texte de cet article par le suivant:

4. Essais diélectriques

4.1. Conditions de l'air ambiant pendant les essais

On se référera à la Publication 60 de la CEI, en ce qui concerne les conditions atmosphériques normales de référence.

La tension à appliquer pendant un essai de tenue est obtenue en multipliant la tension de tenue spécifiée par le facteur de correction $K = \frac{k_a}{k_h}$, k_a étant le facteur de correction de densité de l'air et k_h le facteur de correction d'humidité. L'annexe H indique la méthode de calcul de k_a et de k_h .

On n'appliquera pas de facteur de correction d'humidité aux essais sous pluie et aux essais sous pollution artificielle.

On appliquera le facteur de correction K aux essais diélectriques des disjoncteurs lorsque l'isolation externe à l'air libre constitue l'élément principal.

Pour les disjoncteurs possédant une isolation externe et une isolation interne, on appliquera le facteur de correction K si la valeur de celui-ci est comprise entre 0,95 et 1,05. On peut, cependant, ne pas appliquer le facteur de correction K si on a prouvé le comportement satisfaisant de l'isolation externe. Si le facteur de correction n'est pas compris entre 0,95 et 1,05, les détails des essais diélectriques feront l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

4.2. Modalité des essais sous pluie

L'isolement extérieur des disjoncteurs doit être soumis à des essais de tenue sous pluie selon les modalités d'essais figurant dans la Publication 60 de la CEI qui indique également la durée des essais de tenue sous pluie.

Notes 1. — Si l'on ne peut pas obtenir la valeur prescrite pour la résistivité de l'eau, on peut utiliser une valeur plus faible à condition que le disjoncteur subisse l'essai avec succès. La valeur réelle de la résistivité de l'eau doit être mentionnée dans le rapport d'essais. Si le disjoncteur ne subit pas l'essai avec succès, il est recommandé de répéter les essais avec la résistivité de l'eau prescrite.

2. — La méthode de mouillage des très grands disjoncteurs est à l'étude.

3. — Pour les disjoncteurs à cuve métallique, voir paragraphe 4.8, Note 1.

SECTION ONE — TYPE TESTS

Page 13

3. Temperature rise test

Add the following text:

When the arcing contacts are bare copper contacts and are separate from but in parallel with the main contacts which are protected against corrosion (silver-faced), the temperature rise of the main contacts shall not exceed the values given for them in Table IV of Publication 56-2 and the temperature rise of the arcing contacts shall not be so great as to cause damage to surrounding parts or impair the elasticity of the arcing contacts.

If any doubt exists that the current passing through the arcing contacts is small in comparison with the current in the main contacts, a second test is carried out by electrically insulating the arcing contacts. During this test the temperature rise of the main contacts shall not exceed the values given for them in Table IV of Publication 56-2.

Page 19

4. Dielectric tests

Replace the text of this clause by the following:

4. Dielectric tests

4.1 Ambient air conditions during tests

Reference shall be made to IEC Publication 60, regarding the standard reference atmosphere.

The voltage to be applied during a withstand test is determined by multiplying the specified withstand voltage by the correction factor $K = \frac{k_a}{k_h}$, k_a being the air density correction factor and k_h the humidity correction factor. Appendix H gives the method for calculation of k_a and k_h .

No humidity correction factor shall be applied for wet tests and for artificial pollution tests.

For circuit-breakers where external insulation in free air is of principal concern, correction factor K shall be applied.

For circuit-breakers having external and internal insulation, the correction factor K shall be applied if its value is between 0.95 and 1.05. However, the application of the correction factor K may be omitted where the satisfactory performance of external insulation has been established. In the case when the correction factor is outside this range, details of dielectric tests shall be subjected to agreement between manufacturer and user.

4.2 Wet test procedure

The outdoor insulation of circuit-breakers shall be subjected to wet withstand tests under the test procedure given in IEC Publication 60 which also gives the duration of wet withstand tests.

Notes 1. — If the prescribed water resistivity cannot be obtained, a lower value may be used, provided that the circuit-breaker passes the test. The actual value of water resistivity shall be stated in the test report. If the circuit-breaker fails, tests should be repeated with the prescribed water resistivity.

2. — The method of wetting extremely large circuit-breakers is under consideration.
3. — For dead tank circuit-breakers, see Sub-clause 4.8, Note 1.

4.3 Etat du disjoncteur pendant les essais

Les essais diélectriques doivent être effectués sur des disjoncteurs complètement assemblés et prêts pour le service; les surfaces extérieures des éléments isolants doivent être soigneusement nettoyées.

Les disjoncteurs doivent être montés pour l'essai avec les distances minimales dans l'air spécifiées par le constructeur. De plus, la hauteur au-dessus du niveau du sol doit être approximativement la même que celle prévue en service et indiquée par le constructeur.

On admet qu'un matériel essayé à une hauteur donnée au-dessus du niveau du sol fonctionne de façon satisfaisante lorsqu'il est installé en service à une hauteur plus grande.

Lorsque la distance entre les pôles d'un disjoncteur n'est pas fixée par construction, la distance entre les pôles à adopter pour les essais sera la valeur minimale indiquée par le constructeur. Toutefois, afin d'éviter de monter des disjoncteurs tripolaires de grandes dimensions à seule fin d'effectuer des essais, les essais de pollution artificielle et les essais de tension de perturbation radioélectrique peuvent être effectués sur un seul pôle et, si la distance minimale entre pôles est telle qu'un amorçage entre les pôles n'est pas à craindre, tous les autres essais diélectriques peuvent être exécutés sur un seul pôle.

Lorsque le constructeur indique qu'un isolement supplémentaire tel que des enrubannages ou des écrans est exigé pour l'utilisation en service, une telle isolation supplémentaire doit aussi être utilisée pendant les essais.

Si des éclateurs de protection ou des anneaux de garde sont nécessaires pour la protection du réseau, ces éclateurs peuvent être enlevés ou leur écartement augmenté en vue de l'essai. S'ils sont nécessaires pour le contrôle du gradient, ils doivent être maintenus en position pendant l'essai.

En ce qui concerne les disjoncteurs utilisant un gaz comprimé pour l'isolement, les essais diélectriques doivent être effectués à la pression de verrouillage n'autorisant plus qu'une seule ouverture.

Note. — Attention: Au cours des essais diélectriques des appareils de coupure dans le vide, il est recommandé de s'assurer que le niveau de l'émission possible de rayonnement X reste dans les limites qu'impose la sécurité. Les règles nationales de sécurité peuvent influencer sur les mesures de sécurité à adopter.

4.4 Application de la tension d'essai pour les essais de choc et à fréquence industrielle

En se référant à la figure 19 qui représente un schéma des connexions d'un disjoncteur tripolaire, la tension d'essai doit être appliquée conformément aux tableaux suivants, sauf spécification contraire:

TABEAU I

Essais de tension aux chocs de foudre et essais de tension à fréquence industrielle des disjoncteurs de tension nominale inférieure à 300 kV

Essais de tension aux chocs de manœuvre des disjoncteurs de tension nominale égale ou supérieure à 300 kV

Condition d'essai n°	Disjoncteur	Tension appliquée à	Terre reliée à
1	fermé	Aa	BCbcF
2	fermé	Bb	ACacF
3	fermé	Cc	ABabF
4	ouvert	A	BCabcF *
5	ouvert	B	ACabcF *
6	ouvert	C	ABabcF *
7	ouvert	a	ABCbcF *
8	ouvert	b	ABCacF *
9	ouvert	c	ABCabF *

* Pour les essais au choc de manœuvre de l'isolement entre bornes du disjoncteur ouvert (seconde série d'essais) il peut être nécessaire d'isoler convenablement le châssis F et les bornes du disjoncteur à l'exception de la borne opposée à la borne sous tension (voir paragraphe 4.7).

Les conditions d'essais n°s 3, 6 et 9 peuvent être supprimées si les pôles extérieurs sont disposés symétriquement par rapport au pôle central et par rapport au châssis. Les conditions d'essais n°s 7, 8 et 9 peuvent être supprimées si les bornes de chaque pôle sont disposées symétriquement par rapport au châssis.

4.3 Condition of circuit-breaker during tests

Dielectric tests shall be made on circuit-breakers completely assembled and ready for service; the outside surfaces of insulating parts shall be carefully cleaned.

The circuit-breakers shall be mounted for test with minimum clearances as specified by the manufacturer. Moreover, the height above ground level shall be approximately as intended for service, and stated by the manufacturer.

Circuit-breakers tested at a given height above ground level will be deemed to be satisfactory if mounted at a greater height in service.

When the distance between the poles of a circuit-breaker is not inherently fixed by the design, the distance between the poles for the test shall be the minimum value stated by the manufacturer. However, to obviate the necessity of erecting large three-pole circuit-breakers for test purposes alone, the artificial pollution and the radio interference voltage tests may be made on a single pole and, if the minimum distance between poles is such that there is no risk of flashover between poles, all other dielectric tests may be made on a single pole.

When the manufacturer states that supplementary insulation such as tape or barriers is required to be used in service, such supplementary insulation shall also be used during the tests.

If arcing horns or rings are required for the purpose of system protection, they may be removed or their spacing increased for the purpose of the test. If they are required for stress control, they shall remain in position for the test.

