

NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD

CEI  
IEC

60099-5

1996

AMENDEMENT 1  
AMENDMENT 1  
1999-10

---

---

Amendement 1

**Parafoudres –**

**Partie 5:  
Recommandations pour le choix et l'utilisation –  
Section 1: Généralités**

Amendment 1

**Surge arresters –**

**Part 5:  
Selection and application recommendations –  
Section 1: General**

© IEC 1999 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

International Electrotechnical Commission  
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé 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 |
| 37/224/FDIS | 37/230/RDV      |

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 72

### Section 6: Surveillance

*Remplacer le titre et le texte de cette section par ce qui suit.*

### Section 6: Indicateurs de diagnostic sur site de parafoudres à oxyde de zinc

#### 6.1 Généralités

Sauf lors des brèves occasions où un parafoudre fonctionne comme un dispositif de limitation des surtensions, il est censé se comporter comme un isolateur. Les propriétés d'isolation sont essentielles pour la durée de vie du parafoudre et pour la fiabilité d'exploitation du réseau électrique.

Des méthodes variées de diagnostic et des indicateurs, permettant de révéler une éventuelle détérioration ou défaillance des propriétés isolantes, ont été utilisés depuis l'introduction des parafoudres. Les méthodes de diagnostic vont des indicateurs de défaut et des dispositifs de déconnexion pour l'indication de défaillances totales des parafoudres, jusqu'aux équipements capables de mesurer de faibles changements du courant de fuite résistif ou des pertes actives des parafoudres à oxyde de zinc.

Le but de cette section est de fournir des indications à l'exploitant si l'utilisation d'une méthode de diagnostic est envisagée et de passer en revue les méthodes de diagnostic classiques. Elle présente également une information détaillée sur les mesures du courant de fuite des parafoudres à oxyde de zinc.

NOTE 1 – Il convient que les équipements de diagnostic soient conçus et mis en oeuvre de façon à garantir la sécurité individuelle lors des mesures. Il convient que les équipements installés en permanence soient conçus et installés en prenant en compte les contraintes d'exploitation et de courant de défaut.

NOTE 2 – Pour plusieurs méthodes de diagnostic, il est nécessaire de disposer d'une borne de terre isolée sur le parafoudre. Il convient que la connexion de terre ait une tension de tenue suffisamment haute pour prendre en compte la tension inductive apparaissant entre la borne de terre et la structure à la terre lors d'une décharge impulsive.

#### 6.1.1 Indicateurs de défaut

Les indicateurs de défaut donnent une indication visuelle claire d'un parafoudre défectueux, sans déconnecter le parafoudre de la ligne. L'équipement peut être une partie intégrante du parafoudre, ou une unité séparée installée en série avec le parafoudre. Le principe de fonctionnement est généralement basé sur l'amplitude et la durée du courant du parafoudre, ou sur la température des résistances variables à oxyde métallique.

## FOREWORD

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

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

|             |                  |
|-------------|------------------|
| FDIS        | Report on voting |
| 37/224/FDIS | 37/230/RDV       |

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

Page 73

### Section 6: Monitoring (supervision)

*Replace the title and text of this section by the following:*

### Section 6: Diagnostic indicators of metal-oxide surge arresters in service

#### 6.1 General

Apart from brief occasions when a surge arrester is functioning as an overvoltage-limiting device, it is expected to behave as an insulator. The insulating properties are essential for the length of life of the arrester and for the operation reliability of the power system.

Various diagnostic methods and indicators for revealing possible deterioration or failure of the insulating properties have been utilized since the introduction of surge arresters. The diagnostic methods range from fault indicators and disconnectors for indication of complete arrester failures, to instruments that are able to measure slight changes in the resistive leakage current or the power loss of metal-oxide arresters.

The aim of this section is to provide guidance to the user if use of any diagnostic method is considered, and to present an overview of common diagnostic methods. It also gives detailed information about leakage current measurements on metal-oxide arresters.

NOTE 1 – Diagnostic devices should be designed and handled in order to provide personal safety during measurement. Permanently installed devices should be designed and installed with the operational and short-circuit stresses taken into consideration.

