

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
60099-4

1991

AMENDEMENT 1
AMENDMENT 1

1998-04

Amendement 1

Parafoudres –

Partie 4:

**Parafoudres à oxyde métallique sans éclateur
pour réseaux à courant alternatif**

Amendment 1

Surge arresters –

Part 4:

**Metal-oxide surge arresters without gaps
for a.c. systems**

© IEC 1998 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

Q

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

AVANT-PROPOS

Le présent amendement a été établi par le comité d'études 37 de la CEI: Parafoudres.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
37/192/FDIS	37/198/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cet amendement.

Page 6

SOMMAIRE

Remplacer le titre existant de l'annexe F par le nouveau titre suivant:

Essai de pollution artificielle relatif à la contrainte thermique des parafoudres à oxyde métallique à enveloppe en porcelaine comportant plusieurs éléments

Page 12

1.2 Références normatives

Insérer, dans la liste existante, le titre de la norme suivante:

CEI 60507:1991, *Essais sous pollution artificielle des isolateurs pour haute tension destinés aux réseaux à courant alternatif*

Page 42

7.1 Généralités

Remplacer le point 7) existant par le nouveau point suivant:

- 7) Essai de pollution artificielle pour les parafoudres à enveloppe porcelaine et à plusieurs éléments (voir annexe F)

Cet essai est effectué pour évaluer l'augmentation de température des parties internes due à une distribution non linéaire et transitoire de potentiel à cause d'une couche de pollution à la surface de l'enveloppe du parafoudre.

Un calcul préliminaire de l'augmentation maximale théorique de température doit être effectué selon l'article F.5. Si le résultat du calcul est inférieur à 40 K, aucun essai n'est nécessaire. Si le résultat du calcul est supérieur ou égal à 40 K, un essai selon l'annexe F doit être effectué, mais il peut néanmoins être omis après accord entre l'utilisateur et le constructeur (par exemple sur la base d'un retour d'expérience dans des environnements spécifiques).

FOREWORD

This amendment has been prepared by IEC technical committee 37: Surge arresters.

The text of this amendment is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
37/192/FDIS	37/198/RVD

Full information on the voting for the approval of this amendment can be found in the report on voting indicated in the above table.

Page 7

CONTENTS

Replace the existing title of annex F by the following new title:

Artificial pollution test with respect to the thermal stress on porcelain-housed multi-unit metal-oxide surge arresters

Page 13

1.2 Normative references

Insert, in the existing list, the title of the following standard:

IEC 60507:1991, *Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used in a.c. systems*

Page 43

7.1 General

Replace the existing item 7) by the following new item:

7) Artificial pollution test for porcelain-housed multi-unit surge arresters (see annex F)

This test is made to evaluate the temperature rise of the internal parts due to a non-linear and transient voltage grading caused by the pollution layer on the surface of the arrester housing.

A preliminary calculation of the maximum theoretical temperature rise shall be performed according to clause F.5. If the result of the calculation is less than 40 K, no test is required. If the result of the calculation is 40 K or higher, a test according to annex F shall be performed unless, by agreement between user and manufacturer (for example, based on service experience in specified environments), the test can be omitted.

Annexe F

Remplacer le titre et le texte existants de l'annexe F par ce qui suit:

Annexe F (normative)

Essai de pollution artificielle relatif à la contrainte thermique des parafoudres à oxyde métallique à enveloppe en porcelaine comportant plusieurs éléments

F.1 Glossaire

F.1.1 Paramètres mesurés

q_z [C/hm]	Charge externe moyenne s'écoulant à la surface des isolateurs et des enveloppes de parafoudres pendant des épisodes de pollution en service, correspondant à un épisode de pollution de durée déterminée t_z . Ce paramètre est utilisé pour classer la sévérité de pollution d'un site.
t_z [h]	Durée d'un épisode de pollution en service.
Q_e [C]	Charge s'écoulant à la surface des éléments du parafoudre pendant l'essai de pollution.
Q_i [C]	Charge s'écoulant dans les parties internes des éléments du parafoudre pendant l'essai de pollution.
ΔT_k [K]	Augmentation de température de l'élément k.
β [K/C]	Rapport entre l'augmentation de température des parties internes du parafoudre et la charge interne mesurée conformément à l'essai préliminaire d'échauffement.
τ [h]	Constante de temps thermique équivalente du parafoudre déterminée pendant l'essai préliminaire d'échauffement.

F.1.2 Paramètres calculés

D_m [m]	Diamètre moyen de l'enveloppe du parafoudre: il est calculé selon la méthode de la CEI 60815.
Q_{tot} [C]	Charge totale du parafoudre: c'est la somme de Q_i et Q_e , et elle est mesurée sur la connexion de terre du parafoudre.
$\Delta T_{z \max}$ [K]	Augmentation théorique maximale de température en service calculée en fonction de β , q_z , t_z , D_m et τ .

Annex F

Replace the existing title and text of annex F by the following:

Annex F (normative)

Artificial pollution test with respect to the thermal stress on porcelain-housed multi-unit metal-oxide surge arresters

F.1 Glossary

F.1.1 Measured quantities

q_z [C/hm]	Mean external charge flowing on the surface of insulators and surge arrester housings during pollution events in service, relevant to a pollution event lasting a time t_z . This parameter is used for the classification of the pollution severity of a site.
t_z [h]	Duration of a pollution event in service.
Q_e [C]	Charge flowing on the surface of the units of the surge arrester during the pollution test.
Q_i [C]	Charge flowing in the internal parts of the units of the surge arrester during the pollution test.
ΔT_k [K]	Temperature rise relevant to unit k.
β [K/C]	Ratio between the temperature rise of the internal parts of the arrester and the relevant charge flowing internally as determined in the preliminary heating test.
τ [h]	Equivalent thermal time constant of the arrester as determined in the preliminary heating test.

F.1.2 Calculated quantities

D_m [m]	Average diameter of the surge arrester housing: it is calculated according to the method reported in IEC 60815.
Q_{tot} [C]	Total charge relevant to the surge arrester: it is the sum of Q_i and Q_e and it is measured at the earth terminal of the surge arrester.
$\Delta T_{z \max}$ [K]	Maximum theoretical temperature rise in service calculated as a function of β , q_z , t_z , D_m and τ .

WU	Déséquilibre pondéré du parafoudre calculé en fonction des caractéristiques électriques et géométriques de chaque élément du parafoudre. Ce paramètre est utilisé pour sélectionner la configuration la plus critique qui doit être soumise à l'essai de pollution.
K_{ie}	Rapport entre la charge externe maximale et la charge interne maximale s'écoulant dans les éléments du parafoudre pendant l'essai de pollution.
ΔT_z [K]	Augmentation prévue de température en service calculée en fonction de β , q_z , t_z , D_m , K_{ie} et τ .
T_{OD} [°C]	Température initiale utilisée pour l'essai de fonctionnement.

F.2 Généralités

Il convient que la pollution de l'isolation externe d'un parafoudre à oxyde métallique soit considérée en examinant trois effets possibles:

- le risque de contournement externe;
- des décharges partielles à l'intérieur du parafoudre dues aux champs radiaux entre la surface externe et les éléments actifs internes;
- l'augmentation de la température des éléments actifs internes due à une répartition de potentiel non linéaire et transitoire causée par une couche de pollution sur la surface de l'enveloppe du parafoudre.

Cette procédure d'essai concerne uniquement le troisième effet possible.

Des essais en laboratoire et l'expérience en exploitation ont montré que l'échauffement des éléments actifs internes des parafoudres soumis à de la pollution est liée à la charge absorbée: ce paramètre est considéré comme essentiel pour l'évaluation de la performance sous pollution des parafoudres.

