

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 Varembeé 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 coups 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 pre-dominant 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.

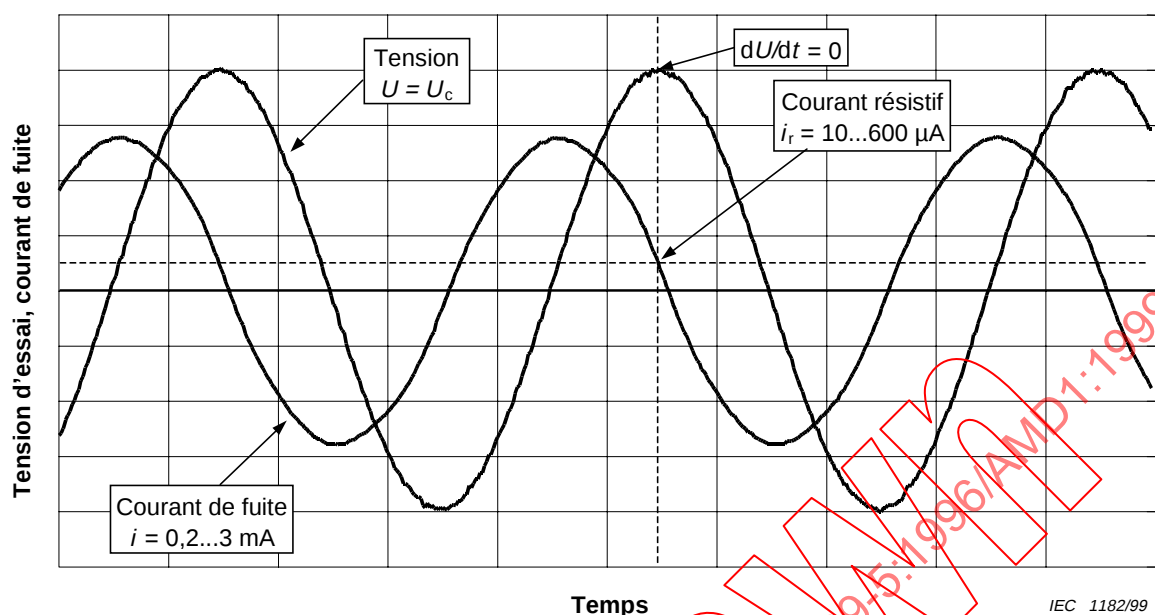


Figure 3 – Courant de fuite typique d'une résistance variable à oxyde métallique dans des conditions de laboratoire

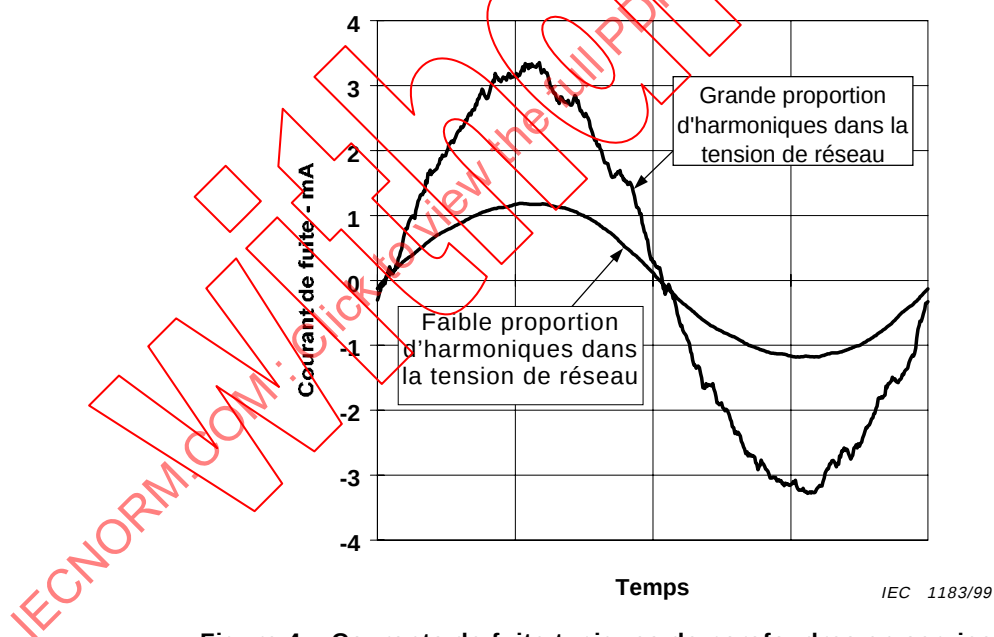


Figure 4 – Courants de fuite typiques de parafoudres en service

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/cm² à 150 pF.kV/cm² (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.

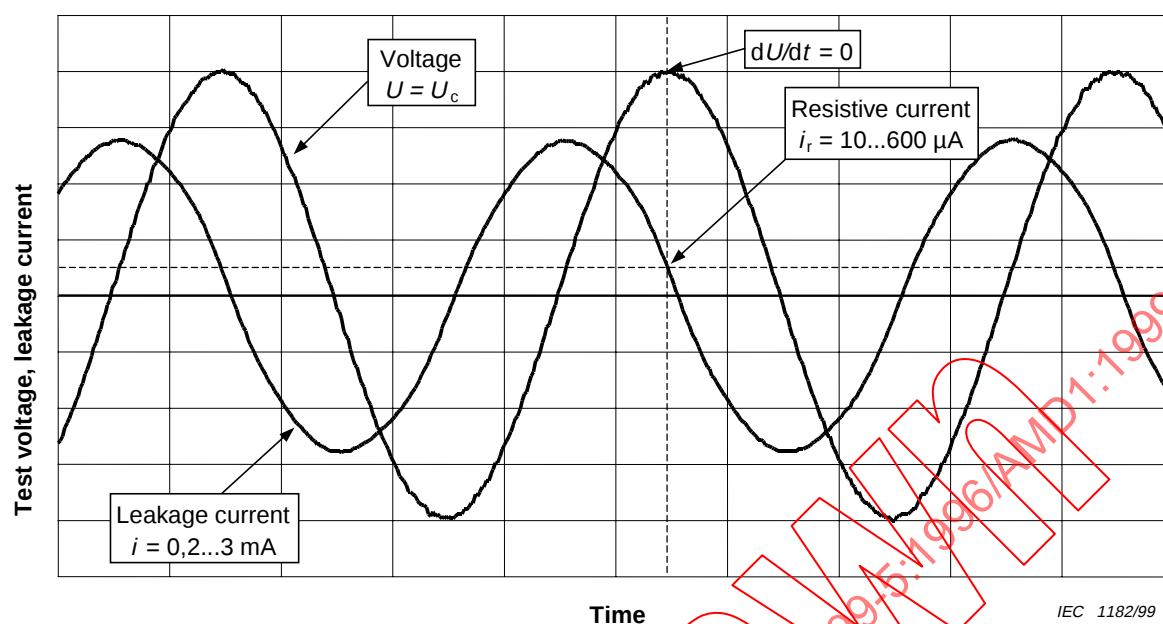


Figure 3 – Typical leakage current of a non-linear metal-oxide resistor in laboratory conditions

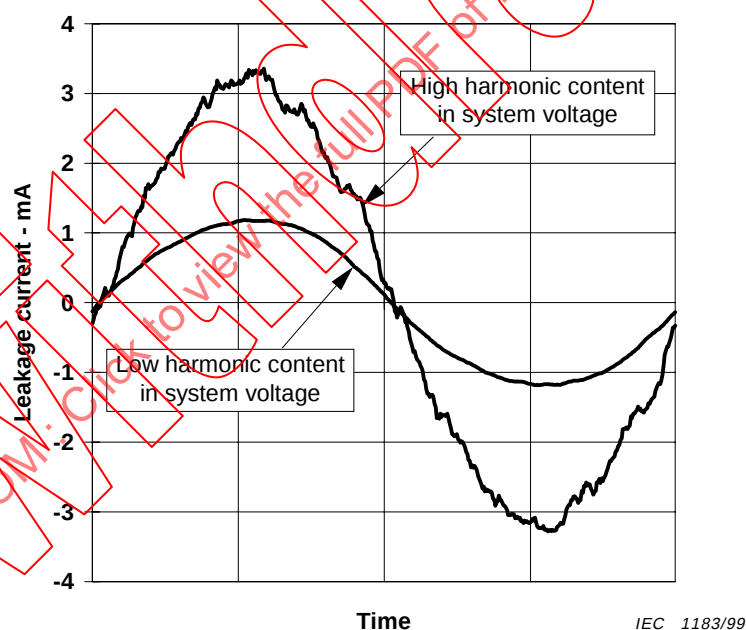


Figure 4 – Typical leakage currents of arresters in service conditions

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 pF.kV/cm^2 to 150 pF.kV/cm^2 (rated voltage), resulting in a capacitive peak leakage current of about $0,2 \text{ mA}$ to 3 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.