NOTE 2 – For several diagnostic methods, an insulated earth terminal is required on the arrester. The earth terminal should have a sufficiently high withstand voltage level to account for the inductive voltage drop appearing between the terminal and the earthed structure during an impulse discharge.

#### 6.1.1 Fault indicators

Fault indicators give a clear visual indication of a failed arrester, without disconnecting the arrester from the line. The device may be an integrated part of the arrester, or a separate unit installed in series with the arrester. The working principle is usually based on the amplitude and duration of the arrester current, or on the temperature of the non-linear metal-oxide resistors.

### 6.1.2 Dispositifs de déconnexion

Les déconnecteurs, souvent utilisés sur les parafoudres à moyenne tension, donnent une indication visuelle d'un parafoudre défectueux en le déconnectant du réseau. Le principe typique de fonctionnement est une charge explosive déclenchée par le courant de défaut; toutefois le déconnecteur n'est pas prévu pour éliminer le courant de défaut. Le déconnecteur peut être un élément intégré au parafoudre ou à la potence d'isolation, ou un élément séparé installé en série avec le parafoudre. L'avantage du dispositif est que la ligne reste sous tension après la déconnexion du parafoudre. L'inconvénient principal est l'absence de protection contre les surtensions jusqu'à ce que le parafoudre défectueux soit découvert et remplacé.

### 6.1.3 Compteurs de décharges

Les compteurs de décharges sont activés par des impulsions de courant dont l'amplitude est supérieure à un certain niveau, ou pour certaines combinaisons d'amplitude et de durées de courant. Si l'intervalle de temps entre les décharges est très court (inférieur à 50 ms), les compteurs de décharges peuvent ne pas compter tous les chocs de courant. Certains compteurs nécessitent un courant de suite et peuvent ne pas compter les courtes impulsions de courant des parafoudres à oxyde métallique.

Selon le principe de fonctionnement et la sensibilité du compteur, il peut donner une indication sur les surtensions apparaissant sur le réseau, ou il peut fournir des informations sur le nombre de décharges correspondant à une contrainte énergétique significative. Le compteur ne fournit aucune indication spécifique sur l'état du parafoudre.

Pour des raisons de sécurité, le compteur de décharges doit être installé hors d'atteinte facile. Il doit pouvoir être lu depuis le niveau du sol, le parafoudre étant sous tension. Il convient que l'installation soit faite sans augmenter considérablement la longueur de la connexion de terre ou sans réduire sa section. Le parafoudre doit être équipé d'une borne de terre isolée et d'un conducteur entre le parafoudre et le compteur isolé de la terre.

### 6.1.4 Éclateurs de surveillance

Les éclateurs de surveillance servent à indiquer le nombre et à évaluer l'amplitude et la durée des courants de décharge à travers le parafoudre. Une expérience approfondie est nécessaire pour interpréter correctement les marques sur l'éclateur. Il est possible d'examiner certains éclateurs alors que le parafoudre est sous tension alors que pour d'autres types, il faut d'abord déconnecter le parafoudre. Le parafoudre doit être équipé d'une borne de terre isolée. En alternative, le dispositif peut être un élément intégré au parafoudre. Les éclateurs ne donnent pas d'informations directes sur l'état réel du parafoudre, toutefois ils aident à prendre des décisions pour le laisser, ou non, en fonctionnement.

### 6.1.5 Mesure des températures

La mesure à distance de la température du parafoudre peut être effectuée avec des méthodes à image thermique. Les mesures sont strictement indicatives quant à l'état du parafoudre, étant donné que l'écart de température entre les varistances et la surface de l'enveloppe peut être significatif. Néanmoins, des mesures comparatives effectuées sur des parafoudres adjacents ou des unités de parafoudres peuvent indiquer un échauffement excessif.

Des mesures directes de la température de la varistance à oxyde métallique fournissent une indication précise sur l'état du parafoudre, mais dans ce cas, le parafoudre doit être équipé de transducteurs spéciaux au moment de sa fabrication. Par conséquent, cette méthode n'est utilisée que dans des applications spéciales de parafoudre.