Une classification de la sévérité de sites représentatifs a été établie en considérant la charge moyenne externe s'écoulant à la surface de différents isolateurs et parafoudres.

Les procédures décrites dans cette annexe se réfèrent seulement à des parafoudres à enveloppe porcelaine; il se peut que les procédures applicables aux parafoudres à enveloppe synthétique requièrent plus d'investigations, elles sont actuellement à l'étude.

Cette annexe décrit la procédure pour déterminer le préchauffage à appliquer à l'échantillon en essai avant l'essai de fonctionnement, de façon à prendre en compte l'effet de l'échauffement dû à la pollution; cette procédure est synthétisée dans l'organigramme de la figure F.1. En particulier:

- la sévérité de la pollution de différents sites représentatifs est exprimée par q_z . Les données correspondantes sont reportées dans le tableau F.1;
- les caractéristiques thermiques du parafoudre sont déterminées selon une procédure dérivée de l'annexe B. Cette procédure permet la détermination de la constante de temps thermique équivalente τ et le calcul du paramètre β grâce au critère décrit dans la section 4;
- la connaissance des caractéristiques thermiques du parafoudre et de la sévérité attendue de la pollution du site dans lequel le parafoudre va être installé permet un calcul préliminaire de l'augmentation maximale de température pour les conditions les plus modérées selon lesquelles toute la charge due à l'événement de pollution s'écoulerait par l'intérieur du parafoudre;

WU	Weighted unbalance of the arrester calculated as a function of the electrical and geometrical characteristic of each unit of the surge arrester. This parameter is used to select the most critical design to be submitted to the pollution test.
K_{ie}	Ratio between the maximum external charge and the maximum internal charge flowing in the surge arrester units during the pollution test.
ΔT_z [K]	Expected temperature rise in service calculated as a function of β , q_z , t_z , D_m , K_{ie} and τ .
T_{OD} [°C]	Starting temperature to be used for the operating duty test.

F.2 General

Pollution on external insulation of a metal-oxide surge arrester should be considered regarding three possible effects:

- risk of external flashover;
- partial discharges inside the surge arrester due to radial fields between the external surface and the internal active elements;
- temperature rise of the internal active elements due to a non-linear and transient voltage grading caused by the pollution layer on the surface of the arrester housing.

This test procedure considers only the third possible effect.

Laboratory tests and service experience have shown that the heating of the internal active parts of the surge arrester under pollution conditions is related to the charge absorbed: this parameter is therefore considered essential in the evaluation of the pollution performance of surge arresters.

A classification of the pollution severity of representative sites has been set up considering the mean external charge flowing on the surface of different insulators and surge arresters.

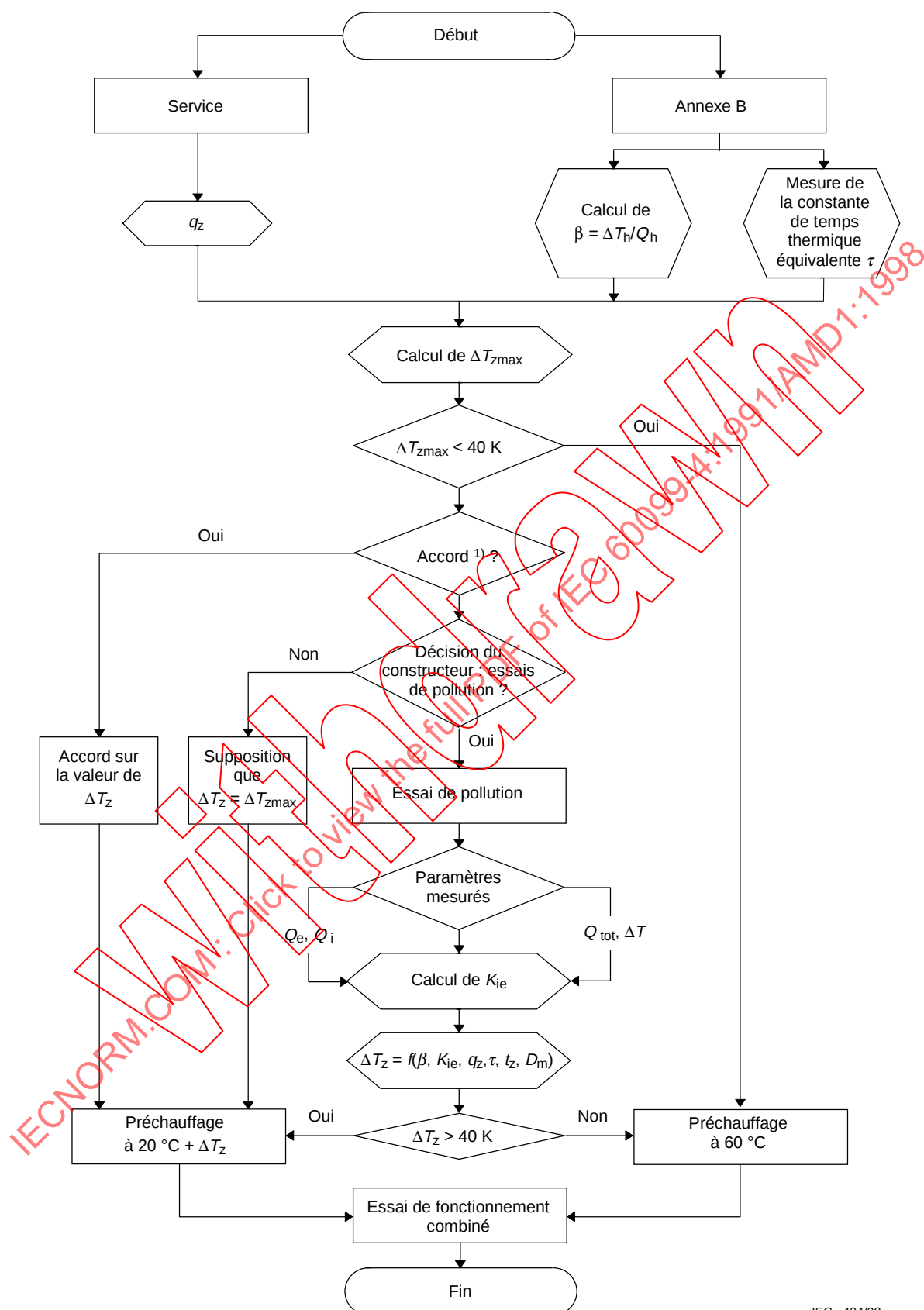
The procedures described in this annex refer only to surge arresters with a porcelain housing; the procedures for polymeric type surge arresters may require further investigation and are presently under consideration.