For circuit-breakers using compressed gas for insulation, dielectric tests shall be performed at the lock-out pressure on a single opening.

Note. — *Caution:* In the dielectric testing of vacuum interrupters, precautions should be taken to ensure that the level of possible emitted X-radiation is within safe limits. National safety codes may influence the safety measures established.

4.4 Application of test voltage for impulse and power-frequency tests

With reference to Figure 19, which shows a diagram of connection of a three-pole circuit-breaker, the test voltage shall be applied according to the following tables, unless otherwise specified:

TABLE I

Lightning impulse voltage tests and power-frequency voltage tests for circuit-breakers having rated voltages lower than 300 kV
Switching impulse voltage tests for circuit-breakers having rated voltages of 300 kV and above

Test condition No.	Circuit-breaker	Voltage applied to	Earth connected to
1	closed	Aa	BCbcF
2	closed	Bb	ACacF
3	closed	Cc	ABabF
4	open	A	BCabcF *
5	open	B	ACabcF *
6	open	C	ABabcF *
7	open	a	ABCbcF *
8	open	b	ABCacF *
9	open	c	ABCabF *

* For switching impulse tests, when testing the insulation across the open breaker (second test series) it may be necessary to insulate suitably the base F and the terminals of the circuit-breaker, except the terminal opposite the energized terminal (see Sub-clause 4.7).

Test conditions Nos. 3, 6 and 9 may be omitted if the arrangement of the outer poles is symmetrical with respect to the centre pole and the base. Test conditions Nos. 7, 8 and 9 may be omitted if the arrangement of the terminals of each pole is symmetrical with respect to the base.

TABLEAU II

Essais de tension à fréquence industrielle des disjoncteurs de tension nominale égale ou supérieure à 300 kV

Condition d'essai n°	Disjoncteur	Tension appliquée à	Terre reliée à
1	fermé	Aa	BCbcF
2	fermé	Bb	ACacF
3	fermé	Cc	ABabF
4	ouvert	A et a	BCbcF
5	ouvert	B et b	ACacF
6	ouvert	C et c	ABabF

Les conditions d'essais n°s 3 et 6 peuvent être supprimées si les pôles extérieurs sont disposés symétriquement par rapport au pôle central et par rapport au châssis.

TABLEAU III

Essais de tension aux chocs de foudre des disjoncteurs de tension nominale égale ou supérieure à 300 kV

Condition d'essai n°	Disjoncteur	Tension appliquée à		Terre reliée à
		chocs	fréquence industrielle	
1	fermé	Aa	—	BCbcF
2	fermé	Bb	—	ACacF
3	fermé	Cc	—	ABabF
4	ouvert	A	a	BCbcF
5	ouvert	B	b	ACacF
6	ouvert	C	c	ABabF
7	ouvert	a	A	BCbcF
8	ouvert	b	B	ACacF
9	ouvert	c	C	ABabF

Les conditions d'essais n°s 3, 6 et 9 peuvent être supprimées si les pôles extérieurs sont disposés symétriquement par rapport au pôle central et par rapport au châssis.

Les conditions d'essais n°s 7, 8 et 9 peuvent être supprimées si les bornes de chaque pôle sont disposées symétriquement par rapport au châssis.

4.5 Tensions d'essais

Les tensions de tenue nominales U_w utilisées pour les essais prescrits aux paragraphes 4.6, 4.7, 4.8 doivent être conformes aux prescriptions de l'article 3. Dans les articles suivants, U correspond à la tension nominale du disjoncteur.

4.6 Essais de tension de choc de foudre

Les disjoncteurs doivent être soumis à sec à des essais de tension aux chocs de foudre. Les essais doivent être effectués avec des tensions des deux polarités, positive et négative, et en utilisant un choc de foudre normal 1,2/50, conformément à la Publication 60.

On doit appliquer au disjoncteur en position de fermeture 15 chocs consécutifs à la tension de tenue nominale, pour chaque condition d'essai (voir paragraphe 4.4). On doit considérer que le disjoncteur a satisfait à l'essai si le nombre de décharges disruptives à la terre ou entre pôles sur une isolation autorégénératrice ne dépasse pas deux, pour chaque condition d'essai, et s'il ne se produit pas de décharge disruptive sur une isolation non autorégénératrice.

TABLE II

Power-frequency voltage tests for circuit-breakers having rated voltage 300 kV and above

Test condition No.	Circuit-breaker	Voltage applied to	Earth connected to
1	closed	Aa	BCbcF
2	closed	Bb	ACacF
3	closed	Cc	ABabF
4	open	A and a	BCbcF
5	open	B and b	ACacF
6	open	C and c	ABabF

Test conditions Nos. 3 and 6 may be omitted if the arrangement of the outer poles is symmetrical with respect to the centre pole and the base.

TABLE III

Lightning impulse voltage tests for circuit-breakers having rated voltage 300 kV and above

Test condition No.	Circuit-breaker	Voltage applied to		Earth connected to
		impulse	power-frequency	
1	closed	Aa	—	BCbcF
2	closed	Bb	—	ACacF
3	closed	Cc	—	ABabF
4	open	A	a	BCbcF
5	open	B	b	ACacF
6	open	C	c	ABabF
7	open	a	A	BCbcF
8	open	b	B	ACacF
9	open	c	C	ABabF

Test conditions Nos. 3, 6 and 9 may be omitted if the arrangement of the outer poles is symmetrical with respect to the centre pole and the base.

Test conditions Nos. 7, 8 and 9 may be omitted if the arrangement of the terminals of each pole is symmetrical with respect to the base.

4.5 Test voltages

The rated withstand voltages U_w to be used for the tests prescribed in Sub-clauses 4.6, 4.7 and 4.8 shall be in accordance with Clause 3. In the following clauses, U indicates the rated voltage of the circuit-breaker.

4.6 Lightning impulse voltage tests

Circuit-breakers shall be subjected to lightning impulse voltage dry tests. The tests shall be performed with voltages of both positive and negative polarity, using the standard lightning impulse 1.2/50, according to Publication 60.

With the circuit-breaker closed, 15 consecutive impulses at the rated withstand voltage shall be applied, for each test condition (see Sub-clause 4.4). The circuit-breaker shall be considered to have passed the test successfully if the number of the disruptive discharges to earth or between poles on self-restoring insulation does not exceed two for each test condition, and if no disruptive discharge on non-self-restoring insulation occurs.

Avec des disjoncteurs de tension nominale inférieure à 300 kV, on doit appliquer au disjoncteur en position d'ouverture 15 chocs consécutifs à la tension de tenue nominale, pour chaque condition d'essai (voir tableau I). On doit considérer que le disjoncteur a satisfait à l'essai si le nombre de décharges disruptives entre les bornes du disjoncteur ouvert ou à travers ce dernier, à la terre ou entre pôles sur une isolation autorégénératrice ne dépasse pas deux, pour chaque condition d'essai, et s'il ne se produit pas de décharge disruptive sur une isolation non autorégénératrice.

On peut demander une tension d'essai plus élevée pour l'essai de l'isolation entre bornes du disjoncteur en position d'ouverture, lorsqu'on a choisi les valeurs inférieures des tensions de tenue nominales aux chocs de foudre parmi celles figurant sur les tableaux de l'article 3, de la Modification n° 2 à la Publication 56-2 de la CEI.

Dans ces conditions:

- pour les tensions nominales comprises entre 100 kV et 245 kV, la tension d'essai doit être une des tensions de tenue nominales aux chocs de foudre figurant dans le tableau III de la Modification n° 2 à la Publication 56-2 de la CEI et correspondant à la tension nominale du disjoncteur, après accord entre constructeur et utilisateur;
- pour les tensions nominales inférieures ou égales à 72,5 kV, la valeur de la tension d'essai doit faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

Avec des disjoncteurs de tension nominale égale ou supérieure à 300 kV en position d'ouverture du disjoncteur, pour chaque condition d'essai (voir tableau III), on doit appliquer à une borne 15 chocs consécutifs à la tension de tenue nominale et la borne opposée doit être soumise à une tension à fréquence industrielle $0,7 U/\sqrt{3}$ (valeur efficace). Chaque choc de foudre doit être synchronisé de telle façon que son application corresponde approximativement à la valeur de crête de la tension à fréquence industrielle de polarité opposée. Par commodité, les valeurs arrondies des tensions d'essai sont indiquées dans le tableau suivant.

TABLEAU IV

Tension nominale U	Tension de tenue aux bornes du disjoncteur ouvert appliquée à		
	une borne	la borne opposée	
	Chocs de foudre U_w	Tension à fréquence industrielle	
		$0,7 U/\sqrt{3}$	$0,7 U \sqrt{2}/\sqrt{3}$
kV (valeur efficace)	kV (valeur de crête)	kV (valeur efficace)	kV (valeur de crête)
(1)	(2)	(3)	(4)
300	950 1 050	120	170
362	1 050 1 175	145	205
420	1 300 1 425	170	240
525	1 425 1 550	210	300
765	1 800 2 100	310	435

With the circuit-breaker open, and in the case of circuit-breakers having a rated voltage lower than 300 kV, 15 consecutive impulses at the rated withstand voltage shall be applied, for each test condition (see Table I). The circuit-breaker shall be considered to have passed the test successfully if the number of the disruptive discharges across or through the open breaker to earth or between poles on self-restoring insulation does not exceed two for each test condition, and if no disruptive discharge on non-self-restoring insulation occurs.