### 6.1.2 Disconnectors

Disconnectors, often used on medium-voltage arresters, give a visual indication of a failed arrester by disconnecting it from the system. The typical working principle is an explosive device triggered by the fault current; however, the disconnector is not intended to extinguish the fault current. The disconnector may be an integral part of the arrester or insulating bracket, or a separate unit installed in series with the arrester. The advantage of the device is that the line remains in operation after disconnection of the arrester. The major disadvantage is the lack of overvoltage protection until the failed arrester has been discovered and replaced.

### 6.1.3 Surge counters

Surge counters operate at impulse currents above a certain amplitude, or above certain combinations of current amplitude and duration. If the interval between discharges is very short (less than 50 ms), surge counters may not count every current impulse. Some counters require power follow current and may not count the short impulse currents through metal-oxide arresters.

Depending on the operating principle and sensitivity of the counter, it may give an indication about overvoltages appearing in the system, or it may provide information on the number of discharges corresponding to significant arrester energy stresses. The counter provides no specific information about the condition of the arrester.

For safety reasons, the surge counter should be installed beyond easy reach of personnel. It shall be located where it can be read from ground level with the arrester in service. The installation should be done without considerably lengthening the earth connection or reducing its cross-section. The arrester shall be equipped with an insulated earth terminal and a conductor between the arrester and counter that is insulated from earth.

### 6.1.4 Monitoring spark gaps

Monitoring spark gaps are used to indicate the number and estimate the amplitude and duration of discharge currents through the arrester. Special experience is necessary to properly interpret the marks on the gap. Some spark gaps can be examined with the arrester in service, while other types require that the arrester is de-energized. It is required that the arrester be equipped with an insulated earth terminal. Alternatively, the device may be an integrated part of the arrester. Spark gaps give no direct information about the actual condition of the arrester, but may help to make decisions about continued operation.

### 6.1.5 Temperature measurements

Remote measurement of the arrester temperature can be carried out by means of thermal imaging methods. The measurements are only indicative with regard to the condition of the arrester, since the temperature drop between the resistors and the housing surface may be substantial. Nevertheless, comparative measurements made on adjacent arresters or arrester units may indicate excessive heating.

Direct measurements of the metal-oxide resistor temperature give an accurate indication of the condition of the arrester, but require that the arrester be equipped with special transducers at the time of manufacturing. Therefore, this method is used only in special arrester applications.

### 6.1.6 Mesure du courant de fuite des parafoudres à oxyde de zinc

Toute détérioration des propriétés d'isolation d'un parafoudre à oxyde de zinc entraîne une augmentation du courant de fuite résistif ou des pertes actives à des valeurs données de tension et de température. La plupart des méthodes de diagnostic pour déterminer l'état des parafoudres à oxyde de zinc sans éclateurs sont basées sur les mesures du courant de fuite.

On peut classer les procédures de mesure en deux catégories: les mesures en réseau, lorsque le parafoudre est relié au réseau et qu'il est mis sous tension à partir du réseau pendant l'exploitation normale, et les mesures hors réseau, lorsque le parafoudre est déconnecté du réseau et qu'il est mis sous tension avec une source d'alimentation séparée sur site ou dans un laboratoire.

Les mesures hors réseau peuvent être effectuées avec des sources d'alimentation spécialement adaptées à cet effet, par exemple des générateurs d'essai mobiles, continus ou alternatifs. On peut obtenir une précision satisfaisante en utilisant les méthodes hors réseau, à condition d'utiliser une tension d'essai suffisamment élevée. Les principaux inconvénients de cette méthode sont le coût de l'équipement et la nécessité de déconnecter le parafoudre du réseau.

Les mesures effectuées en réseau sous la tension normale de réseau représentent la méthode la plus commune. Pour des raisons pratiques et de sécurité, on ne peut normalement accéder au courant de fuite qu'à l'extrémité du parafoudre mise à terre. Pour pouvoir mesurer le courant de fuite qui passe dans la connexion de terre, il faut que le parafoudre soit équipé d'une borne de mise à la terre isolée.

NOTE – Il faut que l'isolation de la borne de terre, même après une dégradation à long terme, suffise à empêcher des courants circulants causés par une induction électromagnétique, car ces courants peuvent influencer la mesure du courant de fuite.