This annex describes the procedure for the determination of the preheating to be applied to the test sample before the operating duty test, in order to take into account the heating effect of the pollution; this procedure is synthesized in the flow-chart of figure F.1. In particular:

- the pollution severity of different representative sites is expressed in terms of q_z . Relevant data are given in table F.1;
- the thermal characteristics of the surge arrester are determined according to a procedure derived from that of annex B. This procedure allows the determination of the equivalent thermal time constant τ and the calculation of the parameter β by means of the criteria described in section 4;
- the knowledge of the thermal characteristics of the surge arrester and of the expected pollution severity of the site in which the surge arrester is going to be installed allows a preliminary calculation of the maximum temperature rise in the most conservative conditions in which all the charge relevant to the pollution event would flow internally into the surge arrester;

- si le calcul de l'augmentation maximale de température $\Delta T_{z \max}$ conduit à des valeurs inférieures à 40 K, les essais de pollution ne sont pas nécessaires et la température initiale de l'essai de fonctionnement combiné doit être 60 °C. Si le calcul de l'augmentation maximale de température $\Delta T_{z \max}$ conduit à des valeurs supérieures ou égales à 40 K, un essai selon la procédure décrite dans cette annexe doit être effectué, mais il peut néanmoins être omis après accord entre l'utilisateur et le constructeur (par exemple, sur la base d'un retour d'expérience dans des environnements spécifiques). De plus, selon la décision du constructeur, même si le calcul de $\Delta T_{z \max}$ conduit à des valeurs supérieures à 40 K, l'essai de pollution peut être évité en utilisant une température initiale pour l'essai de fonctionnement combiné égale à $(20 + \Delta T_{z \max})$ °C;
- les essais de pollution en laboratoire, quand ils sont jugés nécessaires, sont effectués sur un parafoudre représentatif d'un certain type et d'une certaine conception. Pendant l'essai de pollution, les charges externe et interne Q_e et Q_i doivent être mesurées pour chaque élément de parafoudre. En alternative, la charge totale Q_{tot} et l'augmentation de température ΔT des parties internes peuvent être mesurées. Une analyse statistique des résultats d'essai est nécessaire pour prendre en compte le comportement stochastique de l'échauffement du parafoudre dans des conditions de pollution. L'élaboration des résultats d'essai, décrite en détail dans les articles suivants, donne le facteur K_{ie} qui exprime la propension de la charge à s'écouler par l'intérieur et donc à échauffer les éléments actifs. Ce facteur est une valeur caractéristique d'un type et d'une conception de parafoudre;
- l'augmentation attendue de température en service ΔT_z est calculée en fonction de q_z , K_{ie} , D_m , t_z , β et τ ;
- la température initiale T_{OD} de l'essai de fonctionnement est calculée sur la base du critère suivant:
 - si ΔT_z est supérieure à 40 K, $T_{OD} = 20 \text{ °C} + \Delta T_z$;
 - si ΔT_z est inférieure ou égale à 40 K, $T_{OD} = 60 \text{ °C}$;
- l'essai de fonctionnement est réalisé selon la procédure décrite en 7.5 avec une température initiale égale à T_{OD} .

- if the calculation of the maximum temperature rise $\Delta T_{z \max}$ results in values less than 40 K, the pollution tests are not required and the starting temperature of the operating duty test shall be 60 °C. If the calculation of the maximum temperature rise $\Delta T_{z \max}$ results in values of 40 K or higher, a test according to the procedure described in this annex shall be carried out unless, by agreement between user and manufacturer (for example, based on service experience in specified environments), the pollution test can be omitted. Moreover, at the decision of the manufacturer, even if the calculation of $\Delta T_{z \max}$ results in values higher than 40 K, the pollution test may be avoided using as starting temperature for the operating duty test the value $(20 + \Delta T_{z \max})$ °C;
- laboratory pollution tests, when deemed necessary, are carried out on a surge arrester representative of a certain type and design. During the pollution test, the external and internal charges Q_e and Q_i shall be measured for each surge arrester unit. Alternatively, the total charge Q_{tot} and the temperature rise ΔT of the internal parts may be measured. A statistical analysis of the test results is necessary to take into account the stochastic behaviour of the surge arrester heating under pollution conditions. The elaboration of the test results, described in detail in the following clauses, gives the factor K_{ie} which expresses the tendency of the charge to flow internally and therefore to heat the active parts. This factor is a characteristic value for a given surge arrester type and design;
- the expected temperature rise ΔT_z in service is calculated as a function of q_z , K_{ie} , D_m , t_z , β and τ ;
- the starting temperature T_{OD} of the operating duty test is calculated on the basis of the following criteria:
 - if ΔT_z is greater than 40 K, $T_{OD} = 20 \text{ °C} + \Delta T_z$;
 - if ΔT_z is lower than or equal to 40 K, $T_{OD} = 60 \text{ °C}$;
- the operating duty test is performed according to the procedure described in 7.5 with a starting temperature equal to T_{OD} .



IEC 494/98

Figure F.1 – Organigramme démontrant la procédure permettant de déterminer le préchauffage d'un échantillon en essai

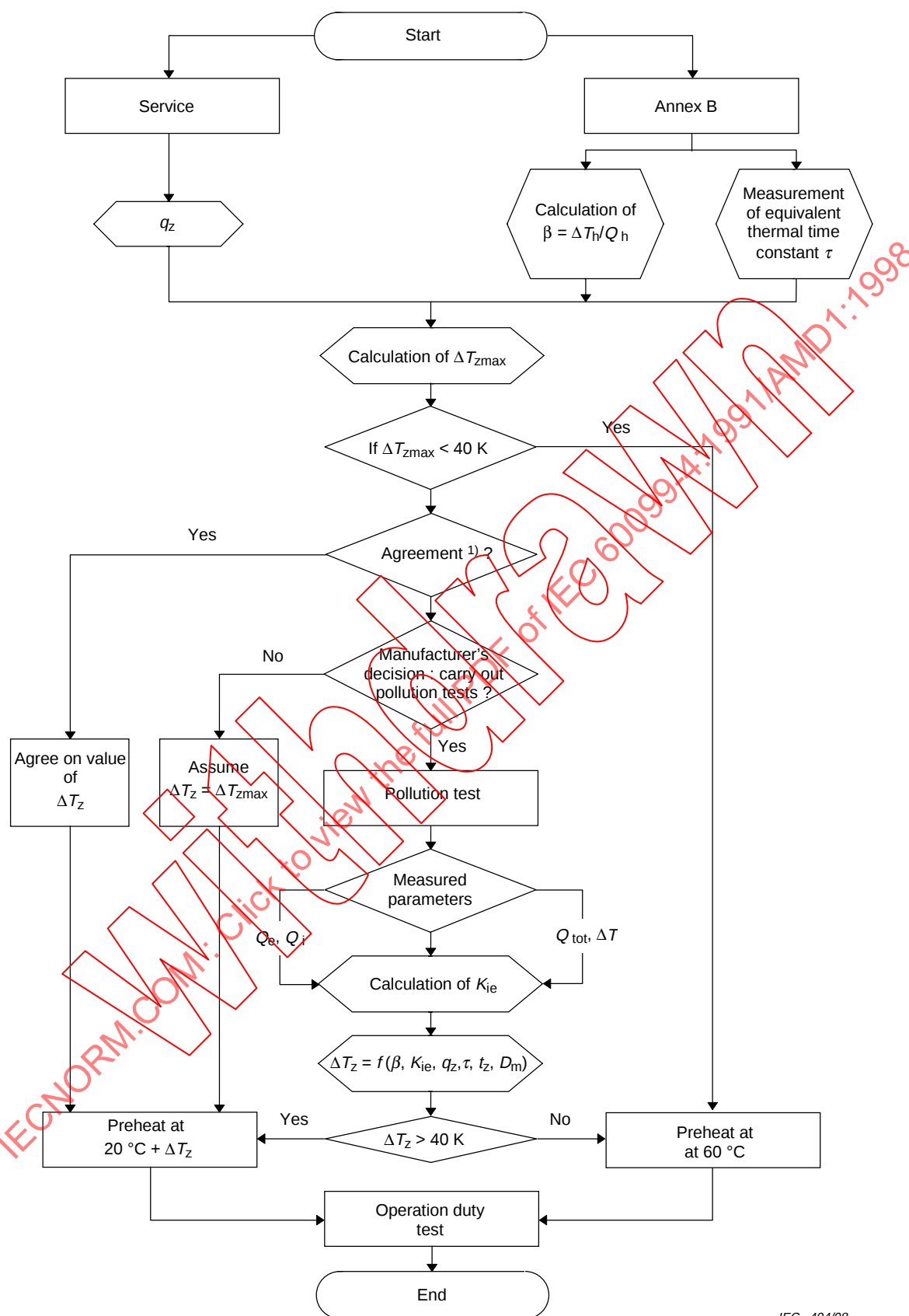


Figure F.1 – Flow-chart showing the procedure for determining the preheating of a test sample

F.3 Classification de la sévérité du site

La classification de la sévérité d'un site est effectuée sur la base de la charge externe moyenne prévue q_z , elle-même basée sur des mesures effectuées dans des sites représentatifs de différentes sévérités de pollution.