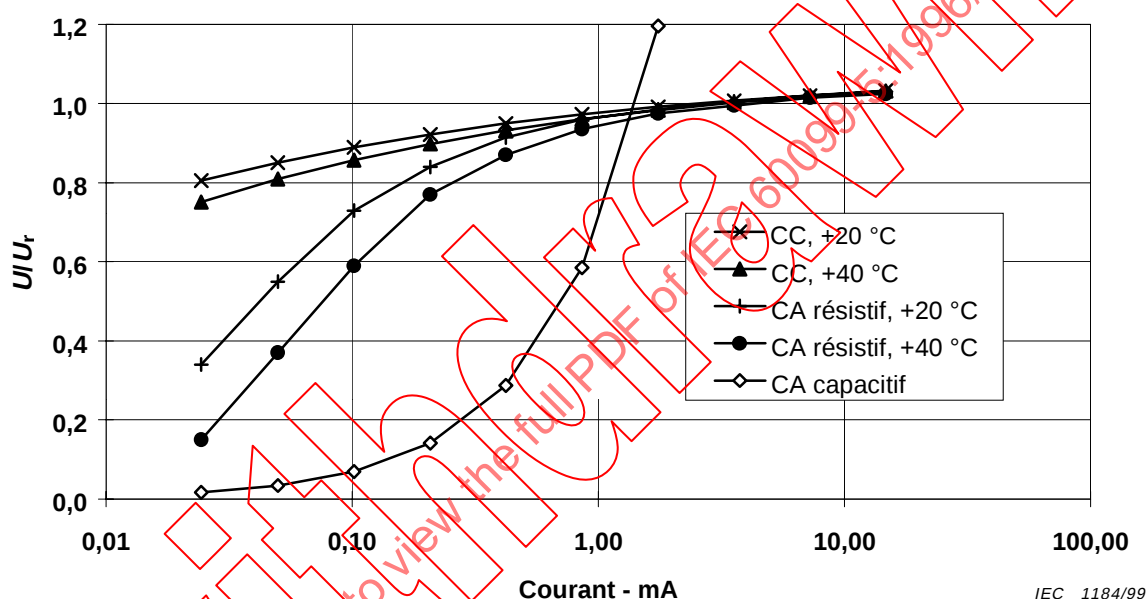


Figure 5 – Caractéristiques tension-courant typiques de résistances variables à oxyde métallique

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 μA à 600 μA 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.

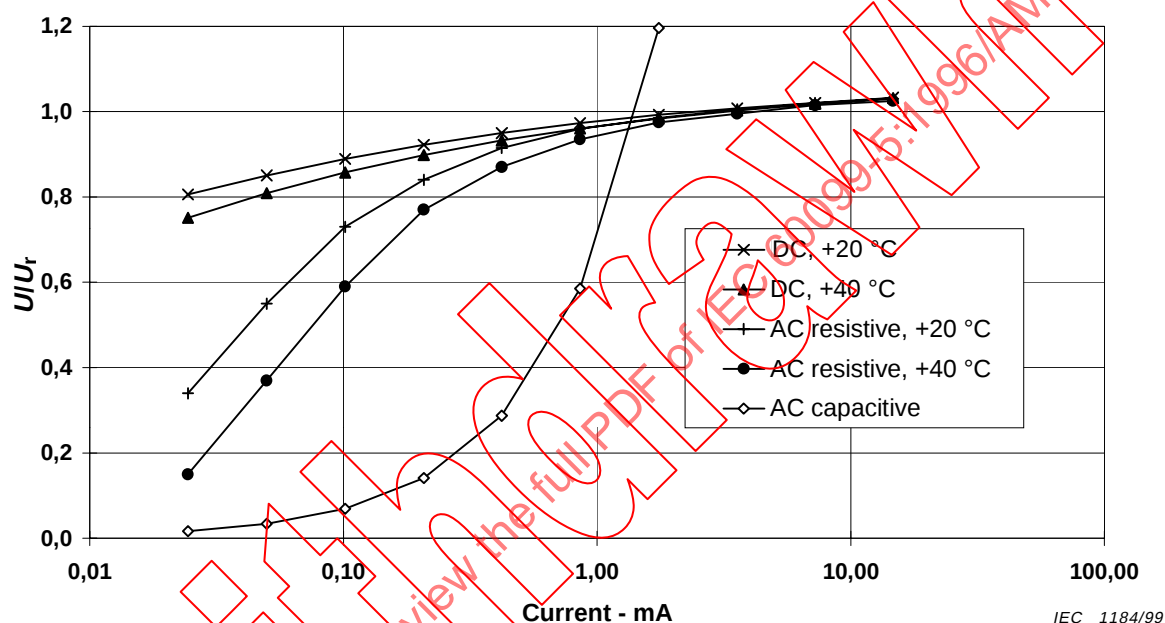


Figure 5 – Typical voltage-current characteristics for non-linear metal-oxide resistors

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 μ A to 600 μ 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.