Les mesures en réseau du courant de fuite sont généralement effectuées de manière temporaire en utilisant des instruments portables ou installés de façon permanente. Les instruments portables sont généralement reliés à la borne de terre du parafoudre au moyen d'une pince ou sont des transformateurs de tension installés en permanence. Des mesures à long terme du courant de fuite peuvent s'avérer nécessaires pour des analyses plus approfondies, en particulier si des changements significatifs de l'état d'un parafoudre sont relevés par des mesures provisoires. Les mesures à distance peuvent être effectuées par des systèmes informatisés de surveillance de l'équipement du poste.

#### 6.1.6.1 Propriétés du courant de fuite des résistances variables à oxyde métallique

Le courant de fuite alternatif peut être divisé en deux parties: une partie capacitive et une partie résistive, avec une composante capacitive prédominante et une partie résistive beaucoup plus réduite. Cette différence est visible sur la figure 3, qui représente une mesure typique de laboratoire du courant de fuite d'une résistance variable à oxyde métallique lorsqu'elle est sous tension, à une tension égale à  $U_c$  pour un parafoudre complet. La figure 4 indique les résultats des mesures du courant de fuite effectuées sur deux parafoudres différents fonctionnant à des niveaux de tension légèrement inférieurs à  $U_c$ . La figure 4 montre également l'influence des différents niveaux de contenu harmonique dans la tension de réseau.

### 6.1.6 Leakage current measurements of metal-oxide arresters

Any deterioration of the insulating properties of a metal-oxide arrester will cause an increase in the resistive leakage current or power loss at given values of voltage and temperature. The majority of diagnostic methods for determining the condition of gapless metal-oxide arresters are based on measurements of the leakage current.

The measuring procedures can be divided into two groups: on-line measurements, when the arrester is connected to the system and energized with the service voltage during normal operation, and off-line measurements, when the arrester is disconnected from the system and energized with a separate voltage source on site or in a laboratory.

Measurements off-line can be made with voltage sources that are specially suited for the purpose, e.g. mobile a.c. or d.c. test generators. Good accuracy may be obtained by using the off-line methods, provided that a sufficiently high test voltage is used. The major disadvantages are the cost of the equipment and the need for disconnecting the arrester from the system.

Measurements carried out on-line under normal service voltage is the most common method. For practical and safety reasons, the leakage current is normally accessed only at the earthed end of the arrester. To allow measurements of the leakage current flowing in the earth connection, the arrester must be equipped with an insulated earth terminal.

NOTE – The insulation of the earth terminal must, also after long-term degradation, be sufficient to prevent circulating currents caused by electromagnetic induction, since these currents may interfere with the measurement of the leakage current.

On-line leakage current measurements are usually made on a temporary basis using portable or permanently installed instruments. Portable instruments are usually connected to the earth terminal of the arrester by means of a clip-on, or permanently installed, current transformer. Long-term measurements of the leakage current may be necessary for closer investigations, especially if significant changes in the condition of an arrester are revealed by temporary measurements. Remote measurements may be implemented in computerized systems for supervision of substation equipment.

#### 6.1.6.1 Properties of the leakage current of non-linear metal-oxide resistors

The a.c. leakage current can be divided into a capacitive and a resistive part, with a predominant capacitive component and a significantly smaller resistive part. This can be seen in figure 3, which shows a typical laboratory measurement of the leakage current of a single non-linear metal-oxide resistor when energized at a voltage equivalent to  $U_c$  for the complete arrester. In figure 4 are shown the results of leakage current measurements carried out on two different arresters in service at voltage levels slightly below  $U_c$ . Figure 4 also illustrates the influence of different levels of harmonic content in the system voltage.