When the lower rated lightning impulse withstand voltages is chosen among those listed in the tables of Clause 3 of Amendment No. 2 to IEC Publication 56-2, a higher test voltage, when testing the insulation across the open breaker, may be required.

In this case:

- for rated voltages from 100 kV to 245 kV, the test voltage shall be one of the rated lightning impulse withstand voltages given in Table III of Amendment No. 2 to IEC Publication 56-2 corresponding to the rated voltage of the circuit-breaker, subject to agreement between manufacturer and user;
- for rated voltages up to and including 72.5 kV the test voltage shall be subject to agreement between the manufacturer and the user.

With the circuit-breaker open, and in the case of circuit-breakers having a rated voltage of 300 kV and above, for each test condition (see Table III) 15 consecutive impulses at the rated withstand voltage shall be applied to one terminal with the opposite terminal energized at the power frequency voltage $0.7 U/\sqrt{3}$ (r.m.s. value). Each lightning impulse shall be synchronized so that it is applied approximately in correspondence to the peak value of the opposite polarity of the power frequency. For the sake of convenience, the rounded-off test values are indicated in the following table.

TABLE IV

Rated voltage U	Withstand voltage across the open breaker applied to		
	one terminal	opposite terminal	
	Lightning impulse	Power-frequency	
	U_w	$0.7 U/\sqrt{3}$	$0.7 U \sqrt{2}/\sqrt{3}$
kV (r.m.s.)	kV (peak)	kV (r.m.s.)	kV (peak)
(1)	(2)	(3)	(4)
300	950 1 050	120	170
362	1 050 1 175	145	205
420	1 300 1 425	170	240
525	1 425 1 550	210	300
765	1 800 2 100	310	435

On doit considérer que le disjoncteur a satisfait à l'essai si le nombre de décharges disruptives entre les bornes du disjoncteur ouvert, à la terre ou entre pôles sur une isolation autorégénératrice ne dépasse pas deux, pour chaque condition d'essai, et s'il ne se produit pas de décharge disruptive sur une isolation non autorégénératrice.

Notes 1. — Pour tenir compte de l'influence du choc de foudre sur l'onde de tension à fréquence industrielle, due au couplage capacitif entre les deux circuits de tension, on doit satisfaire aux prescriptions d'essai suivantes: Lors de l'essai en position d'ouverture des disjoncteurs de tension nominale égale ou supérieure à 300 kV, la chute de tension de l'onde à fréquence industrielle, appliquée à l'une des bornes, doit être limitée de façon que la tension réelle par rapport à la terre, mesurée à l'instant correspondant à la valeur de crête du choc, ne soit pas inférieure à la valeur spécifiée $0,7 U \sqrt{2/\sqrt{3}}$.

Pour obtenir ce résultat, on peut augmenter la tension à fréquence industrielle jusqu'à $U \sqrt{2/\sqrt{3}}$, mais on ne doit pas dépasser cette valeur.

La chute de tension peut être fortement réduite par l'utilisation d'un condensateur de valeur convenable, branché en parallèle sur la borne reliée à la source à fréquence industrielle.

2. — Avec l'accord du constructeur, on peut éviter l'utilisation d'une source de tension à fréquence industrielle pour les essais en position d'ouverture du disjoncteur de tension nominale égale ou supérieure à 300 kV. On doit alors effectuer les deux séries d'essais suivantes:

— la première série d'essais consiste à appliquer successivement à chaque borne 15 chocs consécutifs à une tension égale à la somme de la tension de tenue nominale aux chocs de foudre U_w et de la valeur de crête de la tension $0,7 U \sqrt{2/\sqrt{3}}$. La borne opposée doit être mise à la terre. Les autres bornes, la borne à laquelle on applique la tension et le châssis, peuvent être isolées de façon à éviter des décharges disruptives à la terre. On doit considérer que le disjoncteur a satisfait à cette première série d'essais si le nombre de décharges disruptives aux bornes du disjoncteur ouvert, ou entre pôles sur une isolation autorégénératrice ne dépasse pas deux, pour chaque condition d'essai, et s'il ne se produit pas de décharge disruptive sur une isolation non autorégénératrice;

— la seconde série d'essais consiste à appliquer successivement à chaque borne 15 chocs consécutifs à la tension de tenue nominale U_w . Les autres bornes et le châssis doivent être mis à la terre. On doit considérer que le disjoncteur a satisfait à cette seconde série d'essais si le nombre de décharges disruptives à la terre ou entre pôles sur une isolation autorégénératrice ne dépasse pas deux, pour chaque condition d'essai, et s'il ne se produit pas de décharge disruptive aux bornes du disjoncteur ouvert et sur une isolation non autorégénératrice.

On estime qu'en général, cet essai est plus sévère que celui qui est exécuté en suivant la méthode d'essai spécifiée.

3. — Les essais précédents n'ont pas pour but d'assurer la coordination de l'isolation à la terre par rapport à l'isolation entre les bornes du disjoncteur en position d'ouverture. Pour obtenir une telle coordination, il est recommandé d'envisager l'utilisation de dispositifs de protection convenables, tels que des parafoudres et des éclateurs, en particulier pour les installations de tensions nominales égales ou supérieures à 100 kV.
4. — Quelques matériaux isolants conservent une charge après un essai de choc, et, dans ce cas, il est recommandé d'en tenir compte lors de l'inversion de la polarité. Pour décharger les matériaux isolants, on recommande l'utilisation de méthodes appropriées, telles que l'application, avant les essais, d'impulsions de polarité inversée à tension réduite.

4.7 Essais de tension de choc de manœuvre

Les disjoncteurs de tension nominale égale ou supérieure à 300 kV doivent être soumis à des essais de tension de choc de manœuvre. Les essais doivent être effectués en utilisant le choc de manœuvre normal 250/2 500, conformément à la Publication 60.

On doit effectuer des essais à sec en utilisant des tensions de polarité positive et négative pour les disjoncteurs pour l'intérieur et en utilisant seulement des tensions de polarité positive pour les disjoncteurs pour l'extérieur.

On doit effectuer des essais sous pluie en utilisant des tensions de polarité positive et négative seulement pour les disjoncteurs pour l'extérieur. Si, pendant un essai sous pluie, il se produit plus de deux décharges disruptives sur une isolation autorégénératrice, l'essai doit être répété dans les mêmes conditions d'essai et on doit considérer que le disjoncteur a satisfait à l'essai si, au cours du nouvel essai, le nombre de décharges disruptives ne dépasse pas deux et s'il ne se produit pas de décharge disruptive sur une isolation non autorégénératrice.

On doit appliquer au disjoncteur en position de fermeture 15 chocs consécutifs à la tension de tenue nominale (voir colonne (3) du tableau IV de la Modification n° 2 à la Publication 56-2 de la CEI), pour chaque condition d'essai (voir tableau I). On doit considérer que le disjoncteur a satisfait à l'essai si le nombre de décharges disruptives à la terre ou entre pôles sur une isolation autorégénératrice ne dépasse pas deux, pour chaque condition d'essai, et s'il ne se produit pas de décharge disruptive sur une isolation non autorégénératrice.

Deux séries d'essais doivent être effectuées sur le disjoncteur en position d'ouverture:

- La première série d'essais consiste à appliquer 15 chocs consécutifs à la tension de tenue nominale par rapport à la terre (voir colonne (3) du tableau IV de la Modification n° 2 à la Publication 56-2 de la CEI), pour chaque condition

The circuit-breaker shall be considered to have passed the test successfully if the number of the disruptive discharges across the open breaker to earth or between poles on self-restoring insulation does not exceed two for each test condition, and if no disruptive discharge on non-self-restoring insulation occurs.

Notes 1. — To take into account the problem of the influence of the lightning impulse on the power-frequency voltage wave caused by capacitive coupling between the two voltage circuits, the following test requirements shall be fulfilled: When testing open circuit-breakers having rated voltages of 300 kV and above, the voltage drop on the power-frequency wave, applied to one terminal, shall be limited so that the actual test voltage to ground, measured in correspondence to the peak value of the impulse, is not less than the specified value $0.7 U \sqrt{2/\sqrt{3}}$.

To achieve such a condition, the power-frequency voltage can be increased up to, but not more than $U \sqrt{2/\sqrt{3}}$.

The voltage drop can be greatly reduced by using a capacitor of a convenient value connected in parallel to the terminal of the power-frequency side.