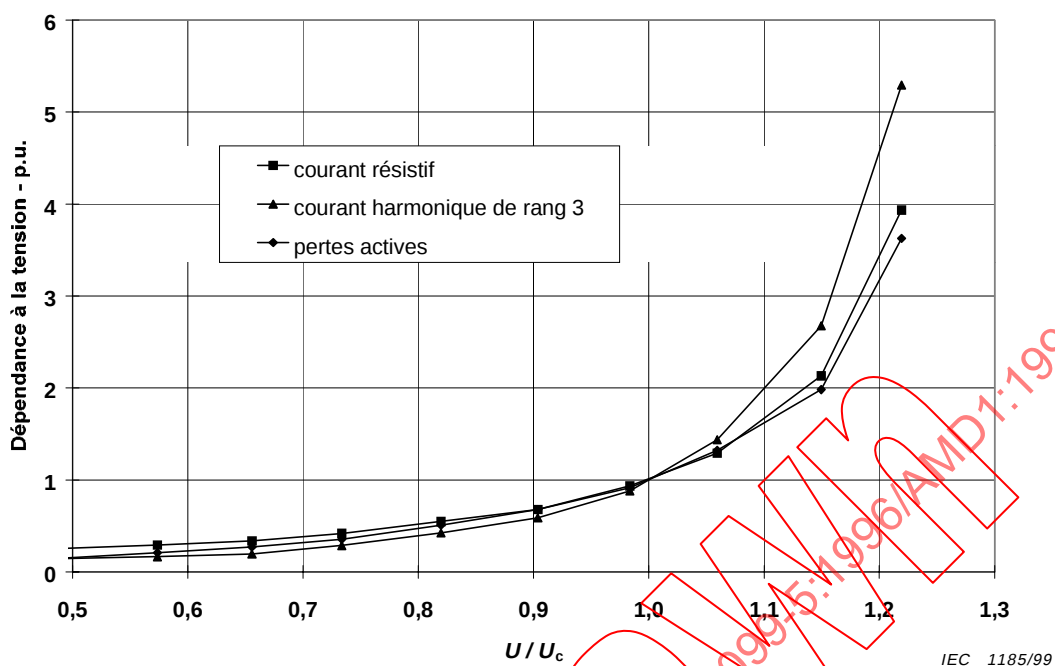


Figure 6 – Dépendance normée typique à la tension à +20 °C

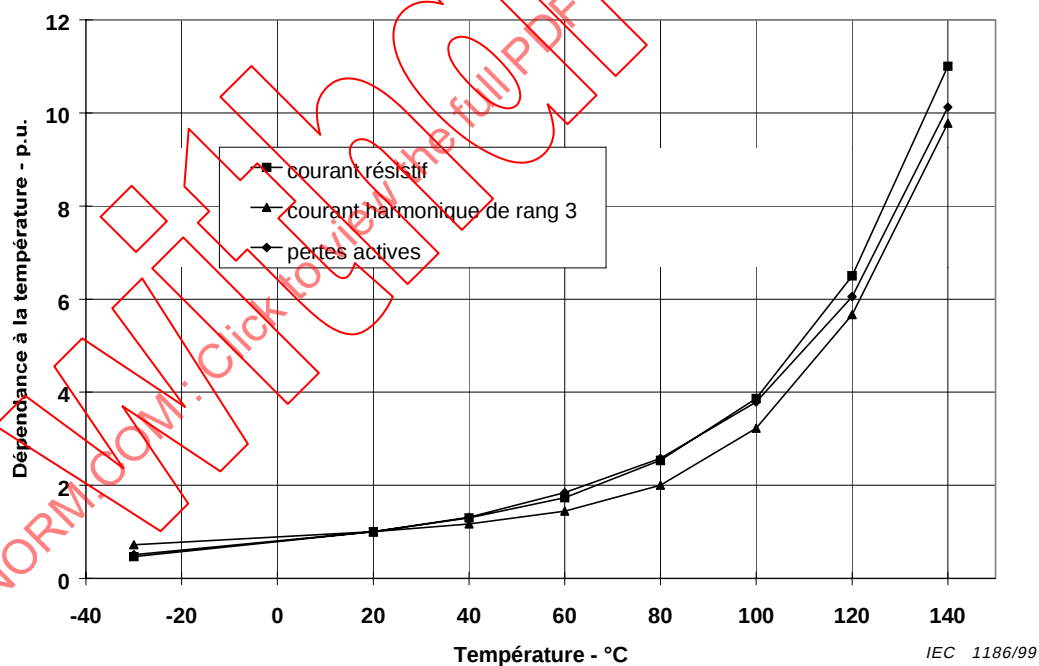


Figure 7 – Dépendance normée typique à la température à U_c

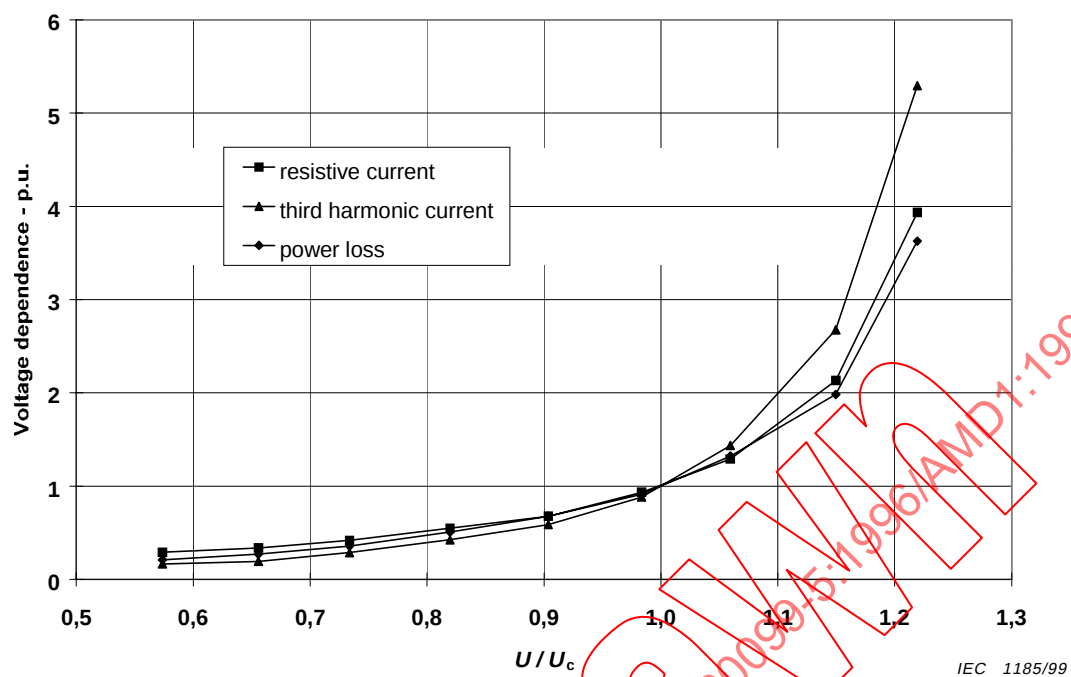
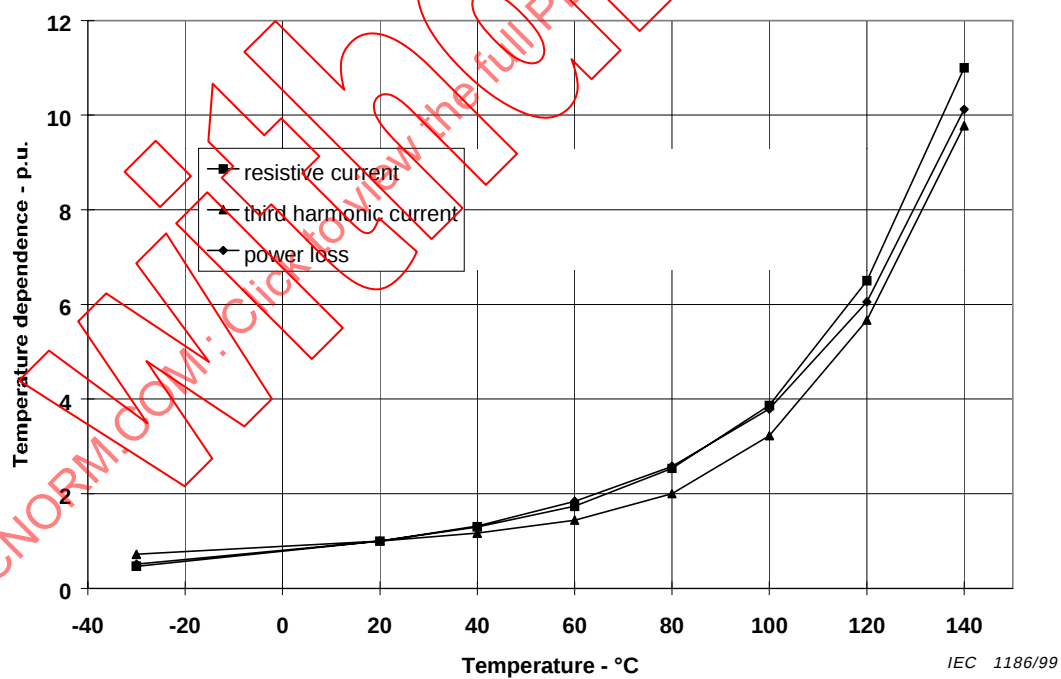


Figure 6 – Typical normalized voltage dependence at +20 °C

Figure 7 – Typical normalized temperature dependence at U_c

La distribution de la tension le long d'un parafoudre peut être irrégulière, principalement à cause de l'influence des capacités parasites vers la terre et vers des équipements voisins. La tension des résistances variables à oxyde métallique à l'extrémité du parafoudre mise à la terre, peut donc dévier, tant en amplitude qu'en phase, par rapport à la valeur moyenne le long du parafoudre. Ce phénomène influence la mesure du courant de fuite résistif de deux façons: premièrement, le courant résistif mesuré à la borne de terre dépend de l'amplitude de la tension aux bornes des résistances variables à oxyde métallique à l'extrémité mise à la terre, par conséquent le courant résistif mesuré peut être différent du courant résistif moyen le long du parafoudre; deuxièmement, le déphasage de la tension aux bornes des résistances variables à oxyde métallique à l'extrémité mise à la terre influence le résultat de la mesure du courant résistif, pour les méthodes utilisant la tension à travers le parafoudre complet comme référence pour l'angle de phase.

Un autre phénomène similaire, susceptible d'influencer la mesure du courant résistif en utilisant certaines méthodes, est le courant capacitif induit dans le conducteur de terre du parafoudre par les phases adjacentes.

6.1.6.1.3 Harmoniques dans le courant de fuite

La caractéristique tension-courant non linéaire d'un parafoudre à oxyde métallique donne naissance à des harmoniques dans le courant de fuite, lorsque le parafoudre est sous tension sinusoïdale. Le contenu harmonique dépend de l'amplitude du courant résistif et du degré de non-linéarité, qui est fonction de la tension et de la température. Par exemple, le contenu du troisième harmonique du courant résistif est généralement de 10 % à 40 %. Le contenu harmonique peut donc être utilisé comme indicateur du courant résistif. Les valeurs typiques des variations de tension et de température de la composante du troisième harmonique sont indiquées aux figures 6 et 7.

Une autre source d'harmoniques pouvant considérablement influencer leur mesure dans le courant de fuite, en plus de celles qui sont négligeables, est le contenu harmonique de la tension de réseau. Les courants harmoniques capacitifs produits par les harmoniques de tension peuvent avoir le même ordre de grandeur que les courants harmoniques créés par la résistance non linéaire du parafoudre. La figure 4 illustre un exemple d'harmoniques dans le courant de fuite, provoqués par les harmoniques de la tension de réseau.

6.1.6.1.4 Pertes actives

Les pertes actives peuvent être utilisées pour l'indication de diagnostic des parafoudres, de la même façon que le courant de fuite résistif. Les valeurs typiques des pertes actives sont de l'ordre de 5 mW/kV à 300 mW/kV (tension assignée) à U_c et +20 °C. Les dépendances à la température et à la tension sont pratiquement identiques à celles du courant résistif, comme l'indiquent les figures 6 et 7.

6.1.6.2 Courant de fuite superficiel

Comme c'est le cas avec tout isolateur extérieur, un courant de fuite superficiel extérieur peut apparaître temporairement sur l'enveloppe du parafoudre en cas de pluie ou d'humidité élevée, associées à la pollution superficielle. En outre, un courant de fuite superficiel intérieur peut apparaître, suite à la pénétration d'humidité. Lors des mesures, le courant de surface peut interférer avec le courant de fuite des résistances variables, toutefois la sensibilité aux courants superficiels intérieur et extérieur peut être différente selon les différentes méthodes de mesure. Il est possible d'éviter l'influence du courant de fuite superficiel extérieur, soit en effectuant les mesures dans des conditions sèches, ou à l'aide d'une autre méthode, par exemple en dérivant le courant superficiel à la terre.

The voltage distribution along an arrester may be uneven, primarily due to the influence of stray capacitances to earth and to adjacent equipment. The voltage across the non-linear metal-oxide resistors at the earthed end of the arrester may, therefore, deviate in both magnitude and phase from the average value along the arrester. This phenomenon affects the measurement of the resistive leakage current in two ways: First, the resistive current measured in the earth connection depends on the magnitude of the voltage across the non-linear metal-oxide resistors at the earthed end, therefore, the measured resistive current may differ from the average resistive current along the arrester. Secondly, the phase shift of the voltage across the non-linear metal-oxide resistors at the earthed end influences the result of resistive current measurement for methods that are using the voltage across the complete arrester as a reference for the phase angle.