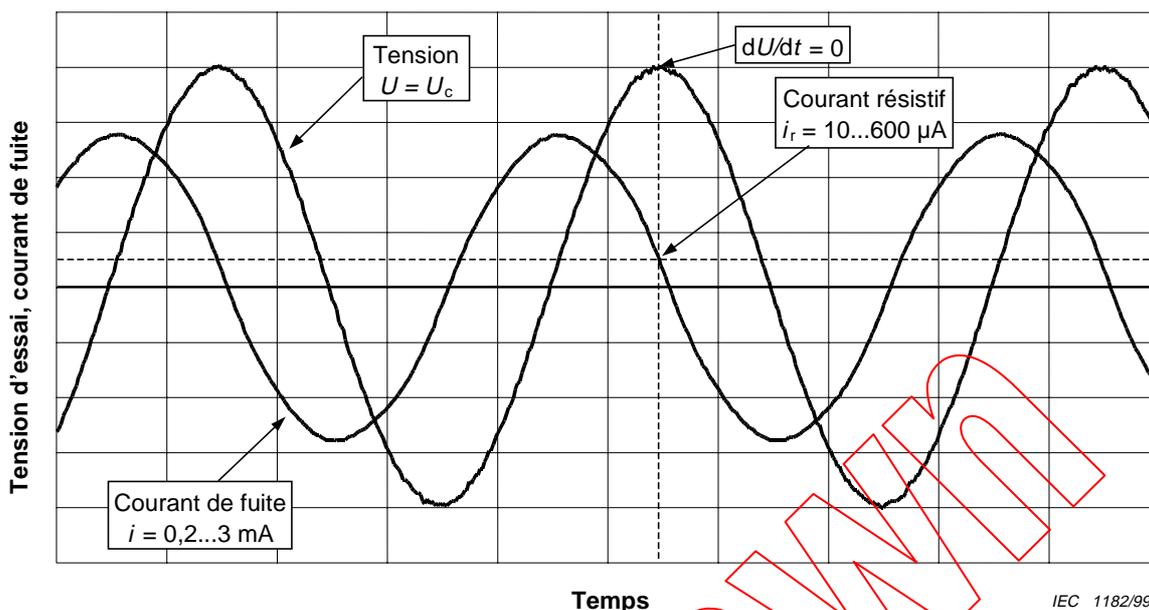


Figure 3 – Courant de fuite typique d'une résistance variable à oxyde métallique dans des conditions de laboratoire

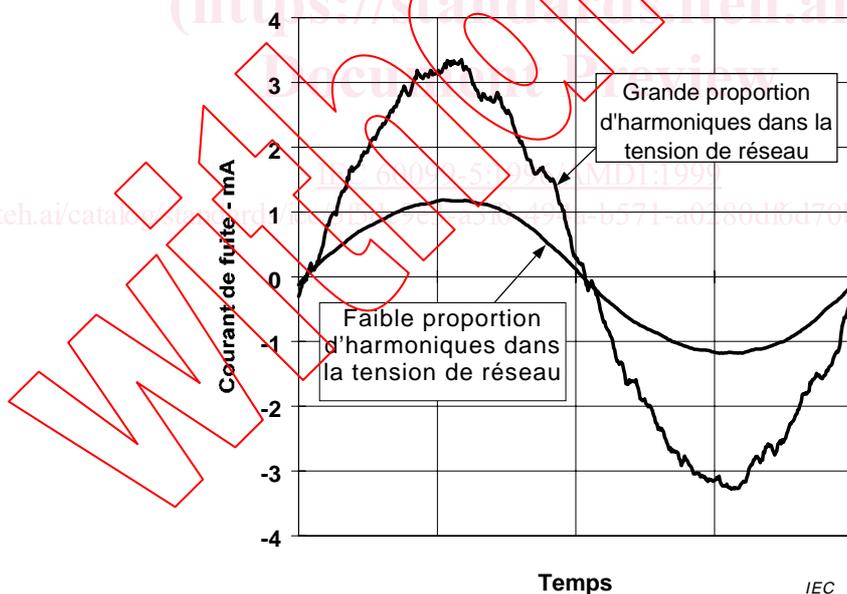


Figure 4 – Courants de fuite typiques de parafoudres en service

### 6.1.6.1.1 Courant de fuite capacitif

Le courant de fuite capacitif mesuré à la borne de terre d'un parafoudre est provoqué par la permittivité des résistances variables à oxyde métallique, les capacités parasites et les condensateurs de répartition de tension, s'ils sont utilisés. La capacité spécifique d'un élément de résistance variable est généralement de 60 pF.kV/cm<sup>2</sup> à 150 pF.kV/cm<sup>2</sup> (tension assignée), ce qui produit un courant de fuite capacitif de valeur crête d'environ 0,2 mA à 3 mA dans des conditions d'exploitation normales.