2. — Subject to the manufacturer's approval, the tests with the circuit-breaker open, having a rated voltage 300 kV and above can be performed avoiding the use of the power-frequency voltage source. In this case two test series shall be performed:

— the first test series consists of the application to each terminal in turn, of 15 consecutive impulses at a voltage equal to the sum of the rated lightning impulse withstand voltage U_w and the value $0.7 U \sqrt{2/\sqrt{3}}$ (peak value). The opposite terminal shall be earthed. The other terminals, the terminal to which the voltage is applied and the base, may be insulated in such a way as to prevent disruptive discharges to earth. The circuit-breaker shall be considered to have passed this first test series successfully if the number of the disruptive discharges across the open breaker or between poles on self-restoring insulation does not exceed two, for each test condition, and if no disruptive discharge on non-self-restoring insulation occurs;

— the second test series consists of the application to each terminal in turn, of 15 consecutive impulses at the rated withstand voltage U_w . The other terminals and the base shall be earthed. The circuit-breaker shall be considered to have passed this second test series successfully if the number of disruptive discharges to earth or between poles on self-restoring insulation does not exceed two, for each test condition, and if no disruptive discharge across the open breaker and on non-self-restoring occurs.

In general, this test is deemed to be more severe than that following the specified test procedure.

3. — The above tests are not intended to ensure the co-ordination of the insulation to earth with respect to the insulation across the open breaker. To achieve such a co-ordination the use of suitable protective devices, such as surge diverters and spark gaps, should be considered, particularly for installations having a rated voltage of 100 kV and above.
4. — Some insulating materials retain a charge after an impulse test and for these cases care should be taken when reversing the polarity. To allow the discharge of insulating materials, the use of appropriate methods, such as the application of impulses of the reverse polarity at lower voltage before the tests, is recommended.

4.7 Switching impulse voltage tests

Circuit-breakers having a rated voltage of 300 kV and above shall be subjected to switching impulse voltage tests. The tests shall be performed using the standard switching impulse 250/2 500, according to Publication 60.

Dry tests shall be performed using voltages of positive and negative polarities for indoor circuit-breakers, and using voltages of positive polarity only for outdoor circuit-breakers.

Wet tests shall be performed using voltages of positive and negative polarities, for outdoor circuit-breakers only. If during a wet test more than two disruptive discharges on self-restoring insulation occur, the test shall be repeated in the same test condition and the circuit-breaker shall be considered to have passed the test successfully if during the repeated test, the number of the disruptive discharges does not exceed two and if no disruptive discharge on non-self-restoring insulation occurs.

With the circuit-breaker closed, 15 consecutive impulses at the rated withstand voltage (see column (3) in Table IV of Amendment No. 2 to IEC Publication 56-2), shall be applied, for each test condition (see Table I). The circuit-breaker shall be considered to have passed the test successfully if the number of the disruptive discharges to earth or between poles on self-restoring insulation does not exceed two for each test condition, and if no disruptive discharge on non-self-restoring insulation occurs.

With the circuit-breaker open, two test series shall be performed:

- The first test series consists of the application of 15 consecutive impulses at the rated withstand voltage to earth (see column (3) in Table IV of Amendment No. 2 to IEC Publication 56-2), for each test condition (see Table I).

d'essai (voir tableau I). On doit considérer que le disjoncteur a satisfait à cette première série d'essais si le nombre de décharges disruptives entre les bornes du disjoncteur ouvert, à la terre ou entre pôles sur une isolation autorégénératrice ne dépasse pas deux, pour chaque condition d'essai, et s'il ne se produit pas de décharge disruptive sur une isolation non autorégénératrice.

— La seconde série d'essais consiste à appliquer 15 chocs consécutifs à la tension de tenue nominale aux bornes du disjoncteur ouvert (voir colonne (4) du tableau IV de la Modification n° 2 à la Publication 56-2 de la CEI), pour chaque condition d'essai (voir tableau I).

Comme dans ce cas la tension appliquée peut être supérieure à la tension de tenue nominale par rapport à la terre, il est permis d'isoler la borne à laquelle on applique la tension, les bornes des autres pôles et le châssis en vue d'éviter des décharges disruptives à la terre. On doit considérer que le disjoncteur a satisfait à cette seconde série d'essais si le nombre de décharges disruptives aux bornes du disjoncteur ouvert ou entre pôles sur une isolation autorégénératrice ne dépasse pas deux, pour chaque condition d'essai, et s'il ne se produit pas de décharge disruptive sur une isolation non autorégénératrice.

Notes 1. — Dans le cas de disjoncteurs spéciaux destinés à des manœuvres de synchronisation accompagnées de surtensions de manœuvres importantes, telles que celles qui proviennent de la mise sous tension des lignes, l'isolation du disjoncteur normal peut être insuffisante. Dans ce cas, qui doit faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur, on suggère soit l'utilisation d'un disjoncteur normal de tension nominale plus élevée, soit l'utilisation d'un disjoncteur spécial correspondant à un essai plus sévère en position d'ouverture. Dans ce dernier cas, la seconde série d'essais spécifiée précédemment pour l'essai en position d'ouverture d'un disjoncteur normal sera modifiée comme suit :

— la seconde série d'essais consiste à appliquer successivement à chaque borne 15 chocs consécutifs, la borne opposée étant reliée à une tension à fréquence industrielle $U/\sqrt{3}$ (valeur efficace) et les autres bornes et le châssis étant reliés à la terre. La valeur de crête des chocs doit être conforme au tableau V.

Chaque choc de manœuvre doit être synchronisé de telle façon que son application corresponde approximativement à la valeur de crête de la tension à fréquence industrielle de polarité opposée. On doit considérer que le disjoncteur a satisfait à cette seconde série d'essais si le nombre de décharges disruptives entre les bornes du disjoncteur ouvert, à la terre ou entre pôles sur une isolation autorégénératrice ne dépasse pas deux pour chaque condition d'essai, et s'il ne se produit pas de décharge disruptive sur une isolation non autorégénératrice.

TABLEAU V

Tension nominale U kV (valeur efficace)	Tension de tenue aux bornes du disjoncteur ouvert appliquée à		
	une borne	la borne opposée	
	Choc de manœuvre U_w kV (valeur de crête)	Fréquence industrielle	
		$U/\sqrt{3}$ kV (valeur efficace)	$U\sqrt{2}/\sqrt{3}$ kV (valeur de crête)
(1)	(2)	(3)	(4)
300	700	175	245
362	800	210	295
420	900	245	345
525	900	305	430
765	1 100	440	625

Pour tenir compte de l'influence du choc de manœuvre sur l'onde de tension à fréquence industrielle, due au couplage capacitif entre les deux circuits de tension, on doit satisfaire aux prescriptions d'essai suivantes :

La chute de tension de l'onde à fréquence industrielle appliquée à l'une des bornes doit être limitée de façon que la tension d'essai réelle par rapport à la terre, mesurée à l'instant correspondant à la valeur de crête du choc, ne soit pas inférieure à la valeur spécifiée $U\sqrt{2}/\sqrt{3}$. Pour obtenir ce résultat, on peut augmenter la tension à fréquence industrielle jusqu'à $1,2 U\sqrt{2}/\sqrt{3}$, mais on ne doit pas dépasser cette valeur.

La chute de tension peut être fortement réduite par l'utilisation d'un condensateur de valeur convenable branché en parallèle sur la borne reliée à la source à fréquence industrielle.

2. — Les essais précédents n'ont pas pour but d'assurer la coordination de l'isolation à la terre par rapport à l'isolation entre les bornes du disjoncteur ouvert. Pour obtenir une telle coordination, il est recommandé d'envisager l'utilisation de dispositifs de protection convenables, tels que des parafoudres et des éclateurs.

The circuit-breaker shall be considered to have passed this first test series successfully if the number of the disruptive discharges across the open breaker to earth or between poles on self-restoring insulation does not exceed two for each test condition, and if no disruptive discharge on non-self-restoring insulation occurs.

— The second test series consists of the application of 15 consecutive impulses at the rated withstand voltage across the openbreaker (see column (4) in Table IV of Amendment No. 2 to IEC Publication 56-2), for each test condition (see Table I).

Since in this case the applied voltage may be higher than the rated withstand voltage to earth, it is admissible to insulate the terminal to which the voltage is applied, the terminals of the other poles and the base in order to prevent disruptive discharges to earth. The circuit-breaker shall be considered to have passed this second test series successfully if the number of the disruptive discharges across the open breaker or between poles on self-restoring insulation does not exceed two for each test condition, and if no disruptive discharge on non-self-restoring insulation occurs.

Notes 1. — For special circuit-breakers intended for use in synchronizing operation simultaneously with a substantial switching surge, such as from the line energization, the insulation of a standard circuit-breaker may be insufficient. In such cases which are subject to agreement between manufacturer and user, it is suggested either to use a standard circuit-breaker having a higher rated voltage or to use a special circuit-breaker, increasing the severity of the test with the circuit-breaker open. In this last case, the second test series specified above for testing a standard circuit-breaker when open, shall be changed as follows:

— the second test series consists of the application of 15 consecutive impulses to each terminal in turn, with the opposite terminal energized at the power-frequency voltage $U/\sqrt{3}$ (r.m.s. value), and with the other terminals and the base connected to earth. The peak value of the impulses shall be in accordance with Table V.

Each switching impulse shall be synchronized so that it is applied approximately in correspondence to the peak value of the opposite polarity of the power-frequency voltage. The circuit-breaker shall be considered to have passed this second test series successfully if the number of the disruptive discharges across the open breaker to earth or between poles on self-restoring insulation does not exceed two, for each test condition and if no disruptive discharge on non-self-restoring insulation occurs.