Another similar phenomenon that may influence the measurement of the resistive current when using certain methods, is the capacitive current induced in the earth lead of the arrester by the adjacent phases.

6.1.6.1.3 Harmonics in the leakage current

The non-linear voltage-current characteristic of a metal-oxide arrester gives rise to harmonics in the leakage current when the arrester is energized with a sinusoidal voltage. The harmonic content depends on the magnitude of the resistive current and the degree of non-linearity, which is a function of voltage and temperature. As an example, the third harmonic content of the resistive current is typically 10 % to 40 %. The harmonic content can, therefore, be used as an indicator of the resistive current. Typical values of the variations with voltage and temperature of the third order harmonic component are shown in figures 6 and 7.

Another source of harmonics, beside negligible ones, that may considerably influence the measurement of harmonics in the leakage current, is the harmonic content in the system voltage. The capacitive harmonic currents produced by the voltage harmonics may be of the same order of magnitude as the harmonic currents created by the non-linear resistance of the arrester. An example of harmonics in the leakage current caused by system voltage harmonics is seen in figure 4.

6.1.6.1.4 Power loss

The power loss may be used for diagnostic indication of arresters in the same way as the resistive leakage current. Typical values of power losses are 5 mW/kV to 300 mW/kV (rated voltage) at U_c and +20 °C. The temperature and voltage dependencies are practically the same as for the resistive current, as seen in figures 6 and 7.

6.1.6.2 Surface leakage current

As with any other outdoor insulator, external surface leakage current may temporarily occur on the arrester housing in rain or in conditions of high humidity combined with surface pollution. In addition, internal surface leakage current may appear due to moisture penetration. During measurements, the surface currents may interfere with the leakage current of the resistors, however, the sensitivity to external and internal surface currents may be different for the various measurement methods. The influence of the external surface leakage current can be avoided, either by performing the measurements in dry conditions, or by any other suitable method, e.g. bypassing the surface leakage current to ground.

6.2 Mesure du courant de fuite total

Le courant de fuite total dépend principalement du courant capacitif, étant donné que la partie résistive n'est qu'une fraction de la composante capacitive du courant. Par ailleurs, les composantes ont une différence de 90° en phase, par conséquent une augmentation importante dans le courant résistif des varistances à oxyde métallique est nécessaire avant de constater un changement sensible du niveau du courant de fuite total. De plus, le courant de fuite total est sensible à l'installation, étant donné que le courant capacitif dépend des capacités parasites.

Les mesures en réseau du courant de fuite total sont beaucoup utilisées en pratique, à l'aide d'ampèremètres traditionnels incorporés aux compteurs de décharges, ou à l'aide d'instruments portables indiquant, dans les deux cas, l'intensité efficace, la valeur crête ou la valeur moyenne du courant de fuite total.

La sensibilité de la valeur efficace, moyenne et crête du courant de fuite total aux variations du courant résistif est illustrée dans la figure 8. Étant donnée la faible sensibilité aux changements du niveau du courant résistif, la mesure du courant de fuite total n'est pas adéquate comme indicateur de diagnostic que si le courant résistif est du même ordre de grandeur que le courant capacitif.

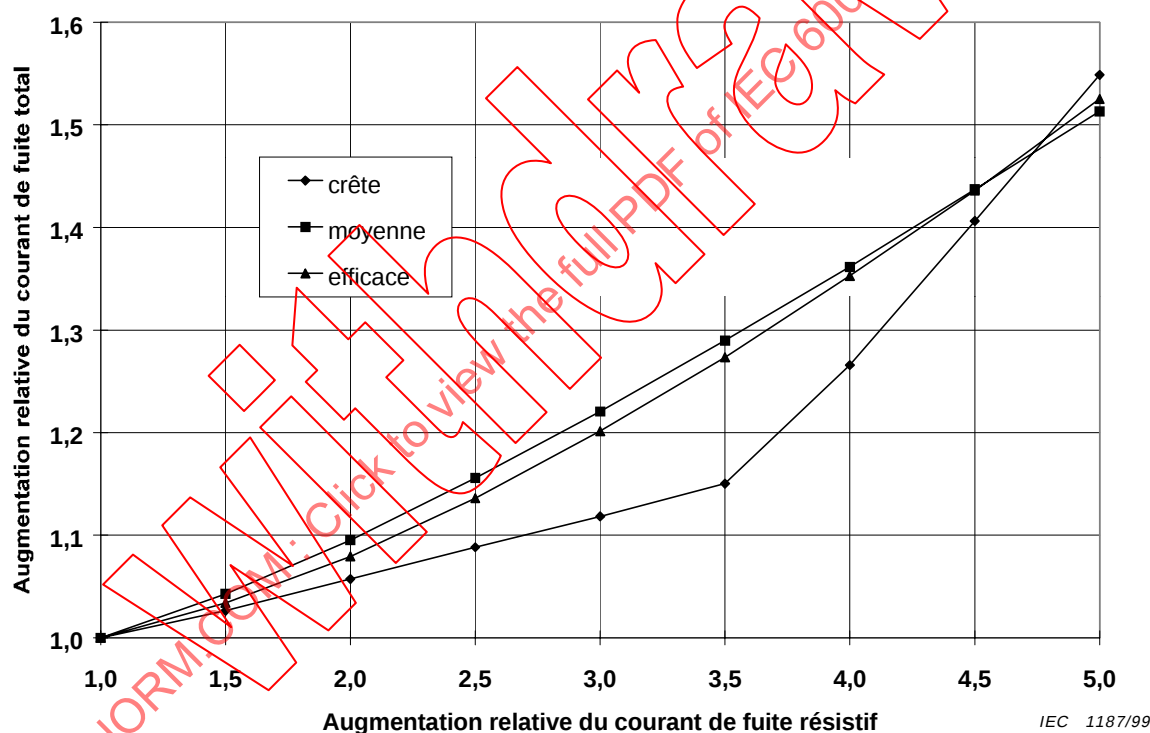


Figure 8 – Influence sur le courant de fuite total de l'augmentation du courant de fuite résistif

6.2 Measurement of the total leakage current

The total leakage current depends mainly on the capacitive current, since the resistive part is only a fraction of the capacitive current component. Furthermore, the capacitive and resistive current components differ in phase by 90° ; therefore, a large increase in the resistive current of the non-linear metal-oxide resistors is needed before a significant change can be noticed in the total leakage current level. In addition, the total leakage current is sensitive to the installation, since the capacitive current depends on the stray capacitances.

On-line measurements of the total leakage current are extensively used in practice by means of conventional mA-meters built into the surge counters or into portable instruments, showing the r.m.s., mean or peak value of the total leakage current.

The sensitivity of the r.m.s, mean, and peak values of the total leakage current to variations in the resistive current is illustrated in figure 8. The low sensitivity to changes in the resistive current level makes the measurement of total leakage current suitable as a diagnostic indicator only in the rare cases when the resistive current is in the same range as the capacitive current.

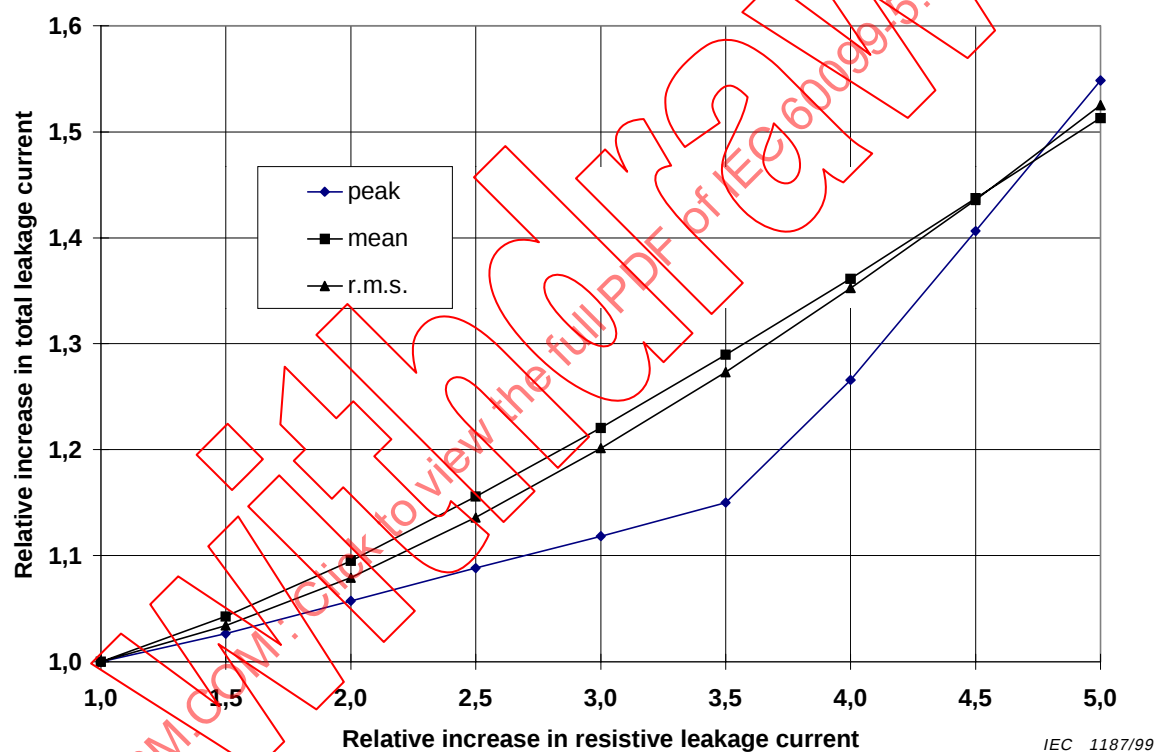


Figure 8 – Influence on total leakage current by increase in resistive leakage current