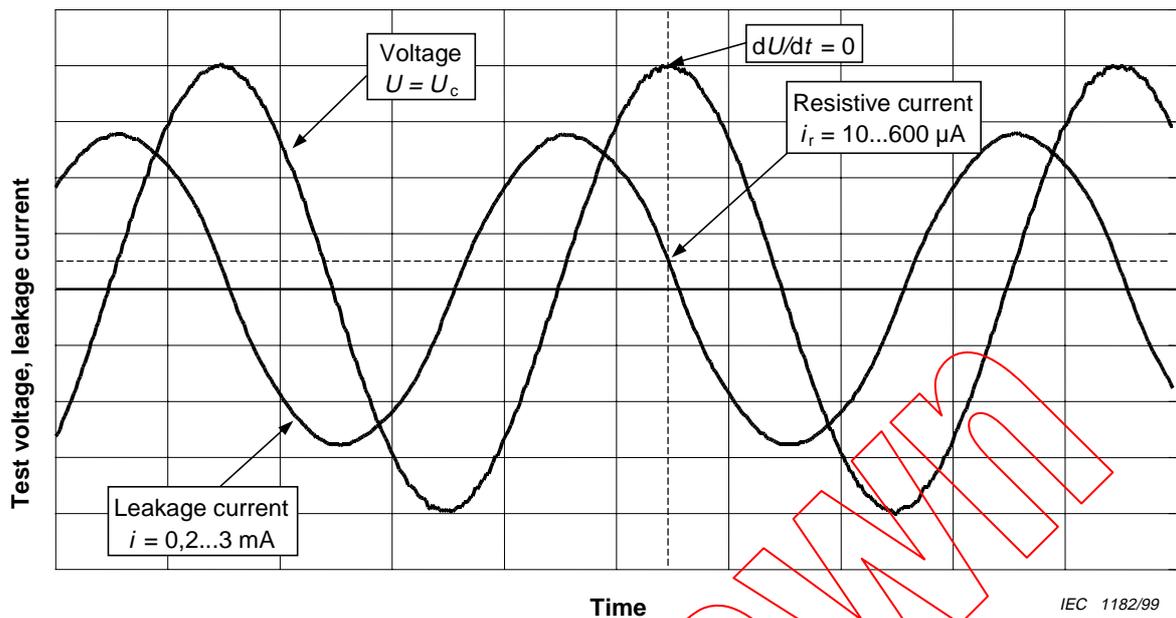


Figure 3 – Typical leakage current of a non-linear metal-oxide resistor in laboratory conditions

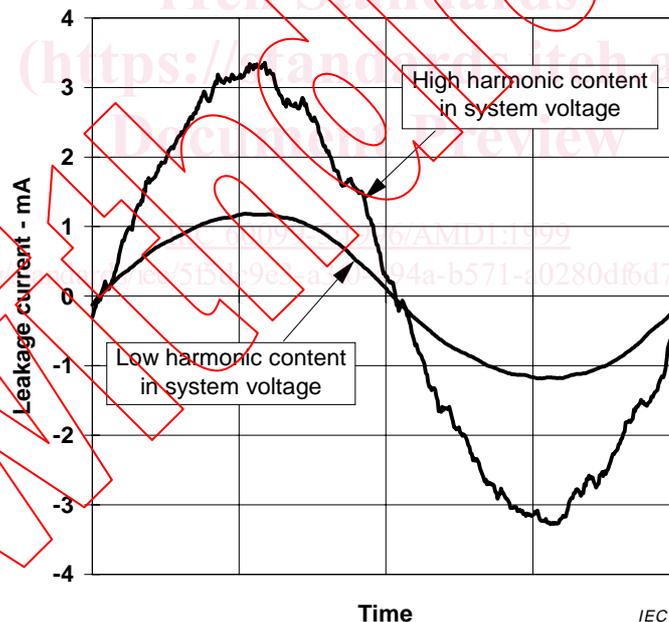


Figure 4 – Typical leakage currents of arresters in service conditions

#### 6.1.6.1.1 Capacitive leakage current

The capacitive leakage current measured at the earth terminal of an arrester is caused by the permittivity of the non-linear metal-oxide resistors, the stray capacitances and the grading capacitors, if applied. The specific capacitance of a resistor element is typically  $60 \text{ pF.kV/cm}^2$  to  $150 \text{ pF.kV/cm}^2$  (rated voltage), resulting in a capacitive peak leakage current of about  $0,2 \text{ mA}$  to  $3 \text{ mA}$  under normal service conditions.