TABLE V

Rated voltage U kV (r.m.s.)	Withstand voltage across the open breaker applied to		
	one terminal	opposite terminal	
	Switching impulse U_w kV (peak)	Power-frequency $U/\sqrt{3}$ kV (r.m.s.)	$U\sqrt{2}/\sqrt{3}$ kV (peak)
(1)	(2)	(3)	(4)
300	700	175	245
362	800	210	295
420	900	245	345
525	900	305	430
765	1 100	440	625

To take into account the problem of the influence of the switching impulse on the power-frequency voltage wave, caused by capacitive coupling between the two voltage circuits, the following test requirement shall be fulfilled:

The voltage drop on the power-frequency wave applied to one terminal shall be limited so that the actual test voltage to earth, measured in correspondence to the peak value of the impulse, is not less than the specified value $U\sqrt{2}/\sqrt{3}$. To achieve such a condition, the power-frequency voltage can be increased up to, but not more than $1.2 U\sqrt{2}/\sqrt{3}$.

The voltage drop can be greatly reduced by using a capacitor of a convenient value connected in parallel to the terminal of the power-frequency side.

2. — The above tests are not intended to ensure the co-ordination of the insulation to earth with respect to the insulation across the open breaker. To achieve such a co-ordination, the use of suitable protective devices, such as surge diverters and spark gaps, should be considered.

3. — Avec l'accord du constructeur, la seconde série d'essais sur le disjoncteur ouvert, décrite dans la note 1, peut être effectuée en évitant l'utilisation de la source de tension à fréquence industrielle. Cette série d'essais consiste à appliquer successivement sur chaque borne 15 chocs consécutifs à une tension égale à la somme des valeurs nominales des colonnes (2) et (4) du tableau V. La borne opposée doit être reliée à la terre; les autres bornes et la borne à laquelle on applique la tension ainsi que le châssis doivent être isolés de façon à éviter des décharges disruptives à la terre. On estime que cet essai est plus sévère que l'essai normal prescrit par la note 1. On doit souligner que cet essai n'est pas obligatoire mais constitue une méthode pouvant être utilisée, comme variante, à la disposition du constructeur et qu'il n'a pas pour but d'introduire une troisième classe de disjoncteurs.

4.8 Essais de tension à fréquence industrielle

Les disjoncteurs doivent être soumis à des essais de tenue à la tension à fréquence industrielle conformément à la Publication 60.

- 1) Pour les disjoncteurs de tension nominale inférieure à 300 kV, la tension d'essai doit être celle spécifiée à l'article 3 de la Modification n° 2 à la Publication 56-2 de la CEI (Tension de tenue à fréquence industrielle pendant une minute). L'essai doit être effectué à sec et répété sous pluie seulement pour les disjoncteurs pour l'extérieur. Pour chaque condition d'essai (voir tableau I), la tension d'essai doit être élevée jusqu'à la valeur fixée pour l'essai et doit être maintenue pendant 1 min.

On doit considérer que le disjoncteur a satisfait à l'essai s'il ne se produit pas de décharge disruptive.

Toutefois, s'il se produit une décharge disruptive sur une isolation externe autorégénératrice au cours d'un essai sous pluie, cet essai sera répété dans les mêmes conditions d'essai, et on doit considérer que le disjoncteur a satisfait à l'essai s'il ne se produit pas de nouvelle décharge disruptive.

Note 1. — Pour les disjoncteurs à cuve métallique, les essais sous pluie peuvent être supprimés si les traversées ont été essayées antérieurement, conformément à la publication correspondante de la CEI.

- 2) Pour les disjoncteurs de tension nominale égale ou supérieure à 300 kV, les essais doivent être effectués seulement à sec.

Le disjoncteur étant en position de fermeture, la tension d'essai doit être élevée, pour chaque condition d'essai (voir tableau II), jusqu'à la valeur prescrite pour les essais individuels (voir section deux), reproduite dans le tableau VI, et doit être maintenue pendant une minute. On doit considérer que le disjoncteur a satisfait à l'essai s'il ne se produit pas de décharge disruptive.

Le disjoncteur étant en position d'ouverture, pour chaque condition d'essai (voir tableau II), la tension d'essai doit être appliquée simultanément aux deux bornes de chaque pôle, en utilisant deux sources de tension différentes déphasées en vue d'obtenir aux bornes du disjoncteur une tension égale à $2,5 U/\sqrt{3}$. Aucune des valeurs de tension appliquée à l'une des bornes ne doit être supérieure à U . Les valeurs de la tension totale aux bornes du disjoncteur ouvert sont indiquées dans le tableau suivant.

La tension doit être maintenue pendant une minute, et on doit considérer que le disjoncteur a satisfait à l'essai s'il ne se produit pas de décharge disruptive.

TABLEAU VI

Tension nominale U kV (valeur efficace)	Tension de tenue U_w	
	Disjoncteur en position de fermeture kV (valeur efficace)	Disjoncteur en position d'ouverture (tension totale entre bornes) kV (valeur efficace)
(1)	(2)	(3)
300	380	435
362	450	520
420	520	610
525	620	760
765	830	1 100

3. — Subject to the manufacturer's approval, the second test series as described in Note 1, with the circuit-breaker open, can be performed avoiding the use of the power-frequency voltage source. This test series consists of the application to each terminal in turn, of 15 consecutive impulses at a voltage equal to the sum of the rated values of the columns (2) and (4) of Table V. The opposite terminal shall be earthed and the other terminals, the terminal to which the voltage is applied and the base, insulated in such a way as to prevent disruptive discharges to earth. This test is deemed to be more severe than the standard test prescribed in Note 1. It is emphasized that this test is not mandatory but is an alternative method available to the manufacturer and is not intended to introduce a third class of circuit-breakers.

4.8 Power-frequency voltage tests

Circuit-breakers shall be subjected to power-frequency voltage withstand tests in accordance with Publication 60.

- 1) For circuit-breakers having a rated voltage lower than 300 kV, the test voltage shall be that specified in Clause 3 of Amendment No. 2 to IEC Publication 56-2 (One minute power-frequency withstand voltage). The test shall be performed in dry conditions and repeated for outdoor circuit-breakers only, in wet conditions. For each test condition (see Table I), the test voltage shall be raised to the test value and maintained for 1 min.

The circuit-breaker shall be considered to have passed the test successfully if no disruptive discharge occurs.

However, if during a wet test a disruptive discharge on external self-restoring insulation occurs, this test shall be repeated in the same test condition and the circuit-breaker shall be considered to have passed this test successfully if no further disruptive discharge occurs.

Note 1. — In the case of "dead tank" circuit-breakers, when the bushings have been previously tested according to the relevant IEC publication, tests under wet conditions can be omitted.

- 2) For circuit-breakers having a rated voltage 300 kV and above, the tests shall be performed in dry conditions only.

With the circuit-breaker closed, the test voltage shall be raised, for each test condition (see Table II), to the value prescribed for the routine tests (see Section Two) as reported in Table VI and shall be maintained for one minute. The circuit-breaker shall be considered to have passed the test successfully if no disruptive discharge occurs.

With the circuit-breaker open, for each test condition (see Table II) the test voltage shall be applied simultaneously to the two terminals of each pole, using two different voltage sources in out-of-phase conditions, in order to obtain across the open breaker a voltage equal to $2.5 U/\sqrt{3}$. Neither of the two voltage values applied to one terminal shall be higher than U . Total voltage values across the open breaker are reported in the following table.

The voltage shall be maintained for one minute and the circuit-breaker shall be considered to have passed the test successfully if no disruptive discharge occurs.

TABLE VI

Rated voltage U kV (r.m.s.)	Withstand voltage U_w	
	With the circuit-breaker closed kV (r.m.s.)	With the circuit-breaker open (total voltage between terminals) kV (r.m.s.)
(1)	(2)	(3)
300	380	435
362	450	520
420	520	610
525	620	760
765	830	1 100

Note 2. — Avec l'accord du constructeur, les essais en position d'ouverture du disjoncteur peuvent être effectués en utilisant une seule source de tension. Dans ce cas, on appliquera une tension égale à $2,5 U/\sqrt{3}$ pendant une minute entre chacune des bornes de chaque pôle et le châssis, la borne opposée et toutes les parties normalement sous tension des autres pôles étant mises à la terre.

Pour cet essai il est permis d'isoler de la terre le châssis du disjoncteur. On doit considérer que le disjoncteur a satisfait à l'essai s'il ne se produit pas de décharge disruptive

Cet essai est plus sévère que celui effectué selon la méthode d'essai spécifiée.

Note 3. — Pour des applications spéciales, la valeur de la tension d'essai $2,5 U/\sqrt{3}$ pour l'essai de l'isolation du disjoncteur en position d'ouverture peut être insuffisante. Dans ce cas, après accord entre constructeur et utilisateur, on peut utiliser des tensions d'essai plus élevées.

4.9 Essais de pollution artificielle

Les essais de pollution artificielle ont pour but de fournir des informations sur le comportement de l'isolation externe dans des conditions correspondant à la contamination en service. Toutefois, ces essais ne représentent pas nécessairement une condition particulière de service.