6.3 Mesure du courant de fuite résistif ou des pertes actives

La partie résistive du courant de fuite ou les pertes actives peuvent être déterminés à l'aide de plusieurs méthodes. On peut identifier trois méthodes principales, qui peuvent à leur tour être divisées en plusieurs groupes:

Méthode A: Mesure directe du courant de fuite résistif. Cette méthode peut être divisée en quatre groupes, selon la méthode d'extraction de la composante résistive du courant de fuite:

- A1 Utilisation d'un signal de tension comme référence
- A2 Compensation de la composante capacitive du courant de fuite par l'utilisation d'un signal de tension
- A3 Compensation de la composante capacitive du courant de fuite sans utilisation d'un signal de tension
- A4 Compensation des composantes capacitives du courant de fuite par combinaison des courants des trois phases

Méthode B: Détermination indirecte de la composante résistive par l'analyse harmonique du courant de fuite. Cette méthode peut être divisée en trois groupes différents:

- B1 Analyse du troisième harmonique du courant de fuite
- B2 Analyse du troisième harmonique avec compensation des harmoniques dans la tension de réseau
- B3 Analyse de l'harmonique du premier ordre du courant de fuite

Méthode C: Détermination directe des pertes actives.

6.3.1 Méthode A1 – Utilisation d'un signal de tension comme référence

Cette méthode consiste à utiliser un signal de référence qui représente la tension aux bornes du parafoudre. Le signal de référence peut être utilisé pour la lecture directe de la composante résistive du courant de fuite au moment où la tension est à son maximum ($dU/dt = 0$). La tension et le niveau du courant résistif peuvent être lus avec un oscilloscope ou un dispositif similaire. Cette méthode est généralement utilisée en laboratoire pour déterminer de façon précise le courant résistif, étant donné que le signal de référence est facilement accessible au moyen d'un diviseur de tension ayant un déphasage suffisamment faible (voir figure 4).

En pratique, la précision est principalement limitée par le déphasage du signal de référence et par les déviations de l'amplitude et de la phase de la tension à travers les résistances variables à oxyde métallique à l'extrémité mise à terre du parafoudre, comme exposé en 6.1.6.1.2. La présence d'harmoniques dans la tension peut réduire encore plus la précision de la méthode.

Une restriction, qui s'applique à cette méthode lors de mesures sous tension, est la nécessité du signal de référence. Une connexion temporaire au côté secondaire d'un transformateur de tension ou à la prise de tension capacitive d'une traversée isolée est nécessaire et peut être difficile à obtenir. Les courants capacitifs induits dans la borne de terre du parafoudre par des phases adjacentes risquent de réduire la précision des mesures sous tension, comme exposé en 6.1.6.1.2.

6.3 Measurement of the resistive leakage current or the power loss

The resistive part of the leakage current or the power loss can be determined using several methods. Three main principles can be identified, which can be further divided into different groups:

Method A: Direct measurement of the resistive leakage current. This method can be divided into four groups depending on the method of extracting the resistive component of the leakage current:

A1 Using a voltage signal as reference

A2 Compensating the capacitive component of the leakage current by using a voltage signal

A3 Compensating the capacitive component of the leakage current without using of a voltage signal

A4 Compensating the capacitive components of the leakage current by combining the currents of the three phases

Method B: Indirect determination of the resistive component by means of harmonic analysis of the leakage current. This method can be divided into three different groups:

B1 Third order harmonic analysis of the leakage current

B2 Third order harmonic analysis with compensation for harmonics in the system voltage

B3 First order harmonic analysis of the leakage current

Method C: Direct determination of the power losses.

6.3.1 Method A1 – Using a voltage signal as reference

The method relies on using a reference signal representing the voltage across the arrester. The reference signal can be used for direct reading of the resistive component of the leakage current at the instant when the voltage is at its peak ($dU/dt = 0$). The voltage and the resistive current level can be read with an oscilloscope or similar device. This method is commonly used in the laboratory for accurate determination of the resistive current since the reference signal is easily accessible through a voltage divider having a sufficiently small phase-shift (see figure 4).

In practice, the accuracy is limited mainly by the phase-shift of the reference signal and by the deviations in magnitude and phase of the voltage across the non-linear metal-oxide resistors at the earthed end of the arrester, as discussed in 6.1.6.1.2. The presence of harmonics in the voltage may further reduce the accuracy of the method.

A restriction on the method during measurements in service is the need for a reference signal. Temporary connection to the secondary side of a potential transformer or to the capacitive tap of a bushing is necessary and may be complicated to obtain. The capacitive currents induced in the earth connection of the arrester by adjacent phases may reduce the accuracy during measurements in service, as discussed in 6.1.6.1.2.

6.3.2 Méthode A2 – Compensation de la composante capacitive par utilisation d'un signal de tension

En utilisant un signal de tension pour compenser la composante capacitive du courant de fuite, on peut augmenter la sensibilité de la mesure de la composante résistive. Le principe de base est un pont HT dans lequel le bras capacitif-résistif est réglé pour équilibrer la composante capacitive du courant de fuite de sorte que seule la partie résistive non linéaire contribue à la tension de sortie, qui peut alors être étudiée à l'aide d'un oscilloscope.

Le pont est équilibré lorsque la tension est proche de zéro et que le courant capacitif est à son maximum. Puisque la capacité différentielle du parafoudre dépend de la tension (la capacité augmente avec la tension), alors que la capacité du pont est constante, le courant restant après compensation comprend non seulement la composante résistive mais aussi une partie capacitive. Ce phénomène est illustré à la figure 9. Comme pour la méthode A1, la composante résistive réelle est relevée au moment de la crête de tension.

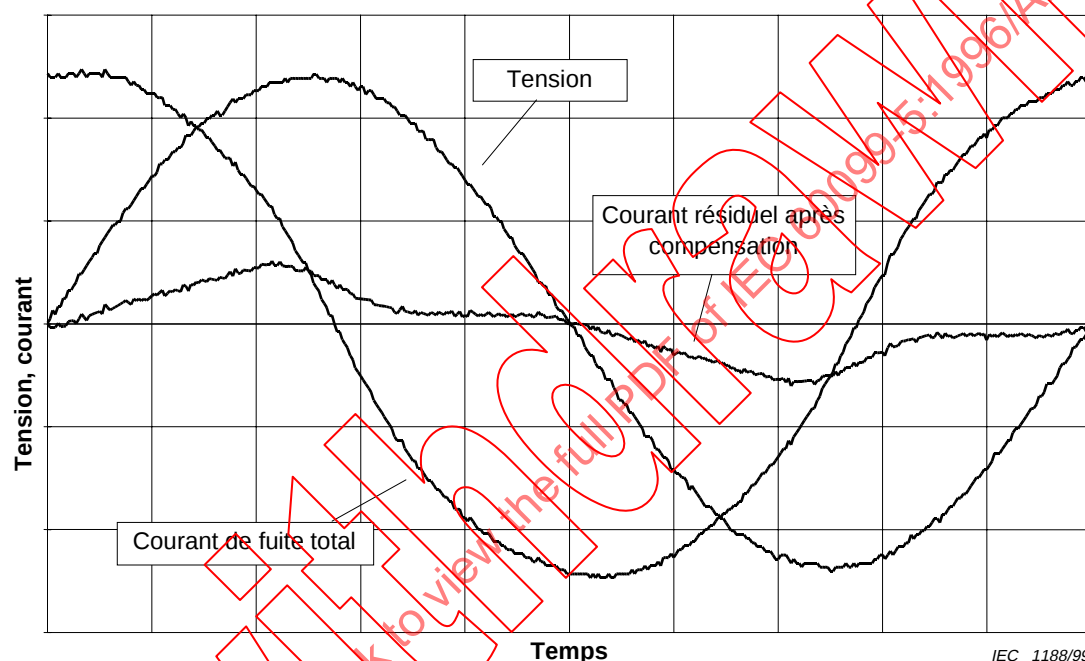


Figure 9 – Courant résiduel après compensation par courant capacitif à U_c

Etant donné que cette méthode nécessite une tension de référence, qui peut être difficile à obtenir sur site, elle comporte les mêmes restrictions que la méthode A1. De même que la méthode A1, la précision peut être réduite par des déphasages des tensions et des courants, provoqués par l'influence des phases adjacentes.

6.3.3 Méthode A3 – Compensation de la composante capacitive sans utiliser de signal de tension

Il s'agit d'une méthode de compensation où la nécessité d'un signal de tension est éliminée. Le principe de base est qu'un signal de référence de fréquence fondamentale est généré de façon synthétique à l'aide d'informations provenant du courant de fuite. En effectuant un réglage approprié de l'amplitude et de l'angle de phase, soit automatiquement soit avec un oscilloscope, le signal de référence peut compenser la composante capacitive du courant de fuite. La méthode peut être mise en application avec différents degrés de sophistication.

6.3.2 Method A2 – Compensating the capacitive component by using a voltage signal

By using a voltage signal to compensate the leakage current for its capacitive component, the sensitivity in the measurement of the resistive part may be further increased. The basic principle is a HV bridge where the capacitive-resistive arm is adjusted to balance the capacitive component of the leakage current so that only the non-linear resistive part contributes to the output voltage, which can be studied with the help of an oscilloscope.

The bridge is balanced when the voltage is close to zero and with the capacitive current being at its peak. Since the differential capacitance of the arrester is voltage dependent (the capacitance increases with voltage), while the bridge capacitance is constant, the remaining current after compensation comprises not only the resistive component, but also a capacitive part. This phenomenon is illustrated in figure 9. As for method A1, the true resistive component is found at the instant when the voltage is at its peak.

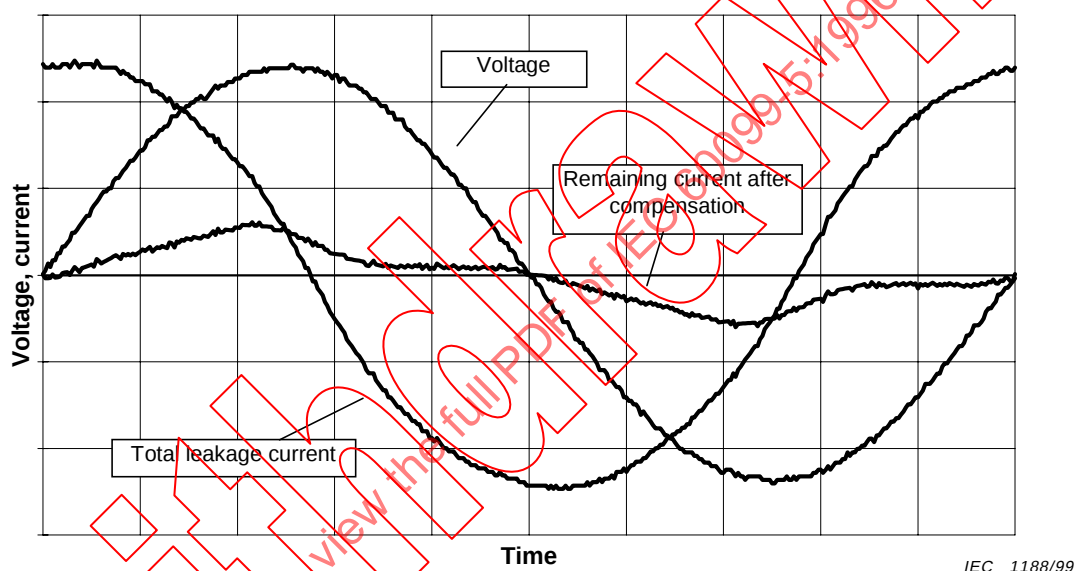


Figure 9 – Remaining current after compensation by capacitive current at U_c

Since the method requires a reference voltage, which may be difficult to access in service, the method is generally restricted in the same way as method A1. Similar to method A1, the accuracy may be reduced by phase shifts in voltages and currents due to the influence of adjacent phases.

6.3.3 Method A3 – Compensating the capacitive component without using a voltage signal

This is a compensation method where the need for a voltage signal is eliminated. The basic principle is that a reference signal of fundamental frequency is created synthetically by means of information derived from the leakage current. By proper adjustment of the amplitude and phase angle, which can be done automatically or by using an oscilloscope, the reference signal can be made to compensate the capacitive component of the leakage current. The method can be implemented with different degrees of sophistication.

La méthode est facile à appliquer pour les mesures sous tension. Un problème potentiel est la présence d'harmoniques dans la tension. Ils provoquent en effet des courants capacitifs harmoniques qui peuvent interférer avec la composante résistive. De plus, le signal de compensation représente le courant dans une capacité linéaire, ce qui implique le même type de problème de précision que dans la méthode A2. Les déphasages des tensions et des courants, provoqués par les phases adjacentes, peuvent réduire la précision, comme dans les méthodes A1 et A2.

6.3.4 Méthode A4 – Compensation capacitive en combinant le courant de fuite des trois phases

Cette méthode est basée sur l'hypothèse que les courants capacitifs sont annulés si les courants de fuite des parafoudres des trois phases sont additionnés. Le courant qui en résulte est composé des harmoniques des courants résistifs provenant des trois parafoudres, puisque les composantes fondamentales sont également annulées pour autant qu'elles soient d'amplitude égale. En cas d'augmentation du courant résistif d'un des parafoudres, les courants capacitifs restent constants et l'augmentation apparaît dans le courant additionné. Le signal de référence de tension n'est pas nécessaire.

Pour des mesures en réseau, l'inconvénient principal de cette méthode est que les courants capacitifs des trois phases ne sont généralement pas d'amplitude égale. Seules des géométries bien contrôlées comme les parafoudres des postes sous enveloppe métallique, associées à des capacités équivalentes des parafoudres, donneront la symétrie nécessaire. Un autre problème est l'influence des harmoniques de la tension de réseau qui provoqueront des harmoniques dans le courant additionné.

6.3.5 Méthode B1 – Analyse du troisième harmonique

Cette méthode se fonde sur le fait que les harmoniques sont créés dans le courant de fuite par la caractéristique tension-courant non linéaire du parafoudre. Aucune référence de tension n'est nécessaire puisqu'on suppose que toutes les harmoniques naissent du courant résistif non linéaire. Le contenu harmonique dépend de l'amplitude du courant résistif et du degré de non-linéarité de la caractéristique tension-courant, c'est-à-dire que le contenu harmonique varie également en fonction de la tension et de la température du parafoudre, comme indiqué pour le troisième harmonique aux figures 6 et 7.

Le troisième harmonique est la plus grande composante harmonique du courant résistif, et c'est également le plus utilisé pour les mesures de diagnostic. La conversion de l'harmonique en niveau de courant résistif, si elle est requise, se base sur des informations fournies par le constructeur de parafoudre et sur des mesures effectuées en laboratoire.

La méthode est applicable aux mesures sous tension. Le principal problème est la sensibilité aux harmoniques dans la tension de réseau. Les harmoniques dans la tension peuvent provoquer des courants harmoniques capacitifs qui sont comparables en taille aux courants harmoniques générés par la résistance non linéaire du parafoudre. Il en résulte que l'erreur de mesure du courant harmonique peut être considérable si le contenu harmonique dans la tension est élevé. On peut le constater à la figure 10, où l'erreur d'évaluation du troisième harmonique dans le courant de fuite est donnée en fonction du contenu du troisième harmonique dans la tension de réseau. La figure montre également l'effet de la variation de la capacité et de la caractéristique tension-courant ainsi que l'influence de l'angle de phase du troisième harmonique sur la tension.

The method can readily be utilized for measurements in service. A potential problem is the presence of harmonics in the voltage, which cause harmonic capacitive currents that may interfere with the resistive component. Furthermore, the compensating signal represents the current in a linear capacitance, which implies the same type of accuracy problem as with method A2. Phase shifts in voltages and currents caused by the adjacent phases may reduce the accuracy as with methods A1 and A2.

6.3.4 Method A4 – Capacitive compensation by combining the leakage current of the three phases

The method is based on the assumption that the capacitive currents are cancelled if the leakage currents of the arresters in the three phases are summed. The resulting current is composed of the harmonics of the resistive currents from the three arresters, since the fundamental components are also canceled as long as they are equal in magnitude. If there is an increase in the resistive current of any of the arresters, the capacitive currents remaining constant, the increase will appear in the summed current. A voltage reference signal is not needed.

For measurements in service, the main disadvantage with the method is that the capacitive currents of the three phases are not generally equal. Only well-controlled geometries such as arresters in gas-insulated switchgear, combined with equal capacitances of the arresters, will provide the necessary symmetry. Another concern is the influence of harmonics in the system voltage, which will cause harmonics in the summed current.

6.3.5 Method B1 – Third order harmonic analysis

The method is based on the fact that harmonics are created in the leakage current by the non-linear voltage-current characteristic of the arrester. No voltage reference is needed since it is assumed that all harmonics arise from the non-linear resistive current. The harmonic content depends on the magnitude of the resistive current and on the degree of non-linearity of the voltage-current characteristic, i.e., the harmonic content varies also with the voltage and temperature of the arrester, as indicated for the third order harmonic in figures 6 and 7.

The third harmonic is the largest harmonic component of the resistive current, and it is the most commonly used for diagnostic measurements. The conversion from harmonic to resistive current level, if required, relies on information supplied by the arrester manufacturer or from measurements in the laboratory.

The method can be readily used for measurements in service. The main problem is the sensitivity to harmonics in the system voltage. The harmonics in the voltage may create capacitive harmonic currents that are comparable in size with the harmonic currents generated by the non-linear resistance of the arrester. As a result, the error in the measured harmonic current may be considerable if the harmonic content in the voltage is high. This is seen in figure 10, where the error in the evaluation of the third harmonic in the leakage current is given as a function of the third harmonic content in the system voltage. The figure includes the effects of different voltage-current characteristics and capacitances, as well as the influence of the phase angle of the third harmonic in the voltage.

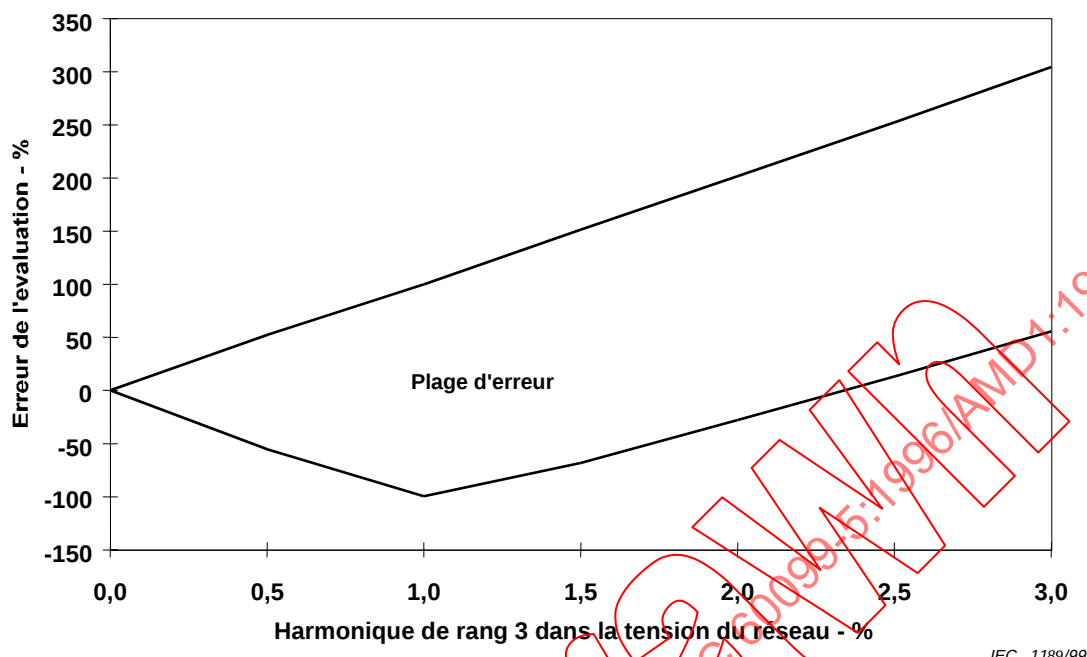


Figure 10 – Erreur dans l'évaluation de l'harmonique de rang 3 du courant de fuite pour différents angles de phase de l'harmonique de rang 3 de la tension du réseau, en considérant des capacités et des caractéristiques courant-tension variées de résistance à oxyde métallique

6.3.6 Méthode B2 – Analyse du troisième harmonique avec compensation des harmoniques de la tension

Cette méthode se base sur le même principe que la méthode B1, mais la sensibilité aux harmoniques dans la tension est considérablement réduite grâce à l'introduction d'un signal de courant compensatoire pour le troisième harmonique du courant capacitif dans le parafoudre. Le signal de courant compensatoire est dérivé à partir d'une «sonde de champ» située à la base du parafoudre. Après un réglage approprié, le courant harmonique induit dans la sonde par le champ électrique est soustrait du courant harmonique total. Le résultat est le courant harmonique généré par le courant résistif non linéaire du parafoudre. La conversion du troisième harmonique en courant résistif nécessite des informations supplémentaires de la part du constructeur du parafoudre, comme pour la méthode B1. Cette méthode est adaptée aux mesures sous tension.

6.3.7 Méthode B3 – Analyse de l'harmonique de premier ordre

La composante fondamentale du courant résistif est obtenue en filtrant et en intégrant le courant de fuite, pour produire un signal proportionnel à la composante résistive.

L'influence des harmoniques dans la tension de réseau lors de la mesure en réseau est pratiquement éliminée en utilisant exclusivement les composantes fondamentales de tension et de courant. La principale limitation de cette méthode est la nécessité d'obtenir un signal de tension, par exemple sur le côté secondaire d'un transformateur de tension. La précision dépend des déphasages des tensions et des courants, comme dans les méthodes A1-A3.

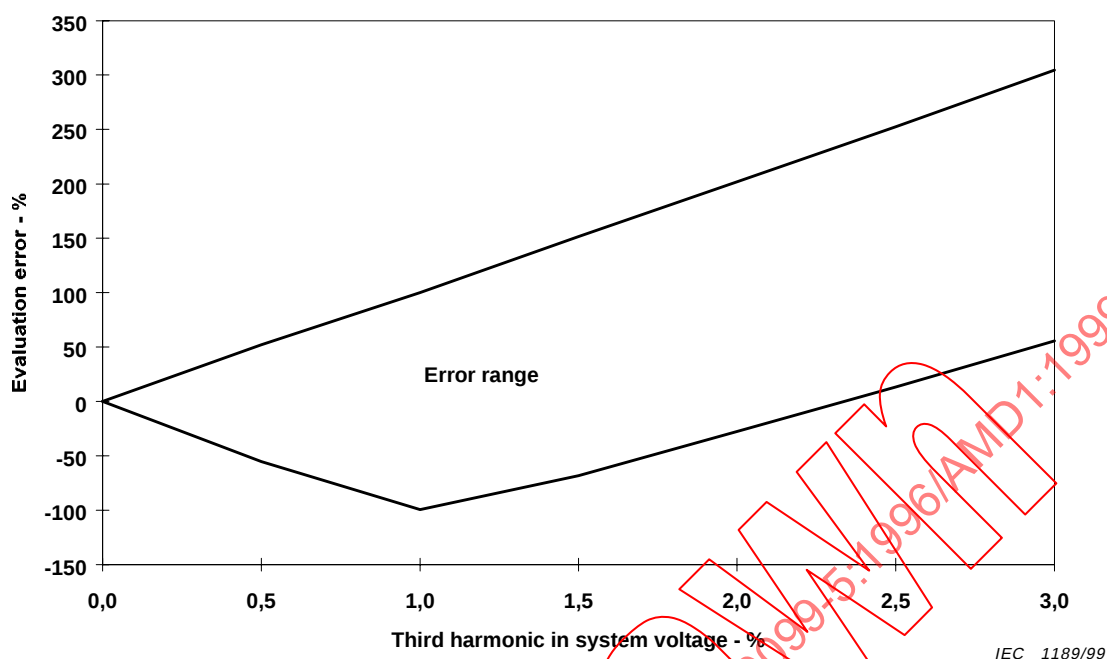


Figure 10 – Error in the evaluation of the leakage current third harmonic for different phase angles of system voltage third harmonic, considering various capacitances and voltage-current characteristics of non-linear metal oxide resistors

6.3.6 Method B2 – Third order harmonic analysis with compensation for harmonics in the voltage

The method is based on the same principle as method B1, but the sensitivity to harmonics in the voltage is greatly reduced by the introduction of a compensating current signal for the capacitive third harmonic current in the arrester. The compensating current signal is derived from a "field probe" positioned at the base of the arrester. After proper scaling, the harmonic current induced in the probe by the electric field is subtracted from the total harmonic current. The result is the harmonic current generated by the non-linear resistive current of the arrester. The conversion from third harmonic to resistive current requires additional information from the arrester manufacturer, as for method B1. The method is suitable for measurements in service.

6.3.7 Method B3 – First order harmonic analysis

The fundamental component of the resistive current is obtained by filtering and integration of the leakage current, yielding a signal proportional to the resistive component.

The influence of harmonics in the system voltage during measurements in service is practically eliminated by using only the fundamental components of voltage and current. The main restriction on the method is the need for a voltage signal obtained, e.g. from the secondary side of a potential transformer. The accuracy depends on phase shifts in the voltages and currents, in the same way as for methods A1-A3.

6.3.8 Méthode C – Détermination directe des pertes actives

Les pertes actives sont l'intégrale du produit des valeurs instantanées de la tension et du courant de fuite divisée par le temps. Les pertes actives peuvent être exprimées comme le produit de la valeur efficace de la composante résistive du courant de fuite et de la valeur efficace de la tension aux bornes du parafoudre. L'influence des harmoniques de la tension est fortement réduite par l'opération de multiplication et d'intégration. Le principal inconvénient de cette méthode est la nécessité de disposer d'un signal de tension. Comme dans les méthodes A1-A3, la précision pendant la mesure en réseau peut être limitée par des déphasages entre les tensions et les courants, provoqués par les phases adjacentes.

6.4 Informations sur le courant de fuite fournies par le constructeur du parafoudre

Les données relatives à la mesure du courant de fuite peuvent être comparées avec les informations fournies par le constructeur du parafoudre. Pour utiliser ces informations, il est important que la tension de fonctionnement et la température ambiante soient connues au moment de la mesure.

Pour une utilisation efficace des méthodes de diagnostic décrites plus haut, le constructeur du parafoudre peut fournir des informations concernant les différentes méthodes. Les informations peuvent inclure des données sur le courant résistif, le troisième harmonique du courant et les pertes actives pour chaque type de parafoudre, en fonction de la tension et de la température.

En pratique, la dépendance de la tension peut être exprimée en fonction de la tension d'exploitation divisée par U_r . Il convient que les informations couvrent de préférence les tensions d'exploitation de 0,40 à 0,90 U_r . Il convient que les courants résistifs et de troisième harmonique soient fournis en valeurs crêtes, tandis que les pertes actives soient exprimées par une valeur spécifique basée sur la tension nominale.

Il convient que la dépendance à la température soit fournie en fonction de la température ambiante, en supposant une température plus élevée des varistances, étant donné qu'il est impossible d'obtenir la température réelle de la varistance pendant la mesure sous tension. Il convient que la gamme de température ambiante soit de préférence comprise entre $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

NOTE – La température effective de la varistance peut être supérieure à la normale, à cause des radiations solaires, de l'absorption d'énergie, ou d'autres phénomènes semblables.

Deux sortes d'informations fournies par le constructeur du parafoudre sont d'une grande importance dans l'évaluation des résultats des mesures.

Premièrement, les informations qui sont utiles à la comparaison des résultats obtenus dans des conditions d'exploitation différentes en termes de tension de réseau et de température ambiante. En convertissant les résultats mesurés en une série de conditions d'exploitation «standard», par exemple une tension de réseau de 0,70 U_r et une température ambiante de $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$, il est possible de comparer les résultats des mesures effectuées en différentes occasions. Les informations provenant du constructeur peuvent être fournies comme coefficients multiplicateurs de correction, comme l'indiquent les figures 11 et 12.

6.3.8 Method C – Direct determination of the power losses

The power loss is the integral of the product of the instantaneous values of the voltage and leakage current divided by time. The power loss may be expressed in terms of the product of the r.m.s. value of the resistive component of leakage current and the r.m.s. value of the voltage across the arrester. The influence of the harmonics in the voltage is greatly reduced by the multiplication and integration procedure. The main disadvantage is the need for a voltage signal. As with methods A1-A3, the accuracy during measurements in service may be limited by phase shifts in voltages and currents, caused by the adjacent phases.

6.4 Leakage current information from the arrester manufacturer

The measured leakage current data may be compared with information supplied by the arrester manufacturer. To utilize this information, it is important that the operating voltage and the ambient temperature are known at the time of measurement.

For efficient use of the diagnostic methods described above, the arrester manufacturer may provide information relevant to the various methods. The information may be comprised of the resistive current, third harmonic current and power loss data for each arrester type as functions of voltage and temperature.

For practical use, the voltage dependence may be expressed as a function of the service voltage divided by U_r . The information should preferably cover operating voltages from 0,40 to 0,90 of U_r . The resistive and third harmonic currents should be given as peak values, while the power loss should be expressed as a specific value based on the rated voltage.

The temperature dependence should be given as a function of the ambient temperature, assuming a certain over-temperature of the resistors, since there is no possibility to obtain the actual resistor temperature during measurements in service. The ambient temperature range should preferably be from $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

NOTE – The actual resistor temperature may be higher than normal due to solar radiation, energy absorption and the like.

Two different kinds of information from the arrester manufacturer are of main interest in the evaluation of the measurement results.

First, information for comparison of results obtained under different operating conditions in terms of service voltage and ambient temperature. By conversion of the measured results to a set of “standard” operating conditions, e.g. a service voltage of 0,70 of U_r and an ambient temperature of $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$, it is possible to compare the results from measurements made on different occasions. The information from the manufacturer could be given as correction multipliers, as indicated in figures 11 and 12.

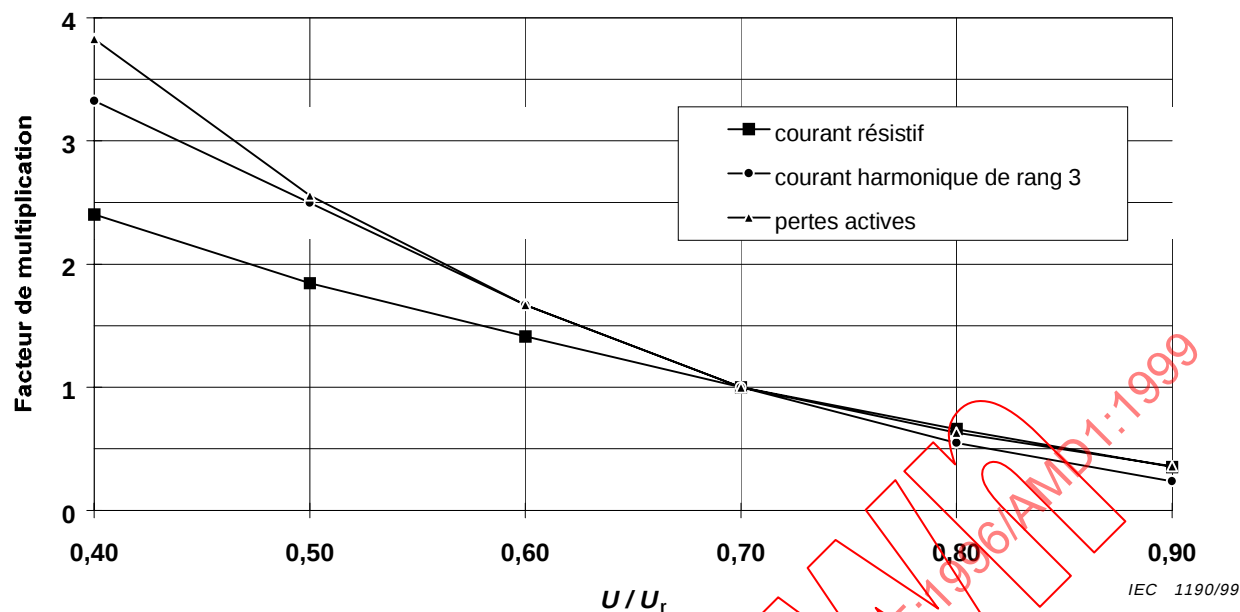


Figure 11 – Information typique pour la conversion aux conditions «standard» de tension d'exploitation

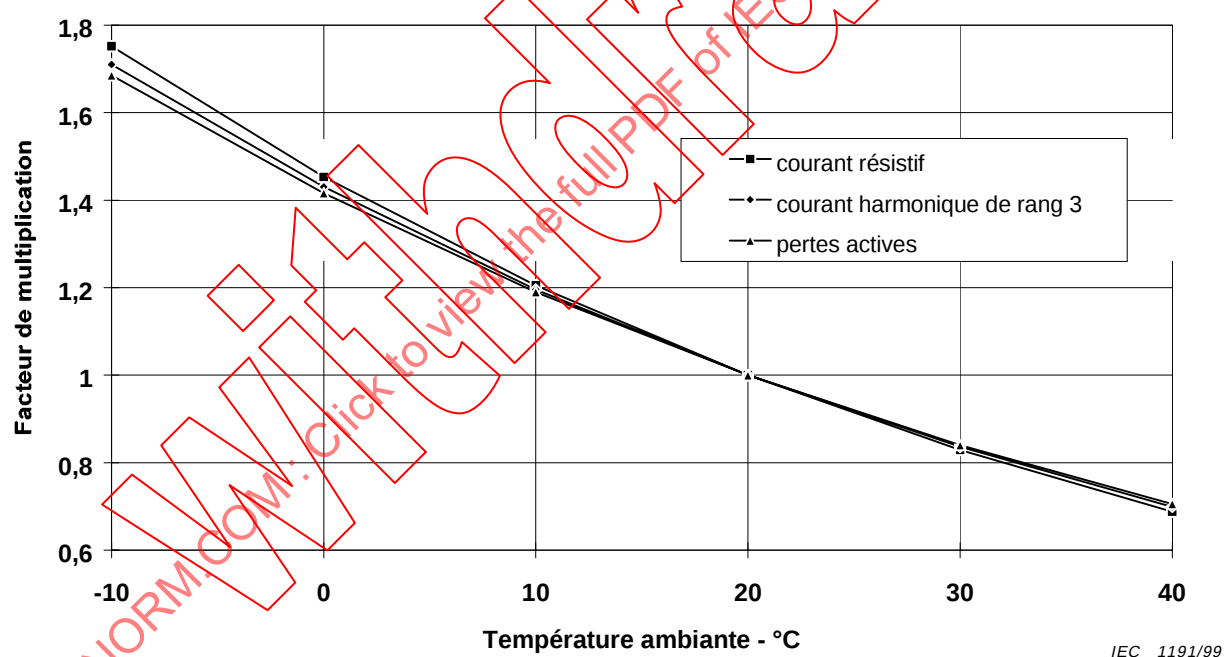


Figure 12 – Information typique pour la conversion aux conditions «standard» de température ambiante