Il n'est pas prouvé que le courant capacitif change de façon significative sous l'action de la détérioration de la caractéristique tension-courant d'une résistance variable à oxyde métallique. Par conséquent, il est improbable que des mesures du courant capacitif puissent indiquer l'état des parafoudres à oxyde métallique.

### 6.1.6.1.2 Courant de fuite résistif

A certaines valeurs de tension et de température, la composante résistive du courant de fuite devient un indicateur sensible des changements de la caractéristique tension-courant des résistances variables à oxyde métallique. Le courant résistif peut par conséquent être utilisé comme outil de diagnostic pour relever les changements de l'état des parafoudres à oxyde de zinc sous tension. Les caractéristiques générales tension-courant résistif et capacitif pour des tensions alternatives sont indiquées à la figure 5. A titre de comparaison, les caractéristiques générales pour les tensions continues sont également indiquées à la figure 5.

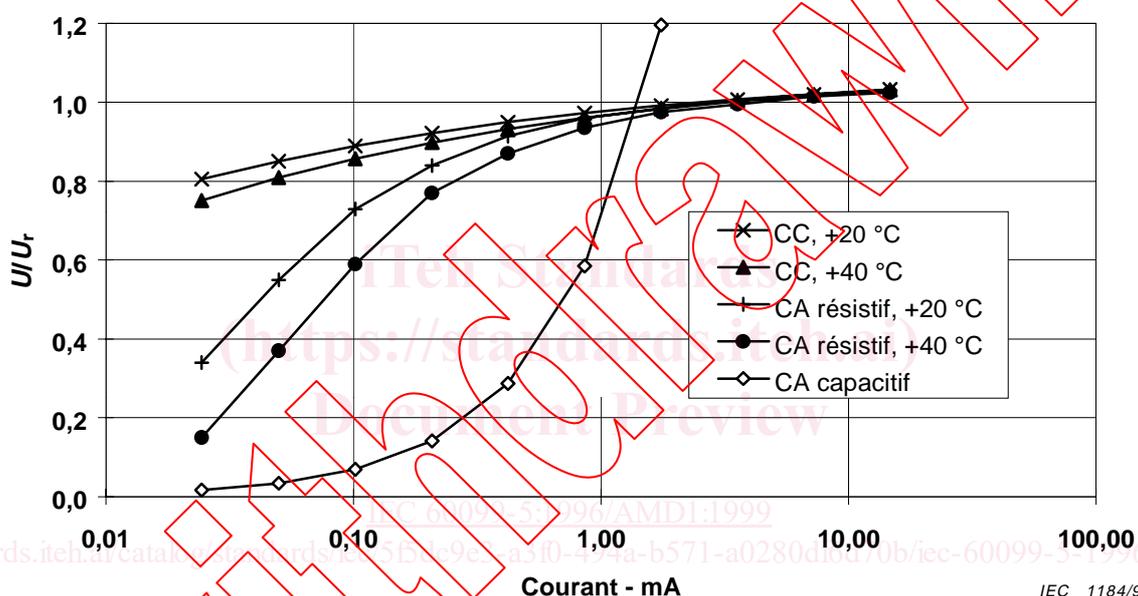


Figure 5 – Caractéristiques tension-courant typiques de résistances variables à oxyde métallique

La composante résistive sous tension alternative est définie comme le niveau de courant au moment de la crête de tension ( $dU/dt = 0$ ), comme l'indique la figure 3. Le courant de fuite résistif d'une résistance variable à oxyde métallique est de l'ordre de 5 % à 20 % du courant capacitif en conditions d'exploitation normales, ce qui correspond à un courant résistif de valeur crête d'environ 10  $\mu A$  à 600  $\mu A$  à une température de +20 °C.