En considérant que la charge s'écoulant à la surface d'un isolateur est proportionnelle à son diamètre, la valeur de q_z est normalisée à un diamètre équivalent de 1 m.

Les durées de l'épisode de pollution (t_z) sont déterminées comme suit:

- épisode de pollution de durée moyenne de forte intensité: 2 h;
- épisode de pollution de longue durée: 6 h.

La valeur de q_z à considérer dans les calculs est celle qui correspond à la situation la plus sévère (2 h ou 6 h), d'après l'équation (2), pour le niveau de pollution du site d'installation du parafoudre.

Les valeurs de q_z pour les différentes zones de pollution sont reportées dans le tableau F.1:

Tableau F.1 – Charge moyenne externe pour différentes sévérités de la pollution

Niveau de pollution (zone*)	Ligne de fuite spécifique minimale mm/kV	q_z : Charge moyenne externe C/h.m	
		$t_z = 2 \text{ h}$	$t_z = 6 \text{ h}$
I - Faible	16	0,5	0,24
II - Moyen	20	3,3	2,4
III - Fort	25	24,0	14,0
IV - Très fort	31	55,0	36,0
* Les niveaux de pollution (zones) correspondent à la définition des niveaux de pollution donnés dans le tableau 1 de la CEI 60815.			
NOTE – Les valeurs de q_z ont été obtenues en utilisant une valeur de seuil de 2 mA (voir F.6.3.1).			

F.4 Essai préliminaire d'échauffement: mesure de la constante de temps thermique τ et calcul de β

Une procédure semblable à celle décrite dans l'annexe B, s'appliquant au parafoudre complet, doit être utilisée, mais avec les restrictions suivantes:

- le temps de chauffage t_h doit être inférieur à 10 min;
- la charge Q_h appliquée au parafoudre pendant l'échauffement doit être mesurée;
- τ est le temps déduit de la courbe de refroidissement du parafoudre entre les températures de 60 °C et $22 + 0,63 T_a$, où T_a est la température ambiante en degrés Celsius.

F.3 Classification of site severity

The classification of the pollution severity of a site is made on the basis of the expected mean external charge q_z , based on measurements carried out in sites representative of different pollution severities.

Considering that the charge flowing on the surface of an insulator is proportional to its diameter, the value of q_z is normalized to an equivalent diameter of 1 m.

The duration of pollution phenomena (t_z) are assumed as follows:

- pollution event of medium duration with high intensity: 2 h;
- pollution event of long duration: 6 h.

The value of q_z to be considered in the subsequent calculations is that one corresponding to the most severe situation (2 h or 6 h), according to equation (2), for the pollution level relevant to the site of installation of the surge arrester.

The values of q_z for the different pollution zones are given in table F.1:

Table F.1 – Mean external charge for different pollution severities

Pollution level (zone*)	Minimum specific creepage distance mm/kV	q_z : mean external charge C/h·m	
		$t_z = 2 \text{ h}$	$t_z = 6 \text{ h}$
I - Light	16	0,5	0,24
II - Medium	20	3,3	2,4
III - Heavy	25	24,0	14,0
IV - Very heavy	31	55,0	36,0
* Pollution levels (zones) correspond to the definition of pollution levels given in table 1 of IEC 60815.			
NOTE – The q_z values were obtained using a threshold value of 2 mA (see F.6.3.1).			

F.4 Preliminary heating test: measurement of the thermal time constant τ and calculation of β

A procedure similar to that specified in annex B, relevant to the complete arrester, shall be used, but with the following exceptions:

- the heating time (t_h) shall be shorter than 10 min;
- the charge Q_h applied to the surge arrester during the heating shall be measured;
- τ is the time derived from the cooling curve of the arrester between the temperatures of 60 °C and $22 + 0,63 T_a$, where T_a is the ambient temperature in degrees Celsius.

Le paramètre β doit être calculé selon la formule suivante:

$$\beta = \frac{\Delta T_h}{Q_h} \quad (1)$$

où

ΔT_h est l'augmentation de température pendant l'essai d'échauffement;

Q_h est la charge appliquée pendant l'essai d'échauffement.

NOTE – Après l'essai d'échauffement, on doit vérifier que le temps de chauffage t_h est inférieur à $0,1 \times \tau$, sinon l'essai d'échauffement doit être répété avec un temps t_h plus court.

F.5 Vérification de la nécessité de réaliser les essais de pollution

De façon à vérifier le besoin réel de réaliser l'essai de pollution, un calcul préliminaire de l'augmentation maximale théorique de température en service ($\Delta T_{z \max}$) doit être effectué. Ce calcul suppose que toute la charge attendue en service (q_z) s'écoule à l'intérieur. C'est une situation théorique extrême. Dans ce contexte, $\Delta T_{z \max}$ peut être calculée comme suit:

$$\Delta T_{z \max} = \beta q_z D_m \tau \left(1 - e^{-\left(\frac{t_z}{\tau}\right)} \right) \left(\frac{U_r - U_{r \min}}{U_r} \right) \quad (2)$$

où

U_r est la tension assignée du parafoudre;

$U_{r \min}$ est la tension assignée minimale des éléments.

Si le calcul de l'augmentation maximale de température $\Delta T_{z \max}$ conduit à des valeurs inférieures à 40 K, les essais de pollution ne sont pas nécessaires et la température initiale de l'essai de fonctionnement combiné doit être 60 °C. Si le calcul de l'augmentation maximale de température $\Delta T_{z \max}$ conduit à des valeurs supérieures ou égales à 40 K, un essai selon la procédure décrite dans cette annexe doit être effectué, mais il peut néanmoins être omis après accord entre l'utilisateur et le constructeur (par exemple, sur la base d'un retour d'expérience dans des environnements spécifiques). De plus, selon la décision du constructeur, même si le calcul de $\Delta T_{z \max}$ conduit à des valeurs supérieures à 40 K, l'essai de pollution peut être évité en utilisant une température initiale pour l'essai de fonctionnement combiné égale à $(20 + \Delta T_{z \max})$ °C.

F.6 Exigences générales pour l'essai de pollution

F.6.1 Echantillon en essai

L'échantillon en essai doit être représentatif de la conception la plus critique correspondant à un certain type de parafoudre.

Les caractéristiques de l'échantillon en essai doivent être retenues de façon à respecter les critères du tableau F.2.

The parameter β shall be calculated according to the following equation:

$$\beta = \frac{\Delta T_h}{Q_h} \quad (1)$$

where

ΔT_h is the temperature rise during the heating test;

Q_h is the charge applied during the heating test.

NOTE – After the heating test, it shall be verified that the heating time (t_h) is shorter than $0,1 \times \tau$, otherwise the heating test shall be repeated with a shorter t_h .

F.5 Verification of the need to perform the pollution tests

In order to check the effective need to carry out the pollution test, a preliminary calculation of the maximum theoretical temperature rise in service ($\Delta T_{z \max}$) shall be carried out. This calculation assumes that all the charge expected in service (q_z) flows internally. In this hypothesis, $\Delta T_{z \max}$ can be derived as follows:

$$\Delta T_{z \max} = \beta q_z D_m \tau \left(1 - e^{-\left(\frac{t_z}{\tau}\right)} \right) \left(\frac{U_r - U_{r \min}}{U_r} \right) \quad (2)$$

where

U_r is the rated voltage of the surge arrester;

$U_{r \min}$ is the minimum rated voltage among the surge arrester units.