Les essais sont effectués en vue de prouver qu'une tension d'essai égale à $U/\sqrt{3}$ sera tenue avec le degré de pollution spécifié au cours de trois essais sur quatre, U étant la tension nominale du disjoncteur.

Ces essais s'appliquent seulement aux disjoncteurs pour l'extérieur et doivent être effectués en cas d'accord spécial entre constructeur et utilisateur. Les essais doivent être effectués sur un seul pôle de disjoncteur et seulement en position de fermeture, en vue de fournir des informations sur le comportement de l'isolation par rapport à la terre.

Etant donné que la méthode d'essai la plus adaptée aux disjoncteurs et que le degré maximal de pollution acceptable dans des conditions de service données sont encore à l'étude, lorsqu'un accord a prévu d'effectuer des essais de pollution artificielle, le degré de pollution spécifié et la méthode d'essai doivent, après accord entre constructeur et utilisateur, être choisis parmi ceux décrits dans le rapport correspondant de la CEI: Publication 507 (voir aussi la Publication 60 de la CEI).

Notes 1. — Des essais appropriés au contrôle de l'isolation du disjoncteur en position d'ouverture sont à l'étude.

2. — Afin d'éviter de monter des disjoncteurs de grandes dimensions à seule fin d'effectuer des essais, on peut, dans le cas de disjoncteurs de construction modulaire, effectuer les essais sur un seul module. Toutefois, dans cette hypothèse, la sévérité de l'essai est différente de celle de l'essai du pôle complet.

4.10 Essais de tension de perturbation radioélectrique

Ces essais concernent seulement les disjoncteurs de tension nominale égale ou supérieure à 100 kV et ces essais doivent être effectués en cas d'accord spécial entre constructeur et utilisateur.

Les essais peuvent être effectués sur un pôle du disjoncteur dans les deux positions de fermeture et d'ouverture.

La tension d'essai doit être appliquée comme suit:

- a) en position de fermeture entre, d'une part, les bornes et, d'autre part, le châssis relié à la terre;
- b) en position d'ouverture entre, d'une part, une borne et, d'autre part, les autres bornes connectées au châssis lui-même relié à la terre. Puis les connexions doivent être inversées si le disjoncteur n'est pas symétrique.

La cabine, la cuve, le châssis et les autres éléments normalement reliés à la terre doivent être connectés à la terre. On doit prendre soin d'éviter que des objets reliés ou non à la terre et situés à proximité du disjoncteur et du circuit d'essai et de mesure n'influencent les mesures.

Le disjoncteur doit être sec et propre et sa température doit être approximativement celle de la salle dans laquelle on effectue l'essai.

Il est recommandé de ne pas soumettre le disjoncteur à d'autres essais diélectriques au cours des deux heures qui précèdent le présent essai. Les extrémités ou des dimensions transversales des connexions d'essai ne doivent pas provoquer de perturbations radioélectriques.

Le circuit de mesure (voir la figure 20) doit être conforme à la Publication 1, seconde édition, 1972, du Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques (CISPR). Le circuit de mesure doit être accordé de préfé-

Note 2. — With the circuit-breaker open, subject to agreement with the manufacturer, tests may be performed using one single voltage source. In this case a voltage equal to $2.5 U/\sqrt{3}$ shall be applied for one minute between each terminal of each pole and the base, the opposite terminal and all live parts of other poles being earthed.

For this test it is admissible to insulate the base of the circuit-breaker from earth. The circuit-breaker shall be considered to have passed the test successfully if no disruptive discharge occurs.

This test is more severe than that following the specified procedure.

Note 3. — For special applications the test voltage value of $2.5 U/\sqrt{3}$, when testing open-breaker insulation, may be insufficient. In such cases higher test values may be used, subject to agreement between manufacturer and user.

4.9 Artificial pollution tests

Artificial pollution tests are intended to provide information on the behaviour of external insulation under conditions representative of pollution in service, although they do not necessarily simulate any particular service condition.

Tests are performed to prove that a test voltage equal to $U/\sqrt{3}$ will be withstood at the specified degree of pollution in three out of four tests, U being the rated voltage of the circuit-breaker.

These tests apply only to outdoor circuit-breakers and shall be performed by special agreement between manufacturer and user. Tests shall be performed on one single pole of circuit-breaker in the closed position only, to provide information on the behaviour of insulation to earth.

Since the more appropriate testing method for circuit-breakers and the maximum degree of pollution acceptable with reference to service conditions are still under consideration, in cases where artificial pollution tests are agreed, the specified degree of pollution and the testing method, subject to agreement between manufacturer and user, shall be chosen from those described by the relevant IEC Report, Publication 507 (see also IEC Publication 60).

Notes 1. — Appropriate tests for checking the open breaker insulation are under consideration.

2. — To obviate the necessity of erecting large circuit-breakers for test purposes alone, in the case of circuit-breakers of modular construction one single module may be tested. In this case, however, the test severity is different from that of the test of the complete pole.

4.10 Radio interference voltage (RIV) tests

These tests apply only to circuit-breakers having a rated voltage of 100 kV and above, and shall be subject to special agreement between manufacturer and user.

Tests may be performed on one pole of the circuit-breaker in both closed and open positions:

The test voltage shall be applied as follows:

- a) in closed position, between the terminals and the earthed base;
- b) in open position, between one terminal and the other terminals connected to the earthed base. Connections shall be reversed if the circuit-breaker is not symmetrical.

The case, tank, base and other normally earthed parts shall be connected to earth. Care should be taken to avoid influencing the measurements by earthed or unearthed objects near to the circuit-breaker and to the test and measuring circuit.

The circuit-breaker shall be dry and clean and at approximately the same temperature as the room in which the test is made.

The circuit-breaker should not be subjected to other dielectric tests within 2 h prior to the present test. The test connections shall be so arranged that their ends or cross-sectional dimensions are not a source of radio interference voltage.

The measuring circuit (see Figure 20) shall comply with International Special Committee on Radio Interference (CISPR) Publication 1, second edition, 1972. The measuring circuit shall preferably be tuned to a frequency within

rence pour une fréquence de 0,5 MHz à 10% près, mais d'autres fréquences comprises entre 0,5 MHz et 2 MHz pourront être utilisées; la fréquence de mesure doit être notée. Les résultats doivent être exprimés en microvolts.

Si on utilise des impédances de mesure différentes de celles spécifiées dans les publications du CISPR, ces impédances ne doivent pas être supérieures à 600 Ω ni inférieures à 30 Ω ; dans tous les cas, le déphasage ne doit pas dépasser 20°. La tension équivalente de perturbation radioélectrique pour 300 Ω peut être calculée en supposant que la tension mesurée soit directement proportionnelle à la résistance, sauf pour les objets essayés de grande capacité, pour lesquels une correction effectuée suivant cette méthode peut être imprécise. Par conséquent, on recommande d'utiliser une résistance de 300 Ω pour les disjoncteurs comportant des traversées munies de brides mises à la terre (par exemple disjoncteurs à huile à cuve métallique).

Le filtre F doit avoir une impédance élevée, de telle sorte que l'impédance entre le conducteur à haute tension et la terre ne soit pas shuntée de façon appréciable lorsqu'elle est vue du disjoncteur en essai. Ce filtre réduit également les courants de fréquence radioélectrique qui circulent dans le circuit d'essai et qui sont produits par le transformateur à haute tension ou recueillis à partir de sources étrangères au circuit. On a trouvé qu'une valeur appropriée de cette impédance était 10 000 Ω à 20 000 Ω à la fréquence de mesure.

On doit s'assurer par des moyens convenables que le niveau de fond des perturbations (niveau de perturbations dû au champ extérieur et au transformateur H.T. lorsque son circuit magnétique est soumis à la pleine tension d'essai) est aussi faible que possible et en tout cas au moins 6 dB et de préférence 10 dB plus bas que le niveau de perturbations spécifié pour le disjoncteur à essayer. Les méthodes d'étalonnage des instruments de mesure et du circuit de mesure doivent être conformes à celles spécifiées par les publications du CISPR mentionnées précédemment.

Etant donné que le niveau de perturbations radioélectriques peut être affecté par des fibres ou des poussières qui se déposent sur les isolateurs, il est permis d'essayer les isolateurs avec un chiffon propre avant d'effectuer une mesure. Les conditions atmosphériques pendant l'essai seront notées. On ne connaît pas les facteurs de correction à appliquer aux essais de perturbations radioélectriques, mais on sait que ces essais peuvent être sensibles à une humidité relative élevée et on peut douter de la valeur des résultats des essais si l'humidité relative est supérieure à 80%.

La méthode d'essai suivante doit être suivie:

Une tension $1,1 U/\sqrt{3}$ doit être appliquée au disjoncteur et maintenue pendant au moins 5 min, U étant la tension nominale du disjoncteur. La tension doit alors être réduite par paliers jusqu'à $0,3 U/\sqrt{3}$, puis augmentée de nouveau par paliers jusqu'à la valeur initiale et finalement réduite par paliers jusqu'à $0,3 U/\sqrt{3}$. A chaque palier une mesure du niveau des perturbations radioélectriques doit être effectuée et les niveaux tels qu'ils sont enregistrés pendant la dernière descente seront notés en fonction de la tension appliquée; la courbe ainsi obtenue est la caractéristique de perturbation radioélectrique du disjoncteur. L'amplitude des paliers de tension doit être approximativement égale à $0,1 U/\sqrt{3}$.