Dans la région du courant de fuite, le courant résistif dépend de la tension et de la température. Les valeurs typiques des dépendances de tension et de température sous tension alternative sont indiquées aux figures 6 et 7, et sont respectivement normées à  $U_c$  et à +20 °C.

There is no evidence that the capacitive current would change significantly due to deterioration of the voltage-current characteristic of the non-linear metal-oxide resistors. Therefore, it is unlikely that measurements of capacitive current can reliably indicate the condition of metal-oxide arresters.

#### 6.1.6.1.2 Resistive leakage current

At given values of voltage and temperature, the resistive component of the leakage current is a sensitive indicator of changes in the voltage-current characteristic of non-linear metal-oxide resistors. The resistive current can, therefore, be used as a tool for diagnostic indication of changes in the condition of metal-oxide arresters in service. Typical resistive and capacitive voltage-current characteristics for a.c. voltages are shown in figure 5. For comparison, typical characteristics for d.c. voltages are also shown in figure 5.

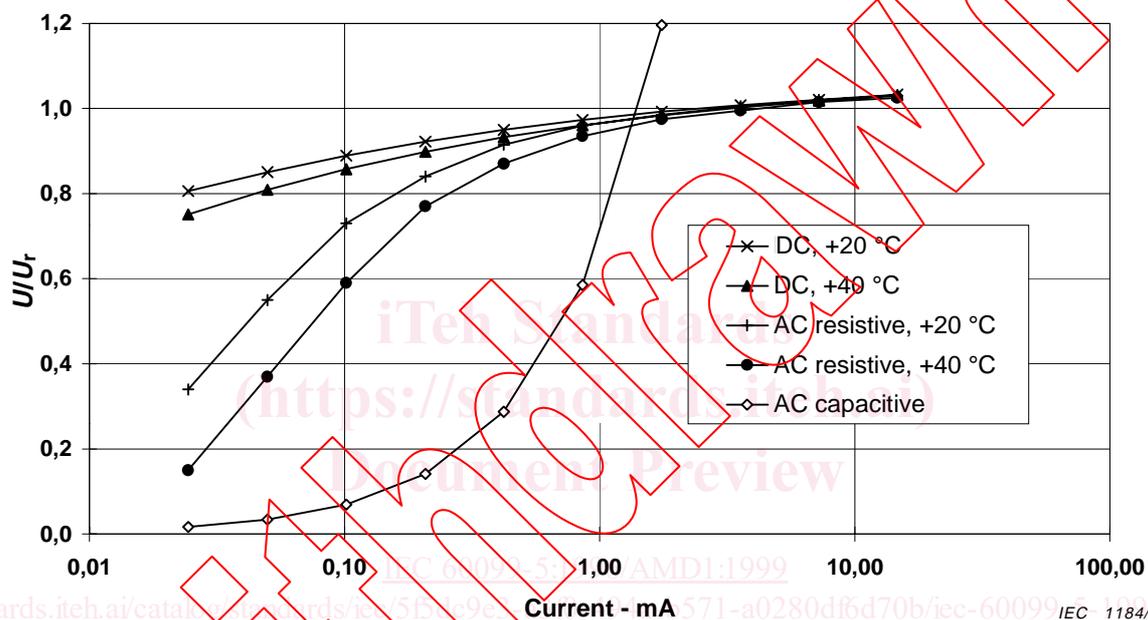


Figure 5 – Typical voltage-current characteristics for non-linear metal-oxide resistors

The resistive component under a.c. voltage is defined as the current level at the instant of voltage maximum ( $dU/dt = 0$ ), as indicated in figure 3. The resistive leakage current of a non-linear metal-oxide resistor is in the order of 5 % to 20 % of the capacitive current under normal operating conditions, corresponding to about 10  $\mu\text{A}$  to 600  $\mu\text{A}$  peak resistive current at a temperature of +20 °C.

In the leakage current region, the resistive current depends on the voltage and temperature. Typical values of voltage and temperature dependencies under a.c. voltage are indicated in figures 6 and 7, normalized to  $U_c$  and at +20 °C, respectively.