If the calculation of the maximum temperature rise $\Delta T_{z \max}$ results in values less than 40 K, the pollution tests are not required and the starting temperature of the operating duty test shall be 60 °C. If the calculation of the maximum temperature rise $\Delta T_{z \max}$ results in values of 40 K or higher, a test according to the procedure described in this annex shall be carried out unless, by agreement between user and manufacturer (for example, based on service experience in specified environments) the pollution test can be omitted. Moreover, at the decision of the manufacturer, even if the calculation of $\Delta T_{z \max}$ results in values higher than 40 K, the pollution test may be avoided by using as starting temperature for the operating duty test the value $(20 + \Delta T_{z \max})$ °C.

F.6 General requirements for the pollution test

F.6.1 Test sample

The test sample shall be representative of the most critical design relevant to a certain arrester type.

The characteristics of the test sample shall be selected according to the criteria given in table F.2.

Tableau F.2 – Caractéristiques de l'échantillon utilisé lors de l'essai de pollution

Paramètre	Critères de sélection (caractéristique de l'échantillon en essai en rapport avec son type de conception)
U_C/U_R	Maximum
Déséquilibre pondéré (WU)*	Maximum
Ligne de fuite spécifique [mm/kV]	Minimum
Section des varistances	Minimum
Diamètre équivalent de la porcelaine	Maximum
* Le déséquilibre pondéré (WU) doit être calculé comme suit: $WU = \max. \left(\frac{U_{rk}^2 CD}{CD_k U_r^2} \right) \quad (3)$ où U_r est la tension assignée du parafoudre; U_{rk} est la tension assignée de l'élément k; CD est la ligne de fuite du parafoudre; CD_k est la ligne de fuite de l'unité k; n est le nombre d'éléments du parafoudre; $k = 1, 2, \dots, n$.	

F.6.2 Installations d'essais

Les installations d'essais doivent remplir les exigences du paragraphe 6.2 de la CEI 60507.

F.6.3 Instrumentation et procédures de mesure

F.6.3.1 Mesure de la charge

Un équipement adapté doit être utilisé pour la mesure de la charge.

Pour la mesure de la charge interne, seule la composante résistive du courant doit être considérée: l'influence de la composante capacitive sur la mesure de la charge doit donc être éliminée. Des exemples de méthodes pour éliminer l'influence du courant capacitif sont la soustraction des formes d'ondes ou l'intégration au-dessus d'un seuil (par exemple 2 mA, voir le tableau F.1).

Les exigences minimales pour l'appareil de mesure sont décrites dans le tableau F.3a.

Table F.2 – Characteristic of the sample used for the pollution test

Parameter	Selection criteria (characteristic of the sample to be tested with respect to the relevant design type)
U_C/U_R	Maximum
Weighted unbalance (WU) *	Maximum
Specific creepage distance [mm/kV]	Minimum
Block cross-sectional area	Minimum
Equivalent porcelain diameter	Maximum
* The weighted unbalance (WU) shall be derived as follows: $WU = \max. \left(\frac{U_{rk}^2 CD}{CD_k U_r^2} \right) \quad (3)$ where U_r is the rated voltage of the surge arrester; U_{rk} is the rated voltage of the unit k; CD is the creepage distance of the surge arrester; CD_k is the creepage distance of the unit k; n is the number of units of the surge arrester; $k = 1, 2 \dots n$.	

F.6.2 Testing plant

The testing plant shall fulfil the requirements of 6.2 of IEC 60507.

F.6.3 Measuring devices and measuring procedures

F.6.3.1 Measurement of the charge

A suitable device for the measurement of the charge shall be used.

For the measurement of the internal charge, only the resistive component of the current shall be considered; the effect of the capacitive current on the charge measurement shall be eliminated. Examples of methods for eliminating the effect of the capacitive current are the waveform subtraction method or the integration upon exceeding a threshold limit (for example 2 mA, see table F.1).

The minimum requirements for the measuring device are given in table F.3a.

Tableau F.3a – Exigences relatives à l'appareil de mesure de la charge

Caractéristique	Exigence
Gamme minimale d'intégration de courant	0 mA à 500 mA
Résolution minimale en courant	0,2 mA
Bande passante analogique minimale	0 Hz à 2 000 Hz
Fréquence d'échantillonnage minimale	1 000 Hz
Durée maximale de rafraîchissement de la charge	1 min
Charge capacitive résiduelle maximale pendant la durée de rafraîchissement	±10 % de la charge totale pendant la durée de rafraîchissement
Incertitude globale maximale de mesure	±10 %

Dans le cas des parafoudres à deux éléments, les charges interne et externe doivent être mesurées sur les connexions à la fois côté tension et côté terre.

Dans le cas de parafoudres constitués de plus de deux unités, la procédure de mesure suivante doit être adoptée:

- les charges interne et externe doivent être mesurées sur les connexions du parafoudre à la fois côté tension et côté terre;
- seule la charge externe doit être mesurée pour les unités intermédiaires;
- la charge interne est évaluée à l'aide de la formule suivante:

$$Q_i = \frac{(Q_{iT} + Q_{eT}) + (Q_{iB} + Q_{eB})}{2} - Q_e \quad (4)$$

où:

- Q_i est la charge interne de l'unité intermédiaire;
- Q_{iT} est la charge interne de l'unité supérieure;
- Q_{iB} est la charge interne de l'unité inférieure;
- Q_e est la charge externe de l'unité intermédiaire;
- Q_{eT} est la charge externe de l'unité supérieure;
- Q_{eB} est la charge externe de l'unité inférieure.

F.6.3.2 Mesure de la température

La température des parties internes du parafoudre peut être mesurée à la place de la charge interne.

Dans ce cas, la mesure de la température doit être effectuée avec des capteurs disposés dans au moins trois points répartis dans chaque élément. La distance entre les capteurs doit être $h/(n + 1)$ où h est la hauteur de l'élément et n le nombre de capteurs utilisés.

Les exigences minimales pour les appareils sont décrites dans le tableau F.3b.

Table F.3a – Requirements for the device used for the measurement of the charge

Characteristic	Requirement
Minimum current integration range	0 mA to 500 mA
Minimum current resolution	0,2 mA
Minimum analogue bandwidth	0 Hz to 2 000 Hz
Minimum sampling frequency	1 000 Hz
Maximum updating period of the charge	1 min
Maximum residual capacitive charge in the updating period	±10 % of the total charge in the updating period
Maximum overall measurement uncertainty	±10 %

In the case of two-unit surge arresters, the internal and external charges shall be measured both on the line and earth terminals.

In the case of surge arresters composed of more than two units, the following measuring procedure shall be adopted:

- the internal and external charges shall be measured on the line and earth terminals of the surge arrester;
- only the external charge shall be measured for intermediate units;
- the internal charge is evaluated by means of the following equation:

$$Q_i = \frac{(Q_{iT} + Q_{eT}) + (Q_{iB} + Q_{eB})}{2} - Q_e \quad (4)$$

where

- Q_i is the internal charge of the intermediate unit;
- Q_{iT} is the internal charge of the top unit;
- Q_{iB} is the internal charge of the bottom unit;
- Q_e is the external charge of the intermediate unit;
- Q_{eT} is the external charge of the top unit;
- Q_{eB} is the external charge of the bottom unit.

F.6.3.2 Measurement of the temperature

The temperature of the internal parts of the arrester may be measured instead of the internal charge.

In this case the measurement of the temperature shall be performed by means of sensors positioned in at least three evenly distributed positions along each unit. The distance between the sensors shall be $h/(n+1)$ where h is the height of the unit and n the number of sensors used.