On doit considérer que le disjoncteur a satisfait à l'essai si le niveau de perturbations radioélectriques à une tension de $1,1 U/\sqrt{3}$ et déduit de la caractéristique de perturbation radioélectrique ne dépasse pas 2 500 μV .

4.11 Essais de décharges partielles

La réalisation d'essais de décharges partielles sur le disjoncteur complet n'est pas demandée. Toutefois, pour les disjoncteurs comportant des éléments auxquels s'applique une publication correspondante de la CEI prévoyant des mesures de décharges partielles (par exemple les traversées, voir la Publication 137), le constructeur doit prouver que ces éléments ont satisfait aux essais de décharges partielles prévus par la publication correspondante de la CEI.

4.12 Essais des circuits auxiliaires et de commande

Les circuits auxiliaires et de commande des disjoncteurs doivent être soumis à des essais de tenue à la tension à fréquence industrielle pendant 1 min:

- 1) entre les circuits auxiliaires et de commande reliés entre eux et le bâti du disjoncteur;

10% of 0.5 MHz but other frequencies in the range 0.5 MHz to 2 MHz may be used, the measuring frequency being recorded. The results shall be expressed in microvolts.

If measuring impedances different from those specified in CISPR Publications are used, they shall be not more than 600 Ω nor less than 30 Ω ; in any case the phase angle shall not exceed 20°. The equivalent radio interference voltage referred to 300 Ω can be calculated, assuming the measured voltage to be directly proportional to the resistance, except for test pieces of large capacitance, for which a correction made on this basis may be inaccurate. Therefore, a 300 Ω resistance is recommended for circuit-breakers with bushings with earthed flanges (e.g. dead tank oil circuit-breakers).

The filter F shall have a high impedance so that the impedance between the high voltage conductor and earth is not appreciably shunted as seen from the circuit-breaker under test. This filter also reduces circulating radio frequency currents in the test circuit, generated by the H.V. transformer or picked up from extraneous sources. A suitable value for its impedance has been found to be 10 000 Ω to 20 000 Ω at the measuring frequency.

It shall be ensured by suitable means that the radio interference background level (radio interference level caused by external field and by the H.V. transformer when magnetized at the full test voltage) is as low as possible and in any case at least 6 dB and preferably 10 dB below the specified radio interference level of the circuit-breaker to be tested. Calibration methods for the measuring instrument and the measuring circuit shall be in accordance with those specified in the above-mentioned CISPR Publications.

As the radio interference level may be affected by fibres or dust settling on the insulators, it is permitted to wipe the insulators with a clean cloth before taking a measurement. The atmospheric conditions during the test shall be recorded. It is not known what correction factors apply to radio interference testing but it is known that tests may be sensitive to high relative humidity and the results of tests may be open to doubt if the relative humidity exceeds 80%.

The following test procedure shall be followed:

A voltage $1.1 U/\sqrt{3}$ shall be applied to the circuit-breaker and maintained for at least 5 min, U being the rated voltage of the circuit-breaker. The voltage shall then be decreased by steps down to $0.3 U/\sqrt{3}$, raised again by steps to the initial value and finally decreased by steps to $0.3 U/\sqrt{3}$. At each stop a radio interference measurement shall be taken and the radio interference level, as recorded during the last run, shall be plotted versus the applied voltage: the curve so obtained is the radio interference characteristic of the circuit-breaker. The amplitude of voltage steps shall be approximately $0.1 U/\sqrt{3}$.

The circuit-breaker shall be considered to have passed the test successfully if the radio interference level at $1.1 U/\sqrt{3}$, as read from the radio interference characteristic, does not exceed 2 500 μV .

4.11 *Partial discharge tests*

No partial discharge tests are required to be performed on the complete circuit-breaker. However, in case of circuit-breakers using components for which a relevant IEC Publication exists including partial discharge measurements (e.g. bushings, see IEC Publication 137), evidence shall be produced by the manufacturer showing that those components have passed the partial discharge tests as foreseen by the relevant IEC Publication.

4.12 *Tests on auxiliary and control circuits*

Auxiliary and control circuits of circuit-breakers shall be subjected to 1 min power-frequency voltage withstand tests:

- 1) Between the auxiliary and control circuits connected together as a whole and the base of the circuit-breaker.

2) s'il y a lieu, entre chaque partie des circuits auxiliaires et de commande, qui peut être isolée des autres parties en service normal, et les autres parties reliées entre elles et au bâti.

La tension d'essai doit être 2 000 V.

On doit considérer que les circuits auxiliaires et de commande du disjoncteur ont satisfait à l'essai s'il ne se produit pas de décharge disruptive pendant les essais.

Normalement, la tension d'essai des moteurs et des autres équipements utilisés dans les circuits auxiliaires et de commande doit être la même que celle de ces circuits. Si ces appareils ont déjà été essayés conformément à leur propre spécification, ils peuvent être déconnectés pendant ces essais.

Note. — Après accord entre constructeur et utilisateur, on peut adopter des méthodes d'essai et des valeurs différentes lorsqu'on utilise des circuits auxiliaires ou de commande électroniques.

Page 138

21. Essais de tension des circuits auxiliaires et de commande

Voir paragraphe 4.12 de la présente modification.

Page 120

Ajouter l'annexe H.

ANNEXE H

CALCUL DES FACTEURS DE CORRECTION DES CONDITIONS ATMOSPHERIQUES

Facteur de correction de densité de l'air k_d

Si la pression atmosphérique b est exprimée en millibars et si la température t est exprimée en °C, le facteur de correction de densité de l'air est :

$$k_d = \left(\frac{b}{b_0} \right)^m \times \left(\frac{273 + t_0}{273 + t} \right)^m$$

b_0 et t_0 étant les valeurs normales de référence.

Pour la tension de choc de foudre, m est égal à 1, alors que, pour la tension alternative et pour la tension de choc de manœuvre positive, m dépend de l'écartement de l'éclateur à l'air libre et doit être choisi selon la courbe de la figure 21. On ne doit pas appliquer de facteur de correction pour la tension de choc de manœuvre négative.

Facteur de correction d'humidité k_h

Le facteur de correction d'humidité est :

$$k_h = (\alpha)^w$$

Le facteur α est donné par les courbes de la figure 22 où la courbe « a » correspond à la tension alternative et où la courbe « b » correspond aux tensions de choc de foudre et de manœuvre.

L'exposant w est égal à :

- $w = 1$ pour la tension de choc de foudre positive
- $w = 0$ pour les tensions de choc de foudre et de manœuvre négatives
- $w = m$ pour la tension alternative et pour la tension de choc de manœuvre positive.

Les valeurs de m sont données par la figure 21.

- 2) If practicable, between each part of the auxiliary and control circuits, which in normal use may be insulated from the other parts, and the other parts connected together and to the base.

The test voltage shall be 2 000 V.

Auxiliary and control circuits of the circuit-breaker shall be considered to have passed the test successfully if no disruptive discharge occurs during each test.

Normally the test voltage of motors and other devices used in the auxiliary and control circuits shall be the same as the test voltage of those circuits. If such apparatus have already been tested in accordance with the appropriate specification, they may be disconnected for these tests.

Note. — In the case where electronic auxiliary or control circuits are used, different testing procedures and values may be adopted, subject to agreement between manufacturer and user.

Page 139

21. Voltage tests on control and auxiliary circuits

See Sub-clause 4.12 of this present amendment.

Page 121

Add Appendix H.

APPENDIX H

CALCULATION OF ATMOSPHERIC CORRECTION FACTORS

Air density correction factor k_a

If the atmospheric pressure b is expressed in millibars and the temperature t is expressed in °C, the relative air density correction factor is:

$$k_a = \left(\frac{b}{b_0} \right)^m \times \left(\frac{273 + t_0}{273 + t} \right)^m$$

b_0 and t_0 being the standard reference values.

For lightning impulse voltage, m is equal to 1, while for alternating voltage and positive switching impulse voltage, m depends from the gap spacing in free air and shall be chosen according to the curve of Figure 21. No correction factor shall be applied for negative switching impulse voltage.

Humidity correction factor k_h

The humidity correction factor is:

$$k_h = (\alpha)^w$$

The factor α is given by the curves of Figure 22, where curve “a” is to be applied for alternating voltage and curve “b” for lightning and switching impulse voltage.

The exponent w is equal to:

$w = 1$ for positive lightning impulse voltage

$w = 0$ for negative lightning and switching impulse voltage.