The minimum requirements for the devices are given in table F.3b.

Tableau F.3b – Exigences relatives à l'appareil de mesure de la température

Caractéristique	Exigence
Plage de la température de mesure	20 °C à 200 °C
Incertitude absolue de mesure	± 1 K
Résolution	$\leq 0,4$ K
Constante de temps thermique maximale	1 min
Fréquence d'échantillonnage minimale	1 min ⁻¹
NOTE – Les échauffements mesurés lors de ces essais sont généralement inférieurs à 100 K.	

Dans le cas d'une mesure de la température interne, la charge Q_{tot} doit être mesurée seulement sur la connexion du parafoudre côté terre.

F.6.4 Préparation de l'essai

F.6.4.1 Nettoyage de l'échantillon en essai

L'enveloppe du parafoudre doit être soigneusement nettoyée de façon que toute trace de poussière ou de graisse soit enlevée.

Après le nettoyage, les éléments de l'isolation du parafoudre ne doivent pas être touchés à la main.

De l'eau, de préférence chauffée à 50 °C, additionnée de phosphate de soude ou d'un détergent équivalent, doit être utilisée, après quoi l'enveloppe isolante doit être bien rincée avec de l'eau du robinet.

La surface de l'enveloppe isolante est supposée être suffisamment propre et débarrassée de toute graisse si de larges zones humides sont observées.

F.6.4.2 Installation de l'échantillon

Le parafoudre doit être essayé complètement assemblé comme il est prévu de l'utiliser en service. Les appareils utilisés pour la mesure de la charge et de la température ne doivent pas avoir d'influence significative sur le comportement du parafoudre en essai.

F.7 Procédures d'essai

Une des deux procédures d'essai décrite en F.7.1 et F.7.2 peut être utilisée.

F.7.1 Méthode de pollution boueuse

F.7.1.1 Généralités

F.7.1.1.1 Préparation du polluant

Le polluant doit être stocké dans un récipient tel qu'il puisse être fermement agité juste avant son application. Le polluant doit consister en un mélange

- d'eau;
- de bentonite, 5 g/litre d'eau;
- d'un détergent non dilué et non ionisé composé d'un ether-glycol-polyéthylène-phénol-nonyl ou d'autres esters à longue chaîne non ionisés comparables, 1 g/litre d'eau;
- de chlorure de sodium.

Table F.3b – Requirements for the device used for the measurement of the temperature

Characteristic	Requirement
Temperature measuring range	20 °C to 200 °C
Absolute measuring uncertainty	±1 K
Resolution	≤0,4 K
Maximum thermal time constant	1 min
Minimum sampling rate	1 min ⁻¹
NOTE – Typical temperature rises in the test are below 100 K.	

In the case of internal temperature measurement, the charge Q_{tot} shall be measured only at the earth terminal of the surge arrester.

F.6.4 Test preparation

F.6.4.1 Cleaning of the test sample

The surge arrester housing shall be carefully cleaned so that all traces of dirt and grease are removed.

After cleaning the insulating parts of the surge arrester shall not be touched by hand.

Water, preferably heated to 50 °C, with the addition of trisodium phosphate or equivalent detergent, shall be used, after which the insulator shall be thoroughly rinsed with tap water.

The surface of the insulator is deemed sufficiently clean and free from any grease if large continuous wet areas are observed.

F.6.4.2 Installation of the sample

The arrester shall be tested completely assembled as it is intended to be used in service. The devices used for the measurement of the charge and of the temperature shall not have any significant influence on the behaviour of the surge arrester under test.

F.7 Test procedures

One of the two test procedures described in F.7.1 and F.7.2 may be used.

F.7.1 Slurry method

F.7.1.1 General

F.7.1.1.1 Contaminant preparation

The contaminant shall be stored in a container so that it can be thoroughly agitated just prior to application. The contaminant shall consist of a slurry of

- water;
- bentonite, 5 g per litre of water;
- an undiluted non-ionic detergent consisting of nonyl-phenol-polyethylene-glycol-ether, or other comparable long-chain non-ionic ether; 1 g per litre of water;
- sodium chloride.

La résistivité volumique du mélange doit être ajustée par addition de chlorure de sodium dans une fourchette de 400 Ωcm à 500 Ωcm .

La résistivité volumique doit être mesurée à une température de 20 °C. Si la température du mélange au moment de la mesure est différente de 20 °C, une correction de température doit être effectuée.

F.7.1.1.2 Conditions d'ambiance

Au début de l'essai, le parafoudre doit être en équilibre thermique avec l'air du hall d'essai. La température ambiante ne doit pas être inférieure à 5 °C ni supérieure à 40 °C.

F.7.1.2 Préconditionnement de la surface du parafoudre

Avant de commencer le preconditionnement, la tension de référence du parafoudre doit être déterminée selon la procédure spécifiée en 6.2.

Les étapes suivantes doivent être effectuées:

- a) le parafoudre étant hors-tension, le polluant doit être appliqué sur le parafoudre complet, incluant la face inférieure des ailettes. La couche de pollution doit apparaître comme un film continu. La durée maximale d'application du polluant est de 10 min;
- b) trois minutes après avoir terminé l'application du polluant, le parafoudre doit être placé à la tension U_c (voir note 2 de F.7.1.3) pendant 10 min;
- c) le parafoudre doit être nettoyé par un lavage à l'eau et, juste après, doit être laissé s'égoutter;
- d) les étapes a), b) et c) doivent être répétées trois fois.

A la fin du preconditionnement, le parafoudre doit être laissé se refroidir à la température ambiante.

Pour vérifier qu'aucun dommage n'ait affecté le parafoudre pendant le preconditionnement, la tension de référence du parafoudre doit être mesurée et comparée avec la mesure effectuée avant le preconditionnement. Des limites acceptables de variation de la tension de référence doivent être indiquées par le constructeur.

L'essai doit démarrer aussi vite que possible après la fin du preconditionnement.

F.7.1.3 Procédure d'essai

Les étapes suivantes doivent être effectuées:

- a) le parafoudre étant hors-tension, le polluant doit être appliqué sur le parafoudre complet, incluant la face inférieure des ailettes. La couche de pollution doit apparaître comme un film continu. La durée maximale d'application du polluant est de 10 min;
- b) trois minutes après avoir terminé l'application du polluant, le parafoudre doit être placé à la tension U_c (voir note 2) pendant 10 min; la mesure de la charge doit débuter au moment de l'application de la tension;
- c) le parafoudre doit être nettoyé par un lavage à l'eau et, juste après, doit être laissé s'égoutter. Avant de passer à l'essai suivant, les éléments internes du parafoudre doivent refroidir jusqu'à une température proche de ± 2 K de la moyenne ambiante. Si la température des parties internes n'est pas mesurée, une durée minimale de 2τ doit séparer deux essais consécutifs pour s'assurer que le parafoudre s'est refroidi à une température proche de l'ambiante. N'importe quel moyen pour refroidir les parafoudres à une température proche de l'ambiante, accepté par le constructeur, est permis. Plusieurs parafoudres peuvent être essayés en parallèle de façon à réduire le temps d'attente;

The volume resistivity of the slurry shall be adjusted by addition of sodium chloride to range between 400 Ωcm and 500 Ωcm .

Volume resistivity shall be measured at a temperature of 20 °C. If during the measurement of the volume resistivity, the temperature of the slurry is different from 20 °C, a calculation for temperature correction shall be made.

F.7.1.1.2 Ambient conditions

At the start of the test, the surge arrester shall be in thermal equilibrium with the air in the test chamber. The ambient temperature shall not be less than 5 °C nor greater than 40 °C.

F.7.1.2 Preconditioning of the surge arrester surface

Before starting the preconditioning, the reference voltage of the surge arrester shall be determined, according to the procedure specified in 6.2.

The following steps shall be applied:

- a) with the arrester de-energized, the pollutant shall be applied to the complete arrester, including the underside of the sheds. The pollution layer shall appear as a continuous film. Maximum time for application of the pollutant is 10 min;
- b) three minutes after the slurry application is completed the arrester shall be energized at a voltage U_c (see note 2 of F.7.1.3) for 10 min;
- c) the arrester shall be cleaned by washing with water and thereafter left to drip-dry.
- d) steps a), b) and c) shall be repeated three times.

At the end of the preconditioning process, the surge arrester shall be left to cool at ambient temperature.

In order to verify that no damage has occurred to the surge arrester during the preconditioning process, the reference voltage of the surge arrester shall be measured and compared with the measurement performed before the preconditioning. Acceptable limits of variation of the reference voltage shall be specified by the manufacturer.

The test shall start as soon as possible after completion of the preconditioning process.

F.7.1.3 Test procedure

The following steps shall be applied:

- a) with the arrester de-energized, the pollutant shall be applied to the complete arrester, including the underside of the sheds. The pollution layer shall appear as a continuous film. Maximum time for application of the pollutant is 10 min;
- b) three minutes after the slurry application is completed the arrester shall be energized at a voltage U_c (see note 2) for 10 min; the charge measurement shall start at the moment of voltage application;
- c) the arrester shall be cleaned by washing with water and thereafter left to drip dry. Before starting the next test the internal parts of the arrester shall be left to cool to maximum ± 2 K from the average ambient temperature. If the temperature of the internal parts is not measured, a minimum time of 2τ shall be interposed between two subsequent tests in order to ensure that the surge arrester has cooled close to ambient temperature. Any means to cool the arresters to near ambient temperature, which are accepted by the manufacturer, are permitted. Several arresters may be tested in parallel in order to reduce the waiting time;

- d) les étapes a), b) et c) doivent être répétées cinq fois;
- e) l'augmentation de température prévue ΔT_z doit être calculée selon la procédure spécifiée à l'article F.8;
- f) si la valeur de ΔT_z est inférieure à 40 K, aucun autre essai de pollution n'est nécessaire, et la température initiale T_{OD} de l'essai de fonctionnement combiné doit être 60 °C; Dans le cas où la valeur de ΔT_z est supérieure ou égale à 40 K, les étapes a), b) et c) doivent être répétées cinq fois supplémentaires et l'augmentation prévue de température ΔT_z doit être calculée selon la procédure spécifiée à l'article F.8.

NOTE 1 – Le lavage après chaque cycle est utilisé pour éliminer toute influence des cycles d'essai précédents et, de ce fait, améliorer l'indépendance statistique entre les cycles d'essais.

NOTE 2 – Dans les cas où la tension de service permanent, pour d'autres raisons, a été choisie très supérieure à la tension phase-terre du système, l'essai peut être réalisé à la tension phase-terre après accord entre le client et le constructeur.

F.7.2 Méthode du brouillard salin

F.7.2.1 Généralités

F.7.2.1.1 Préparation du polluant

La solution salée doit être préparée selon l'article 7 de la CEI 60507: la solution salée doit être constituée de chlorure de sodium (NaCl) de pureté commerciale et d'eau du robinet.

La salinité utilisée doit être deux niveaux en dessous de la salinité tenue du parafoudre. Les tolérances sur la valeur de la salinité doivent être conformes à l'article 7 de la CEI 60507. La mesure de la salinité doit être effectuée en mesurant la conductivité avec une correction de température en accord avec la CEI 60507.

F.7.2.1.2 Système de pulvérisation

Le système de production du brouillard salin doit être en accord avec les spécifications de l'article 8 de la CEI 60507.

F.7.2.1.3 Préconditionnement de la surface du parafoudre

Avant de commencer le preconditionnement, la tension de référence du parafoudre doit être déterminée, conformément à la procédure spécifiée en 6.2.

Le preconditionnement doit être effectué sur un seul élément du parafoudre à la fois. Si le preconditionnement est effectué sur les éléments assemblés du parafoudre, les autres éléments sont donc court-circuités avec un fil externe, et ne sont pas sous tension.

L'élément doit être mis sous sa tension U_c et soumis au brouillard salin pendant 20 min ou jusqu'à un contournement.

Si aucun contournement ne se produit, la tension est augmentée jusqu'à la tension assignée de l'élément du parafoudre pendant 5 s ou jusqu'à contournement et est alors abaissée de nouveau à la valeur U_c pendant 5 min. Cette procédure est répétée jusqu'à ce que huit contournements soient obtenus.

De façon à obtenir les huit contournements sans un nombre excessivement important de cycles d'augmentation de la tension, le preconditionnement doit être effectué à une valeur de salinité de préférence plus élevée que la tenue maximale attendue de l'unité.

En accord entre le client et le constructeur, le preconditionnement peut également être réalisé sur l'enveloppe du parafoudre sans les parties internes.

- d) steps a), b) and c) shall be repeated five times;
- e) the expected temperature rise ΔT_z shall be calculated according to the procedure specified in clause F.8;
- f) if the value of ΔT_z is lower than 40 K, no further pollution test is required and the starting temperature T_{OD} of the operating duty test shall be 60 °C. If the value of ΔT_z is higher than or equal to 40 K, steps a), b) and c) shall be repeated five more times and the expected temperature rise ΔT_z shall be calculated according to the procedure specified in clause F.8.

NOTE 1 – The washing after each cycle is used to remove any influence from previous test cycles and thus improve the statistical independence between test cycles.

NOTE 2 – In cases in which the continuous operating voltage out of other reasons has been selected much higher than the phase-to-earth operating voltage of the system, the test may be carried out at the phase-to-earth voltage by agreement between manufacturer and purchaser.

F.7.2 Salt fog method

F.7.2.1 General

F.7.2.1.1 Contaminant preparation

The salt solution shall be prepared in accordance with clause 7 of IEC 60507: the salt solution shall be made of sodium chloride (NaCl) of commercial purity and tap water.

The salinity used shall be two steps below the specified withstand salinity of the surge arrester. Tolerances on the value of the salinity shall be in accordance with clause 7 of IEC 60507. The measurement of the salinity shall be made by measuring the conductivity with a correction of temperature in line with the indications of IEC 60507.

F.7.2.1.2 Spraying system

The system for the production of the salt fog shall be in accordance with the specifications of clause 8 in IEC 60507.

F.7.2.1.3 Preconditioning of the arrester surface

Before starting the preconditioning, the reference voltage of the surge arrester shall be determined, according to the procedure specified in 6.2.

The preconditioning process shall be carried out on one unit of the surge arrester at a time. If the preconditioning is carried out on the units assembled in the surge arrester, the other units are therefore short-circuited with an external wire, and are not energized.

The unit shall be energized at voltage U_c and submitted to the salt fog for 20 min or until flashover.

If flashover does not occur, the voltage is raised to the rated voltage of the surge arrester unit for 5 s or until flashover, and then lowered again to the U_c value for 5 min. This procedure is repeated until eight flashovers are obtained.

In order to obtain the eight flashovers without an excessively high number of voltage increase cycles, the preconditioning shall be carried out at a value of salinity preferably higher than the expected maximum withstand level of the unit.

Alternatively, by agreement between the manufacturer and the purchaser, the preconditioning may be carried out on the arrester housing without the internal elements.

Après le préconditionnement de chaque élément, le brouillard doit se dissiper et le parafoudre doit être nettoyé avec de l'eau du robinet.