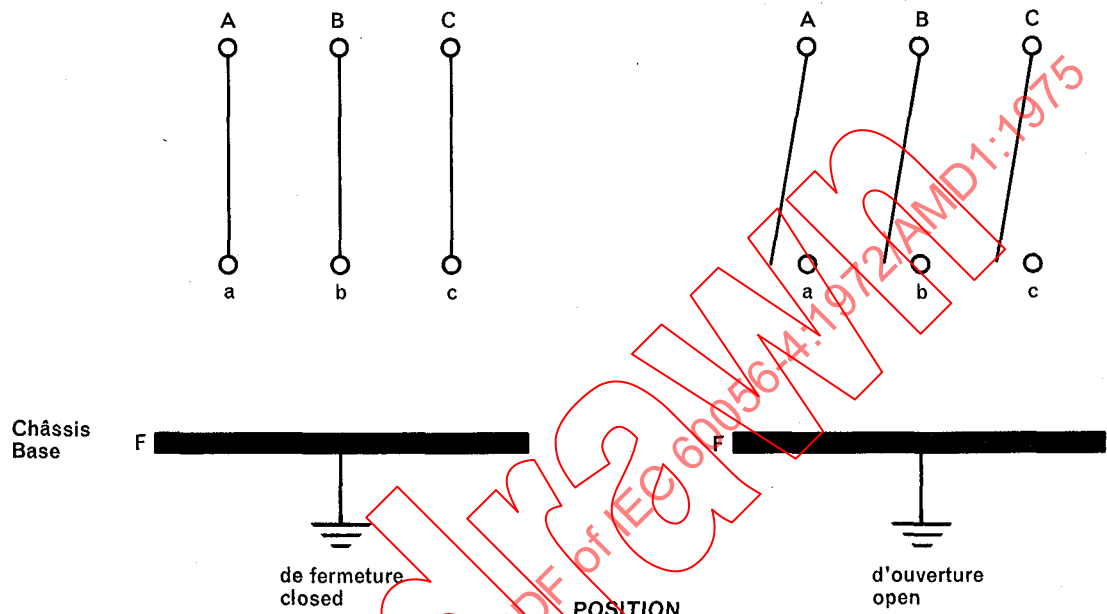
$w = m$ for alternating voltage and positive switching impulse voltage.

The values of m are given by Figure 21.

Page 135

Ajouter les figures suivantes:

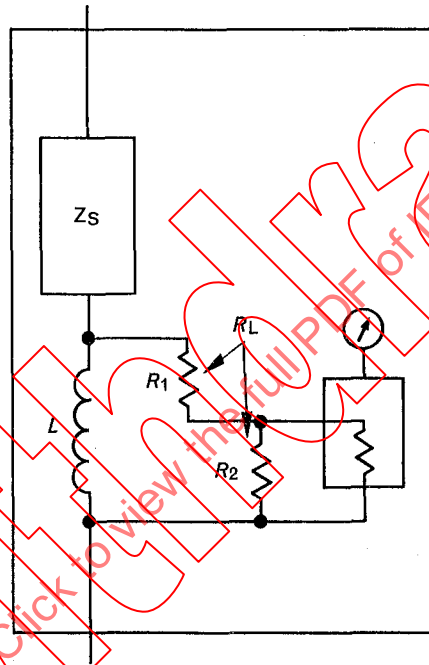
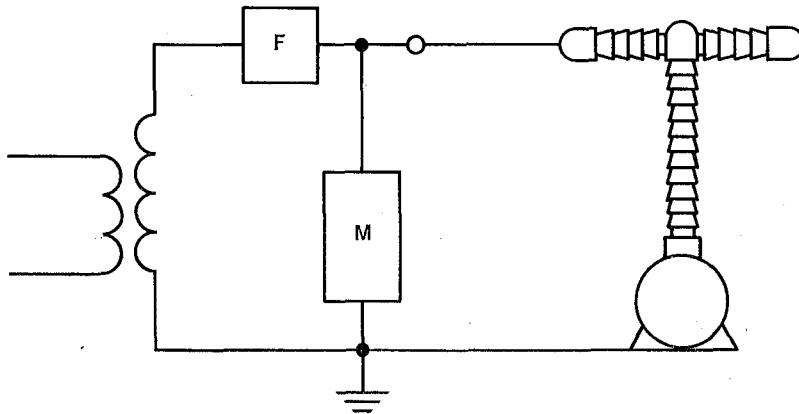
Add the following figures:



363/75

FIG. 19. — Schéma des connexions d'un disjoncteur tripolaire.

Diagram of connections of a three-pole circuit-breaker.



DÉTAILS DE M
DETAILS OF M

369/75

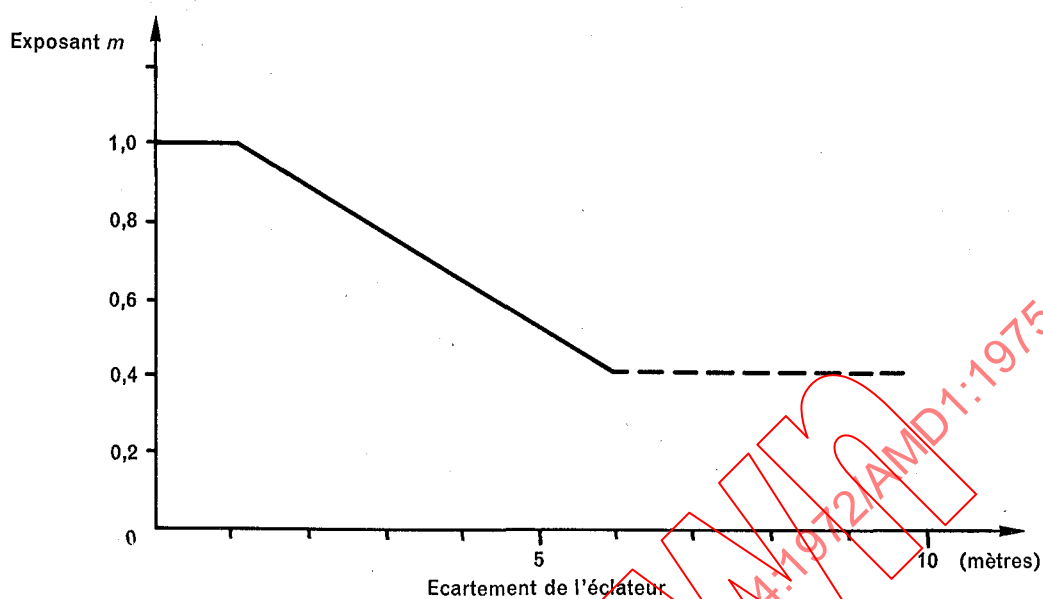
F = filtre
filter

R_L = résistance équivalente de R_1 en série avec la combinaison en parallèle de R_2 et de la résistance équivalente du dispositif de mesure.
is the equivalent resistance of R_1 in series with the parallel combination of R_2 and the equivalent resistance of the measuring set.

Z_s = peut être un condensateur ou un circuit composé d'un condensateur et d'une inductance en série.
may be either a capacitor or a circuit composed of a capacitor and an inductor in series.

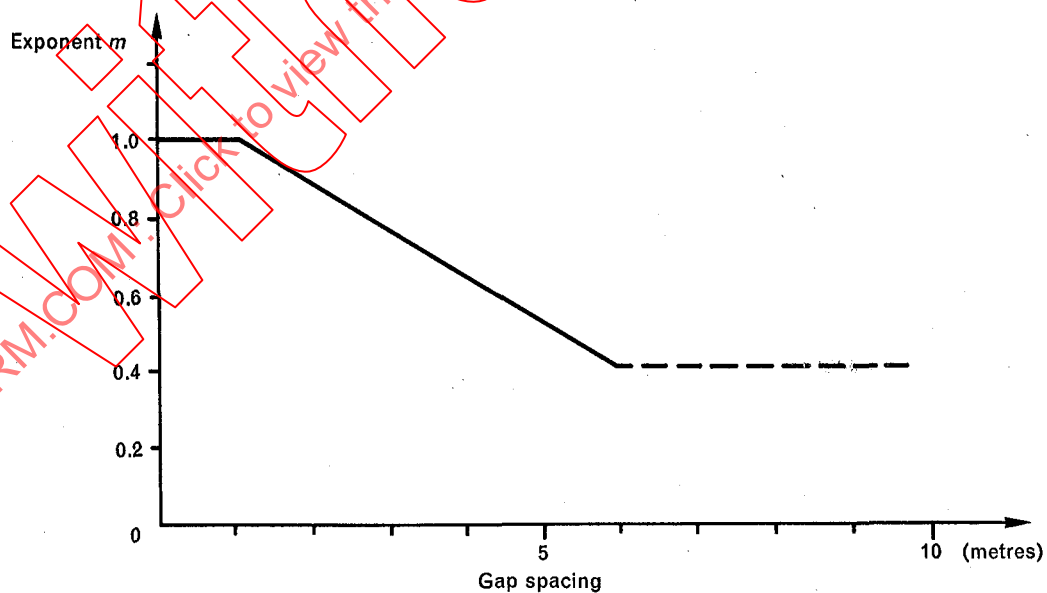
L = impédance utilisée pour shunter les courants à fréquence industrielle et pour compenser les capacités parasites à la fréquence de mesure.
is used to shunt power-frequency currents and to compensate for stray capacitance at the measuring frequency.

FIG. 20. — Schéma d'un circuit d'essais de tension de perturbation radioélectrique des disjoncteurs.
Diagram of the test circuit for the radio interference voltage test of circuit-breakers.



367/75

FIG. 21. — Exposant m , pour la correction de la densité de l'air et de l'humidité.
Exponent m for air density and humidity correction.



367/75