A la fin de la procédure de préconditionnement, le parafoudre doit se refroidir à la température ambiante.

De façon à vérifier que le parafoudre n'a subi aucun dommage pendant la procédure de préconditionnement, la tension de référence du parafoudre doit être mesurée et comparée avec la mesure effectuée avant le préconditionnement. Des limites acceptables de variation de la tension de référence doivent être spécifiées par le constructeur.

L'essai de brouillard salin doit démarrer aussi vite que possible après la fin de la procédure de préconditionnement.

Au début de l'essai, le parafoudre doit être en équilibre thermique avec l'air du hall d'essai. La température ambiante ne doit pas être inférieure à 5 °C ni supérieure à 40 °C et l'écart avec la température de la solution aqueuse ne doit pas dépasser 15 K.

F.7.2.2 Procédure d'essai

Les étapes suivantes doivent être effectuées:

- a) le parafoudre doit être uniformément rincé avec de l'eau du robinet. La tension d'essai U_c (voir note 2) doit être appliquée pendant que le parafoudre est encore entièrement humide;
- b) le parafoudre doit être placé sous la tension d'essai spécifiée et la pompe de la solution saline ainsi que le compresseur d'air doivent être mis en route. L'essai est supposé avoir débuté aussitôt que l'air comprimé a atteint la pression normale de service aux gicleurs. Cet instant de début s'applique aussi pour le système de mesure de la charge;
- c) la production de brouillard doit être stoppée après 15 min et le parafoudre doit être maintenu sous tension pendant 15 min de plus;
- d) le brouillard salin doit être dissipé et le parafoudre doit se refroidir jusqu'à la température ambiante avant de démarrer le cycle suivant. De façon à s'assurer que le parafoudre s'est refroidi à une température proche de l'ambiante, une durée minimale de 2τ doit séparer deux essais consécutifs. N'importe quel moyen pour refroidir les parafoudres à une température proche de l'ambiante, acceptés par le constructeur, est permis. Plusieurs parafoudres peuvent être essayés en parallèle de façon à réduire le temps d'attente;
- e) les étapes a), b), c) et d) doivent être répétées cinq fois;
- f) l'augmentation de température prévue ΔT_z doit être calculée selon la procédure spécifiée à l'article F.8;
- g) si la valeur de ΔT_z est inférieure à 40 K, aucun autre essai de pollution n'est nécessaire, et la température initiale T_{OD} de l'essai de fonctionnement combiné doit être 60 °C. Dans le cas où la valeur de ΔT_z est supérieure ou égale à 40 K, les étapes a), b), c) et d) doivent être répétées cinq fois supplémentaires et l'augmentation prévue de température ΔT_z doit être calculée selon la procédure spécifiée à l'article F.8.

NOTE 1 – Le lavage après chaque cycle est utilisé pour éliminer toute influence des cycles d'essai précédents et, de ce fait, améliorer l'indépendance statistique entre les cycles d'essais.

NOTE 2 – Dans les cas où la tension de service permanent, pour d'autres raisons, a été choisie très supérieure à la tension phase-terre du système, l'essai peut être réalisé à la tension phase-terre après accord entre le client et le constructeur.

After the preconditioning of each unit, the fog shall be cleared and the surge arrester shall be washed down with tap water.

At the end of the preconditioning process, the surge arrester shall be allowed to cool to ambient temperature.

In order to verify that no damage has occurred to the surge arrester during the preconditioning process, the reference voltage of the surge arrester shall be measured and compared with the measurement carried out before the preconditioning. Acceptable limits of variation of the reference voltage shall be specified by the manufacturer.

The salt fog test shall start as soon as possible after completion of the preconditioning process.

At the start of the test, the surge arrester shall be in thermal equilibrium with the air in the test chamber. The ambient temperature shall not be less than 5 °C nor greater than 40 °C and its difference from the temperature of the water solution shall not exceed 15 K.

F.7.2.2 Test procedure

The following steps shall be applied:

- a) the surge arrester shall be uniformly rinsed with tap water. The test voltage U_c (see note 2) shall be applied while the surge arrester is still completely wet;
- b) the surge arrester shall be energized at the specified test voltage and the salt-solution pump and air compressor shall be switched on. The test is deemed to have started as soon as the compressed air has reached the normal operating pressure at the nozzles. This starting time is intended also for the charge measurement system;
- c) the fog production shall be stopped after 15 min and the surge arrester shall be kept energized for another 15 min;
- d) the salt fog shall be evacuated and the surge arrester shall be allowed to cool to ambient temperature before starting the subsequent cycle. In order to ensure that the surge arrester has cooled close to ambient temperature a minimum time of 2τ shall be interposed between two subsequent tests. Any means to cool the arresters to near ambient temperature, which are accepted by the manufacturer, are allowed. Several arresters may be tested in parallel in order to reduce the waiting time;
- e) steps a), b), c) and d) shall be repeated five times;
- f) the expected temperature rise ΔT_z shall be calculated according to the procedure specified in clause F.8;
- g) if the value of ΔT_z is lower than 40 K, no further pollution test is required and the starting temperature T_{OP} of the operating duty test shall be 60 °C. If the value of ΔT_z is higher than or equal to 40 K, steps a), b), c) and d) shall be repeated five more times and the expected temperature rise ΔT_z shall be calculated according to the procedure specified in clause F.8.

NOTE 1 – The washing after each cycle is used to remove any influence from previous test cycles and thus improve the statistical independence between test cycles.

NOTE 2 – In cases in which the continuous operating voltage out of other reasons has been selected much higher than phase-to-earth operating voltage of the system, the test may be carried out at this phase-to-earth voltage by agreement between manufacturer and purchaser.

F.8 Evaluation des résultats des essais

F.8.1 Calcul de K_{ie}

Pour chaque répétition de cycle d'essai, la valeur de K_n est calculée comme suit:

$$K_n = \frac{\sum \left(\frac{Q_{ik} U_{rk}}{U_r} \right)}{Q_{e \max}} \quad (5)$$

où

$Q_{e \max}$ est le maximum des niveaux de charge externe;

Q_{ik} est la charge interne correspondant à l'élément k ;

U_{rk} est la tension assignée de l'élément k ;

U_r est la tension assignée du parafoudre;

$k = 1, 2, \dots, n$;

n est le nombre d'éléments du parafoudre.

Dans le cas où la température des parties internes a été mesurée à la place de la charge interne, l'équation (5) est remplacée par l'équation (6):

$$K_n = \frac{\sum \left(\frac{\Delta T_k U_{rk}}{\beta U_r} \right)}{Q_{e \max}} \quad (6)$$

où ΔT_k est l'augmentation de la température correspondant à l'élément k calculé comme la moyenne arithmétique des maximums de température dans les différents points de l'élément.

NOTE – Si l'augmentation de température interne ΔT_k est directement mesurée pendant l'essai, $Q_{e \max}$ peut être calculée selon l'équation suivante:

$$Q_{e \max} = \max \left(Q_{\text{tot}} - \frac{\Delta T_k}{\beta} \right) \quad (7)$$

La valeur moyenne K_{ieM} est calculée comme la moyenne arithmétique des valeurs K_n , σ est calculé comme l'écart type des valeurs K_n , et le rapport statistique K_{ie} est calculé selon la formule suivante:

$$K_{ie} = K_{ieM} + c \sigma \quad (8)$$

où

$c = 2$ dans le cas où le calcul est conduit sur la base de mesures obtenues avec 10 cycles d'essais;

$c = 2,9$ dans le cas où le calcul est conduit sur la base de mesures obtenues avec cinq cycles d'essais.

F.8.2 Calcul de l'augmentation de température en service estimée ΔT_z

L'augmentation de température estimée ΔT_z est calculée selon l'équation suivante: