NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60353

1989

AMENDEMENT 1
AMENDMENT 1
2002-04

Amendement 1

Circuits-bouchons pour réseaux alternatifs

Amendment 1

Line traps for a.c. power systems

© IEC 2002 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE L

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

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale

AVANT-PROPOS

Le présent amendement a été établi par le comité d'études 57 de la CEI: Conduite des systèmes de puissance et communications associées.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
57/577/FDIS	57/584/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.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements ne sera pas modifié avant 2005. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

INTRODUCTION

Les circuits-bouchons se sont généralement révélés être des composants très fiables dans les systèmes d'alimentation secteur. Certains problèmes rencontrés sur le terrain avec des circuits-bouchons associés à des dispositifs d'accord ont toutefois été signalés au comité d'études 57. Ces problèmes sont rencontrés plus particulièrement lorsque des sectionneurs se trouvent à proximité des circuits-bouchons et qu'ils sont fréquemment manœuvrés pour connecter ou déconnecter les lignes non chargées. Il apparaît que les surtensions transitoires provoquées par la commutation du sectionneur peuvent être dangereuses pour les condensateurs d'accord des circuits-bouchons, et ce même si les prescriptions théoriques mentionnées dans la CEI 60353 sont satisfaites.

Les recherches et les essais menés au cours des dernières années ont démontré que la tension de claquage du matériau diélectrique du condensateur dépend des propriétés du matériau ainsi que de la nature et de la durée de la contrainte appliquée au diélectrique, par exemple forme du signal, impulsions unipolaires et bipolaires multiples.

Cet amendement traite du problème des surtensions transitoires auxquelles sont exposés les circuits-bouchons, notamment celles provoquées par le fonctionnement des sectionneurs. L'accent est mis sur les conséquences sur la conception des dispositifs d'accord.

Les éléments d'accord autres que les condensateurs sont généralement protégés par des éclateurs, ce qui implique que les surtensions transitoires ne concernent que les condensateurs. L'aptitude des condensateurs d'accord à résister aux contraintes imposées par les opérations de commutation doit être prouvée par des essais de tenue en tension appropriés. En conséquence, il a été convenu que le titre et le domaine d'application de cette annexe seraient: Qualification diélectrique des condensateurs du dispositif d'accord.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

FOREWORD

This amendment has been prepared by IEC technical committee 57: Power system control and associated communications.

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

FDIS	Report on voting
57/577/FDIS	57/584/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.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments will remain unchanged until 2005. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

INTRODUCTION

In general, line traps have proven to be very reliable components of power line carrier systems. However, some line trap field problems associated with tuning devices were reported to technical committee 57. This is particularly the case when disconnectors near to line traps are frequently operated to switch unloaded lines on or off. It appears that transient overvoltages created by disconnector switching may be hazardous to the tuning capacitors of line traps even if the design requirements documented in IEC 60353 are fulfilled.

Research in recent years based on testing, was carried out and showed that the breakdown strength of capacitor dielectric material is a function of the material properties and the nature and the duration of the applied dielectric stresses e.g. waveshapes, multiple unipolar and multiple bipolar impulses.

This amendment will address the issue of the transient overvoltages seen by line traps, specifically those related to disconnector operations. Focus is on the consequences as related to the design of the tuning devices.

The tuning elements, other than the capacitors, are usually protected by spark gaps and thus the transient overvoltages are critical for the capacitors only. The capability of the tuning capacitors to withstand the stresses imposed by switching operations should be proved by adequate voltage endurance tests. Therefore the title and the scope of this annex was agreed to be: Dielectric qualification of tuning device capacitors.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Page 68

Ajouter, après l'annexe B, la nouvelle annexe C suivante:

Annexe C
(normative)

Qualification diélectrique des condensateurs du dispositif d'accord

C.1 Généralités

C.1.1 Domaine d'application

Les circuits-bouchons peuvent être conçus avec ou sans dispositif d'accord. Une condition essentielle de l'application des circuits-bouchons équipés d'un dispositif d'accord est le haut niveau de fiabilité du dispositif d'accord lorsqu'il est soumis aux contraintes diélectriques provoquées par les coups de foudre, les manœuvres du coupe-circuit et les opérations de commutation du sectionneur.

L'exigence fondamentale en matière de résistance diélectrique du dispositif d'accord est le niveau de protection apporté par le parasurtenseur du circuit-bouchon. Les niveaux de tenue en tension des groupes de condensateurs du dispositif d'accord doivent être coordonnés avec le niveau de protection du parasurtenseur pour les cas les plus défavorables, aussi bien pour les impulsions de tension unipolaires (provoquées par les coups de foudre) que pour les impulsions de tension répétitives bipolaires (provoquées par les opérations de commutation du sectionneur).

Pour le parasurtenseur à oxyde métallique (MO) choisi, le niveau de protection est défini par la tension résiduelle U_{P1} obtenue avec un courant transitoire de crête de 20 kA dans le parasurtenseur et un signal de 8/20 μs.

Dans cette annexe, les exigences diélectriques appliquées au dispositif d'accord se basent uniquement sur les parasurtenseurs MO sans éclateur dont le niveau de protection est très peu affecté par la forme du signal.

Dans le cas des circuits-bouchons protégés par des parasurtenseurs en série avec des éclateurs, il faut tenir compte du temps de retard de la tension de claquage provoqué par les éclateurs.

NOTE Le temps de retard de la tension de claquage des parasurtenseurs en série avec des éclateurs dépend de la vitesse de montée du front de l'impulsion de tension. En conséquence, le niveau de protection du système est déterminé par la tension de claquage des éclateurs.

Le texte de cette annexe se rapporte en tout à quatre circuits d'accord d'usage courant.

Il s'agit des circuits suivants:

- circuit d'accord monofréquence, figure C.1,
- circuit d'accord à double fréquence, figure C.2,
- circuit d'accord monofréquence atténué, figure C.3 et
- circuit d'accord à large bande, figure C.4.

Les composants inductifs et résistifs d'un dispositif d'accord sont généralement protégés par un éclateur auxiliaire, leur tenue en tension ne présente donc pas de problème.

Cette annexe ne traite que de la qualification de tenue en tension des composants capacitifs d'un dispositif d'accord. Il ne s'agit que d'un essai de qualification des composants et non d'un essai d'homologation du dispositif d'accord.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Page 69

Add, after appendix B, the following new annex C:

Annex C
(normative)

Dielectric qualification of tuning device capacitors

C.1 General

C.1.1 Scope

Line traps may be designed with or without a tuning device. A critical condition for the application of line traps designed with a tuning device is the high reliability of the tuning device when exposed to dielectric stresses due to lightning strokes, circuit breaker operations and disconnector switching operations.

The basis of the requirements for the dielectric strength of the tuning device is the protective level of the line trap's surge arrester. The voltage withstand levels of the tuning device's capacitor units shall be coordinated, on a worst case basis, for either single unipolar voltage impulses (related to lightning strokes) or repetitive bipolar voltage impulses (related to disconnector switching operations) with the arrester's protective level.

The protective level is defined for the selected metal-oxide (MO) arrester by the residual voltage U_{P1} based on an arrester surge current of 20 kA peak and a waveshape of 8/20 μs.

In this annex, the dielectric requirements for the tuning device are based only on gapless MO arresters, which provide a protective level with negligible dependency on the surge waveshape.

For line traps with tuning devices protected by surge arresters with series gaps the time delay of the breakdown voltage of the spark gaps shall be taken into consideration.

NOTE The time delay of the breakdown voltage of surge arresters with series gaps is a function of the front-of-wave rate of rise of the impulse voltage. Thus, the protective level for the system is determined by the breakdown voltage of the spark gaps.

This annex refers in total to four tuning circuits which are predominantly in use.

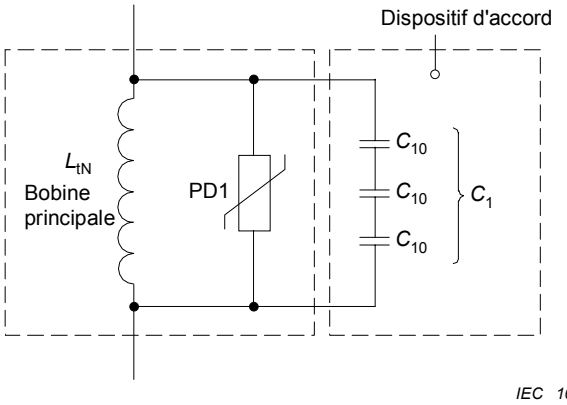
These circuits are:

- single frequency tuning, figure C.1,
- double frequency tuning, figure C.2,
- damped single frequency tuning, figure C.3 and
- wide band tuning, figure C.4.

The inductor and resistor components of a tuning device are usually protected by an auxiliary spark gap and voltage endurance is therefore not an issue.

This annex only covers the voltage endurance qualification of tuning device capacitor elements. This is a component qualification test only and is not a tuning device type test.

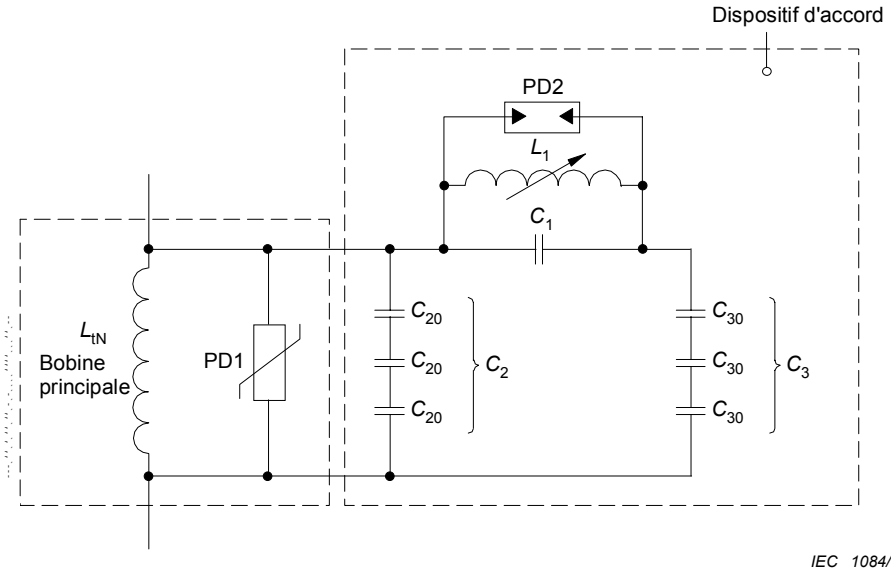
Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale



$$C_1 = \frac{C_{10}}{n_1}$$

n_1 = nombre d'éléments capacitifs en série

Figure C.1 – Schéma d'un circuit-bouchon accordé sur une fréquence et non atténué



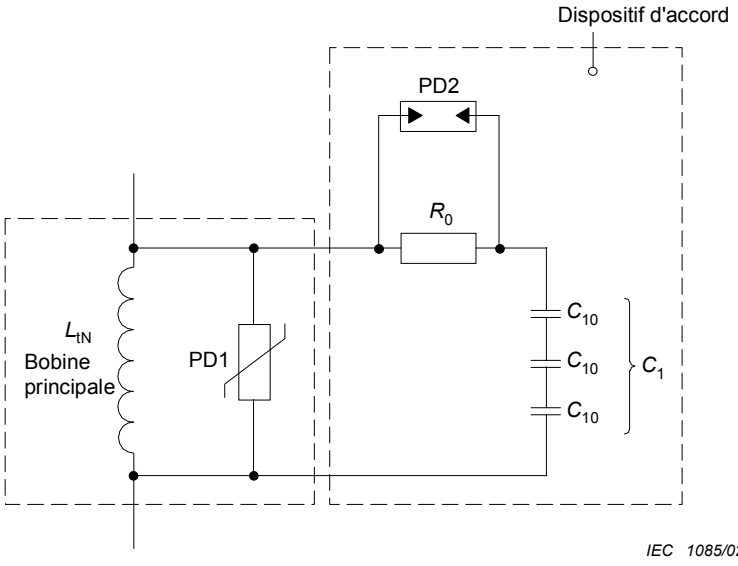
$$C_1 = \frac{C_{10}}{n_1}$$

$$C_2 = \frac{C_{20}}{n_2}$$

$$C_3 = \frac{C_{30}}{n_3}$$

n = nombre d'éléments capacitifs en série

Figure C.2 –Schéma d'un circuit-bouchon accordé sur deux fréquences et non atténué

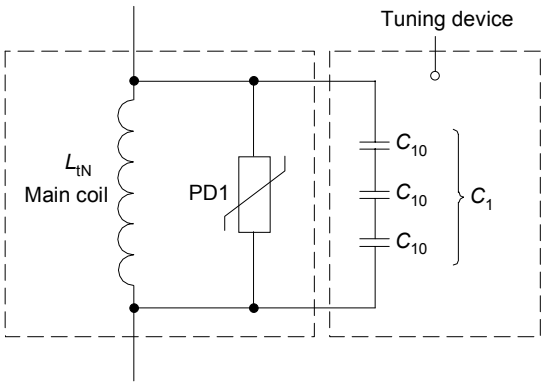


$$C_1 = \frac{C_{10}}{n_1}$$

n = nombre d'éléments capacitifs en série

Figure C.3 – Schéma d'un circuit-bouchon accordé sur une fréquence et atténué

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

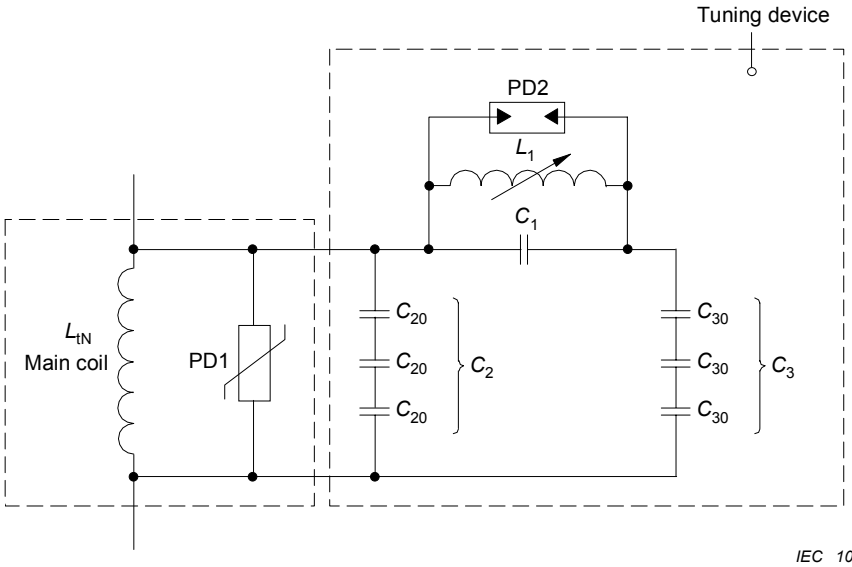


$$C_1 = \frac{C_{10}}{n_1}$$

n_1 = number of capacitor elements in series

IEC 1083/02

Figure C.1 – Circuit diagram of an undamped single frequency tuned line trap



$$C_1 = \frac{C_{10}}{n_1}$$

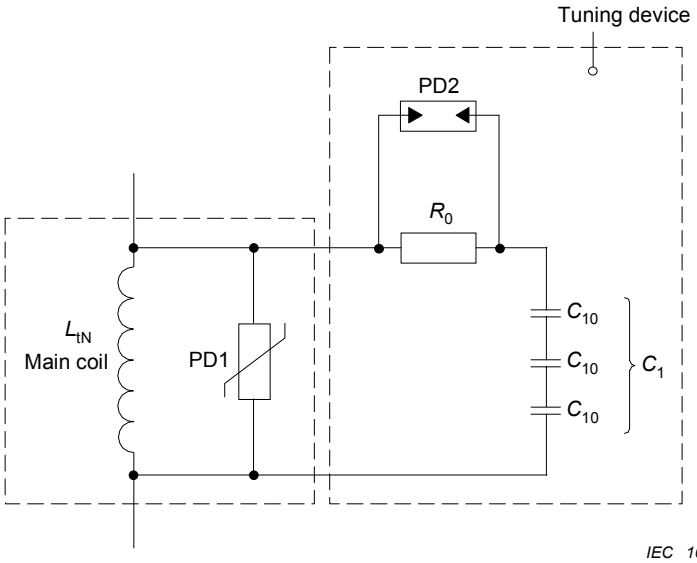
$$C_2 = \frac{C_{20}}{n_2}$$

$$C_3 = \frac{C_{30}}{n_3}$$

n = number of capacitor elements in series

IEC 1084/02

Figure C.2 – Circuit diagram of an undamped double frequency tuned line trap



$$C_1 = \frac{C_{10}}{n_1}$$

n = number of capacitor elements in series

IEC 1085/02

Figure C.3 – Circuit diagram of a damped single frequency tuned line trap

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

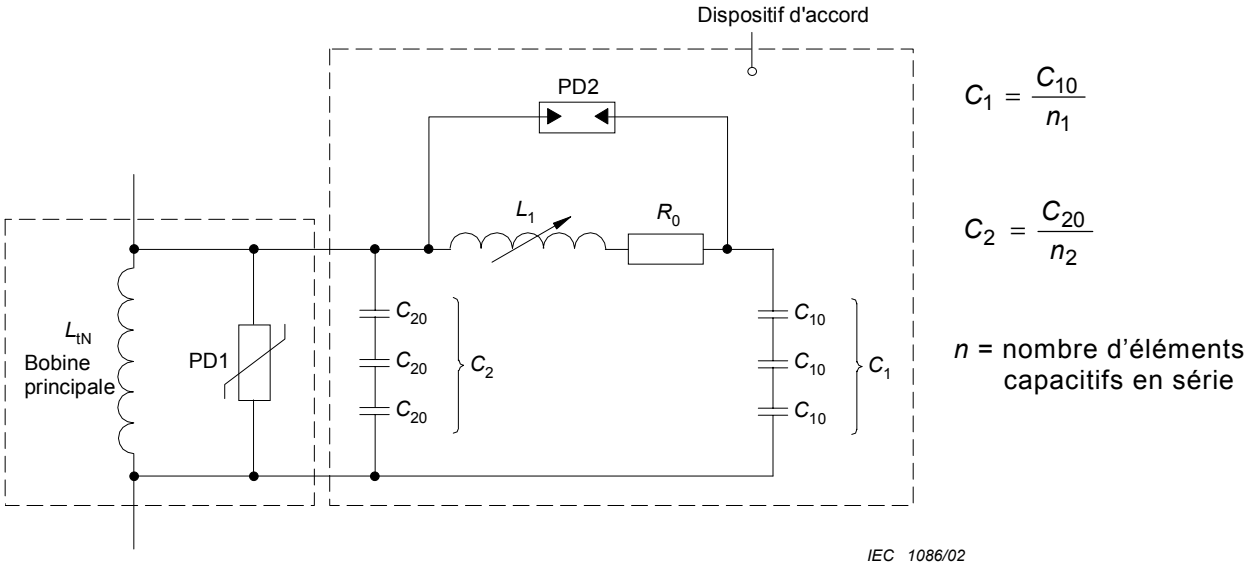


Figure C.4 – Schéma d'un circuit-bouchon accordé large bande

C.1.2 Documents de références

CEI 60099-4:1991, *Parafoudres – Partie 4: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateur pour réseaux à courant alternatif*

C.2 Définitions

Pour les besoins de cette annexe, les définitions suivantes s'appliquent.

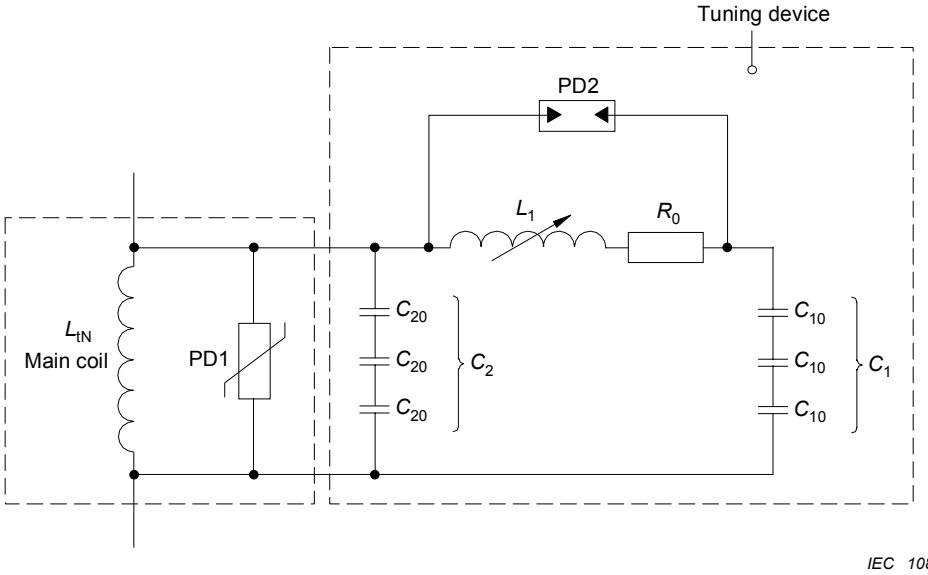
C.2.1
dispositif de protection PD1
désigne un parasurtenseur à oxyde métallique et le principal dispositif de protection du circuit-bouchon

C.2.2
tension résiduelle U_{P1}
la tension présente aux bornes du parasurtenseur à oxyde métallique PD1 pendant le passage du courant de décharge d'un signal 8/20 µs et d'un courant de crête de 20 kA

C.2.3
tension de rupture U_{P2}
la tension de claquage du dispositif de protection PD2 dans des conditions transitoires

C.2.4
tension de rupture (valeur de crête) U_{P20}
la tension de claquage aux courants alternatifs du dispositif de protection PD2

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale



$$C_1 = \frac{C_{10}}{n_1}$$

$$C_2 = \frac{C_{20}}{n_2}$$

n = number of capacitor elements in series

Figure C.4 – Circuit diagram of a wide band tuned line trap

C.1.2 Reference documents

IEC 60099-4:1991, *Surge arresters – Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems*

C.2 Definitions

For the purposes of this annex, the following terms and definitions apply.

C.2.1
protective device PD1
this is a metal-oxide (MO) surge arrester and is the main protective device for the line trap

C.2.2
residual voltage U_{P1}
the voltage that appears between the terminals of the metal-oxide surge arrester PD1 during the passage of discharge current of waveshape 8/20 μs and peak current of 20 kA

C.2.3
spark-over voltage U_{P2}
the breakdown voltage of the protective device PD2 under transient conditions

C.2.4
spark-over voltage (peak value) U_{P20}
the power frequency spark-over voltage of the protective device PD2

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

C.2.5
éléments capacitifs individuels
les éléments capacitifs C_{10}, C_{20}, C_{30}... qui sont branchés en série pour former les groupes de condensateurs C_1, C_2, C_3... Les éléments capacitifs dans chaque branche ont la même valeur de capacité nominale

C.2.6
le nombre d'éléments capacitifs C_{01}, C_{02}, C_{03}... branchés en série
n_1, n_2, n_3...

C.2.7
dispositif de protection PD2
protège les composants L_1 plus C_1, R_0 et L_1 plus R_0 à la tension de rupture U_{P2}

C.2.8
dispositif d'accord
un circuit d'accord choisi, destiné à obtenir des caractéristiques données de blocage des hautes fréquences

C.2.9
bobine d'accord L_1
le composant inductif du dispositif d'accord utilisé en combinaison avec les condensateurs pour obtenir une bande passante voulue

C.2.10
résistance R_0
une résistance qui assure l'atténuation et qui permet de satisfaire aux exigences en matière de blocage résistif

C.2.11
facteurs de sécurité Sf_1, Sf_2, Sf_3, Sf_4
les facteurs de sécurité appliqués aux groupes de condensateurs d'accord pour les différentes contraintes de tension

C.2.12
niveaux de tensions d'essai U_1, U_2, U_{BIL}, U_{BP}
valeurs des tensions de tenue utilisées lors des essais des groupes de condensateurs

C.3 Conditions d'utilisation

Les circuits-bouchons ainsi que les dispositifs d'accord sont exposés pendant leur temps de service à des contraintes diélectriques transitoires provoquées par les coups de foudre, les manœuvres des coupe-circuits et les opérations de connexion des sectionneurs. Les éléments capacitifs du dispositif d'accord sont ainsi exposés à la fois à des impulsions unipolaires, qui sont essentiellement le résultat des coups de foudre et des manœuvres des coupe-circuits, et à des impulsions bipolaires répétitives qui sont générées par les commutations des sectionneurs qui se trouvent à proximité.

C.4 Exigences

C.4.1 Parasurtenseurs à oxyde métallique (PD1)

Il convient que les PD1 satisfassent aux exigences de la CEI 60099-4.

Il convient que la variation intrinsèque de la capacité du parasurtenseur sur la plage des fréquences PLC et des températures de service n'affecte pas les performances de blocage des hautes fréquences du circuit-bouchon. La caractéristique de blocage spécifiée doit être respectée.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

C.2.5
individual capacitor elements
the capacitor elements C_{10}, C_{20}, C_{30}…which are connected in series to form the capacitor units C_1, C_2, C_3..... The capacitor elements in each string have the same nominal capacitance value

C.2.6
the number of capacitor elements C_{01}, C_{02}, C_{03}..... connected in series
n_1, n_2, n_3...

C.2.7
protective device PD2
protects the components L_1 plus C_1, R_0 and L_1 plus R_0 at the spark-over voltage U_{P2}

C.2.8
tuning device
a selected tuning circuit to achieve specified high frequency blocking characteristics

C.2.9
tuning inductor L_1
the inductive component in the tuning device used in conjunction with the capacitors to achieve a desired frequency response

C.2.10
resistor R_0
a resistor to provide damping and to meet resistive blocking requirements

C.2.11
safety factors, Sf_1, Sf_2, Sf_3, Sf_4
factors of safety applied to the tuning capacitor units for various voltage requirements

C.2.12
test voltage levels U_1, U_2, U_{BIL}, U_{BP}
Withstand voltage values used in the testing of capacitor units

C.3 Service conditions

Line traps, including tuning devices, are exposed to in-service transient dielectric stresses generated by lightning strokes, circuit breaker operations and disconnector switching operations. As a consequence the tuning device capacitor elements are exposed to both unipolar impulses, which are predominantly the result of lightning strokes and circuit breaker operations, and also to repetitive bipolar impulses, which are generated by the operation of nearby disconnectors.

C.4 Requirements

C.4.1 Metal-oxide surge arresters (PD1)

PD1 should meet the requirements of IEC 60099-4.

The surge arrester self capacitance variation over the PLC frequency range and in-service operating temperature should not compromise the high frequency blocking performance of the line trap; the specified blocking characteristic shall be met.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

C.4.2 Dispositif de protection (PD2)

Il convient que le PD2 soit un éclateur en raison de ses caractéristiques intrinsèques.

Le PD2 ne doit pas fonctionner en régime permanent et ne doit pas être en court-circuit afin de ne pas affecter la fonction d'alimentation secteur du circuit-bouchon.

Il convient que la capacité intrinsèque du PD2 soit la plus faible possible et généralement de l'ordre de 5 picofarads.

La stabilité à long terme du dispositif de protection est impérative. La tension de rupture du PD2 doit être maintenue dans les limites théoriques pendant un minimum de 10^5 impulsions bipolaires (voir note de C.5.2).

La tension de rupture U_{P2} doit être accordée avec la résistance diélectrique de la résistance R_0 et de la bobine L_1.

C.4.3 Groupes de condensateurs d'accord C_1, C_2, C_3

Il faut prévoir une marge pour la tolérance de capacité lors de la conception des groupes de condensateurs d'accord composés des éléments capacitifs individuels C_{10}, C_{20}, C_{30}.... Ceci est particulièrement important pour le contrôle de la répartition des tensions aux bornes des condensateurs branchés en série.

Les valeurs de C_1, C_2 et C_3... sont définies par $C_1 = \frac{C_{10}}{n_1}$; $C_2 = \frac{C_{20}}{n_2}$; $C_3 = \frac{C_{30}}{n_3}$

Les groupes de condensateurs d'accord doivent être conçus avec un certain facteur de sécurité *Sf* pour satisfaire aux exigences suivantes en matière de tension d'essai:

a) Sf_1: $U_1 \geq Sf_1 \cdot 2\pi \cdot f_{pN} \cdot L_p \cdot I_N$ condition de régime permanent en courant alternatif

b) Sf_2: $U_2 \geq Sf_2 \cdot 2\pi \cdot f_{pN} \cdot L_p \cdot I_{kN}$ condition dynamique en courant alternatif

c) Sf_3: $U_{BIL} \geq Sf_3 \cdot U_{p1}$ impulsions de foudre ± standard (voir 19.3.1)

d) Sf_4: $U_{BP} = n \cdot U_{BPD} \geq Sf_4 \cdot U_{p1}$ impulsions bipolaires multiples

La tangente δ des éléments capacitifs est généralement de l'ordre de $1 \cdot 10^{-3}$ afin d'apporter à la fois des performances diélectriques appropriées et des performances à haute fréquence (PLC).

Le niveau de décharge partiel d'un élément capacitif individuel C_{10}, C_{20}, C_{30}... à la tension alternative $U_1 = Sf_1 \cdot 2\pi \cdot f_N \cdot L_P \cdot I_N$ divisé par le nombre «*n*» d'éléments capacitifs en série doit être inférieur à 5 pC.

La tension de tenue bipolaire U_{BPD} d'un élément capacitif individuel C_{10}, C_{20}, C_{30}... à 10^5 impulsions est utilisée à des fins théoriques et doit être égale ou supérieure (y compris les facteurs de sécurité Sf_4) à la tension résiduelle U_{P1} du parasurtenseur divisée par le nombre «*n*» d'éléments capacitifs C_{01}, C_{02}, C_{03}... branchés en série.

La figure C.5 illustre un exemple de courbe de tenue en tension pour un élément capacitif.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

C.4.2 Protective device (PD2)

PD2 should be a spark gap due to its inherent performance characteristics.

PD2 shall not operate under steady state and short circuit conditions in order not to influence the power line carrier function of the line trap.

The self capacitance of PD2 should be as low as possible and is typically on the order of 5 picofarads.

The long term stability of the protection device is a requirement. The spark-over voltage of PD2 shall be maintained with the design limits for a minimum of 10^5 bipolar impulses (see note in C.5.2).

The spark-over voltage U_{P2} shall be coordinated with the dielectric strength of the resistor R_0 and inductor L_1.

C.4.3 Tuning capacitor units C_1, C_2, C_3...

In the design of the tuning capacitor units consisting of individual capacitor elements C_{10}, C_{20}, C_{30}... allowance shall be made for the capacitance tolerance. This is especially critical for the control of the voltage distribution along the series connected capacitors.

The values of C_1, C_2, and C_3... are established by $C_1 = \frac{C_{10}}{n_1}$; $C_2 = \frac{C_{20}}{n_2}$; $C_3 = \frac{C_{30}}{n_3}$

The tuning capacitor units shall be designed with a certain safety factor *Sf*, to withstand the following test voltage requirements:

a) $Sf_1 : U_1 \geq Sf_1 \cdot 2\pi \cdot f_{pN} \cdot L_p \cdot I_N$ steady state a.c. condition

b) $Sf_2 : U_2 \geq Sf_2 \cdot 2\pi \cdot f_{pN} \cdot L_p \cdot I_{kN}$ dynamic a.c. condition

c) $Sf_3 : U_{BIL} \geq Sf_3 \cdot U_{p1}$ ± standard lightning impulses (see 19.3.1)

d) $Sf_4 : U_{BP} = n \cdot U_{BPD} \geq Sf_4 \cdot U_{p1}$ multiple bipolar impulses

The tangent δ of the capacitor elements is typically in the order of $1 \cdot 10^{-3}$ to provide both adequate dielectric and high (PLC) frequency performance.

The partial discharge level of a individual capacitor element C_{10}, C_{20}, C_{30}... at the a.c. voltage $U_1 = Sf_1 \cdot 2\pi \cdot f_N \cdot L_P \cdot I_N$ divided by the number "*n*" of capacitor elements in series shall be less than 5 pC.

The bipolar withstand voltage U_{BPD} of an individual capacitor element C_{10}, C_{20}, C_{30}... at 10^5 pulses is used for design purposes and shall be equal to or higher than (including safety factors Sf_4) the residual voltage U_{P1} of the surge arrester divided by the number "*n*" of series connected capacitor elements C_{01}, C_{02}, C_{03}...

An example of an endurance graph for a capacitor element is shown in figure C.5.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

C.5 Essai

C.5.1 Classification des essais

Le seul essai requis pour la qualification diélectrique des condensateurs du dispositif d'accord est un essai de tenue en tension. Il s'agit d'un essai d'homologation mené sur des éléments capacitifs représentatifs de la gamme des condensateurs utilisés dans un dispositif d'accord.

C.5.2 Exigences en matière d'essai de tenue en tension

L'essai de tenue en tension est effectué sur des éléments capacitifs d'un modèle et d'un constructeur particuliers. Lorsque les éléments capacitifs ont été qualifiés, il n'est plus nécessaire de répéter l'essai de tenue pour les différents groupes de condensateurs d'accord en production. Les résultats du programme d'essai de tenue en tension des éléments capacitifs doivent être documentés dans un compte-rendu d'essai approprié.

Exigences pour les impulsions bipolaires:

a) Taux de répétition: 50 Hz/60 Hz $\Rightarrow$ 20 ms/16,7 ms.

b) Front montant $\frac{\Delta U_{\text{bi}}}{\Delta t} \geq 40 \frac{\text{kV}}{\mu\text{s}} = 40 \frac{\text{V}}{\text{ns}}$.

c) La tension de crête des impulsions bipolaires est définie entre zéro et la valeur de crête du signal.

d) Une impulsion bipolaire unique se compose d'une crête positive et d'une crête négative.

L'essai de tenue en tension doit être effectué au moins à quatre niveaux de tension d'essai bipolaire. La figure C.6 illustre un exemple de schéma d'un circuit d'essai.

Ces données permettent ensuite de tracer une courbe de tenue en tension en utilisant une échelle double logarithmique. La figure C.5 ci-dessous illustre une ligne droite obtenue avec un exemple de courbe réelle de tenue en tension d'éléments capacitifs.

NOTE L'objectif de l'essai de tenue en tension est de déterminer la valeur de crête de la tension des impulsions bipolaires pour laquelle les éléments capacitifs soumis à l'essai résisteront à 10^5 impulsions bipolaires. Ce nombre d'impulsions bipolaires appliquées est équivalent à une exposition à des tensions transitoires en service provoquées par une opération de commutation par jour pendant 30 ans, en supposant que chaque transitoire de commutation se compose d'un maximum de 10 réamorçages par manœuvre.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

C.5 Test

C.5.1 Classification of tests

The only test required for the dielectric qualification of tuning device capacitors is a voltage endurance test. This is a type test carried out on capacitor elements which are representative of the range of capacitors used in a tuning device.

C.5.2 Voltage endurance test requirements

The voltage endurance test is performed on capacitor elements of a particular design and manufacturer. Once the capacitor elements are qualified, there is no need to repeat the endurance test program for various production tuning capacitor units. The results of the endurance test program on the capacitor elements are to be documented in a suitable test report.

Requirements for bipolar pulses:

a) Repetition rate: 50 Hz/60 Hz $\Rightarrow$ 20 ms/16,7 ms

b) Front-of-rise $\frac{\Delta U_{bi}}{\Delta t} \geq 40 \frac{\text{kV}}{\mu\text{s}} = 40 \frac{\text{V}}{\text{ns}}$

c) Peak voltage of the bipolar pulses is defined between zero and the peak value of the waveshape.

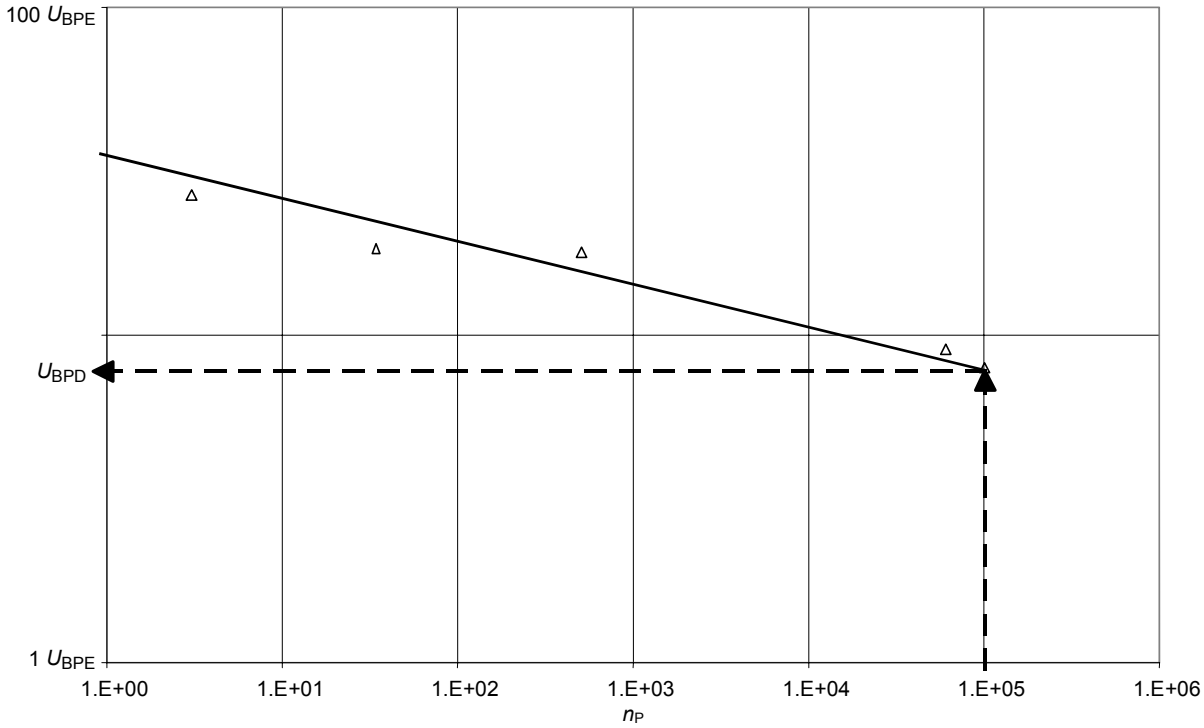
d) A single bipolar pulse consists of a positive and negative peak.

The voltage endurance test shall be carried out at a minimum of four bipolar voltage test levels. An example of the schematic diagram of a test circuit can be found in schematic diagram in figure C.6.

From this data, a voltage endurance curve can be traced using a double log scale resulting in a straight line. See figure C.5 below for an example of a typical voltage endurance life curve of capacitor elements.

NOTE The objective of the voltage endurance test is to determine the peak value of the bipolar impulse voltage, for which the capacitor elements under test will survive 10^5 bipolar pulses. This number of applied bipolar impulses is equivalent to an in-service voltage transient exposure resulting from one isolator operation per day for 30 years, assuming that each switching transient may consist of up to 10 restrikes per operation.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale



Légende

U_{BPD} tension de tenue bipolaire (valeur de crête) d'un élément capacitif à utiliser pour la conception des groupes de condensateurs

Δ durée de vie à différents niveaux de tension de tenue

Figure C.5 – Tension de tenue bipolaire U_{BPE} d'un élément capacitif en fonction du nombre d'impulsions n_P

Les durées de vie (nombre d'impulsions bipolaires) aux quatre niveaux de tension de rupture illustrés dans la courbe se basent sur des nombres d'échantillons statistiquement significatifs. Au moins cinq échantillons sont nécessaires à chaque niveau d'essai.

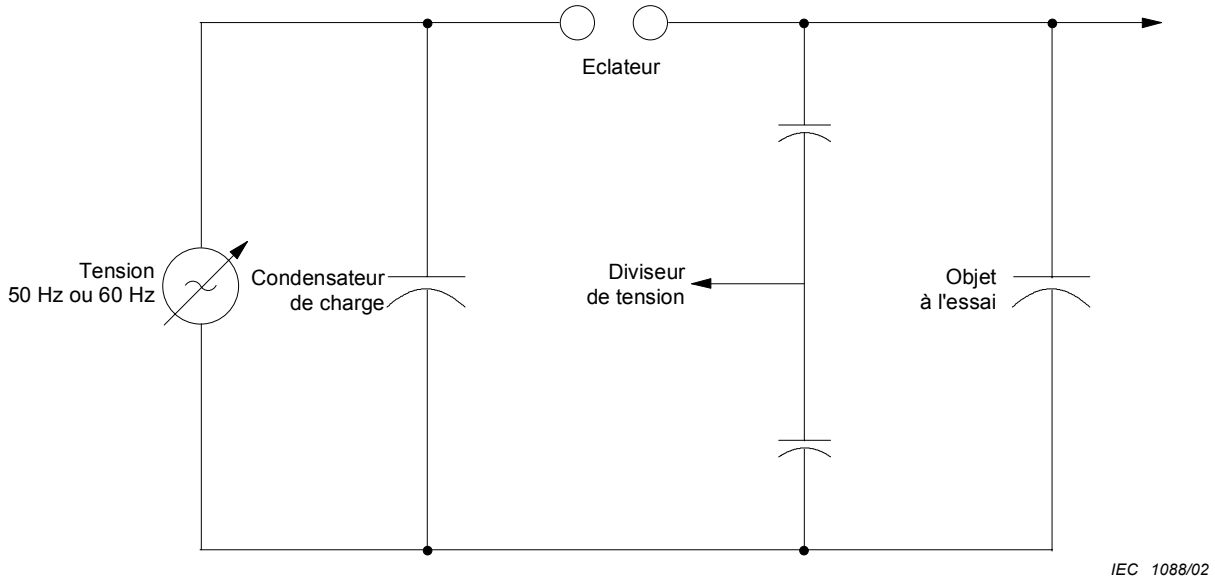
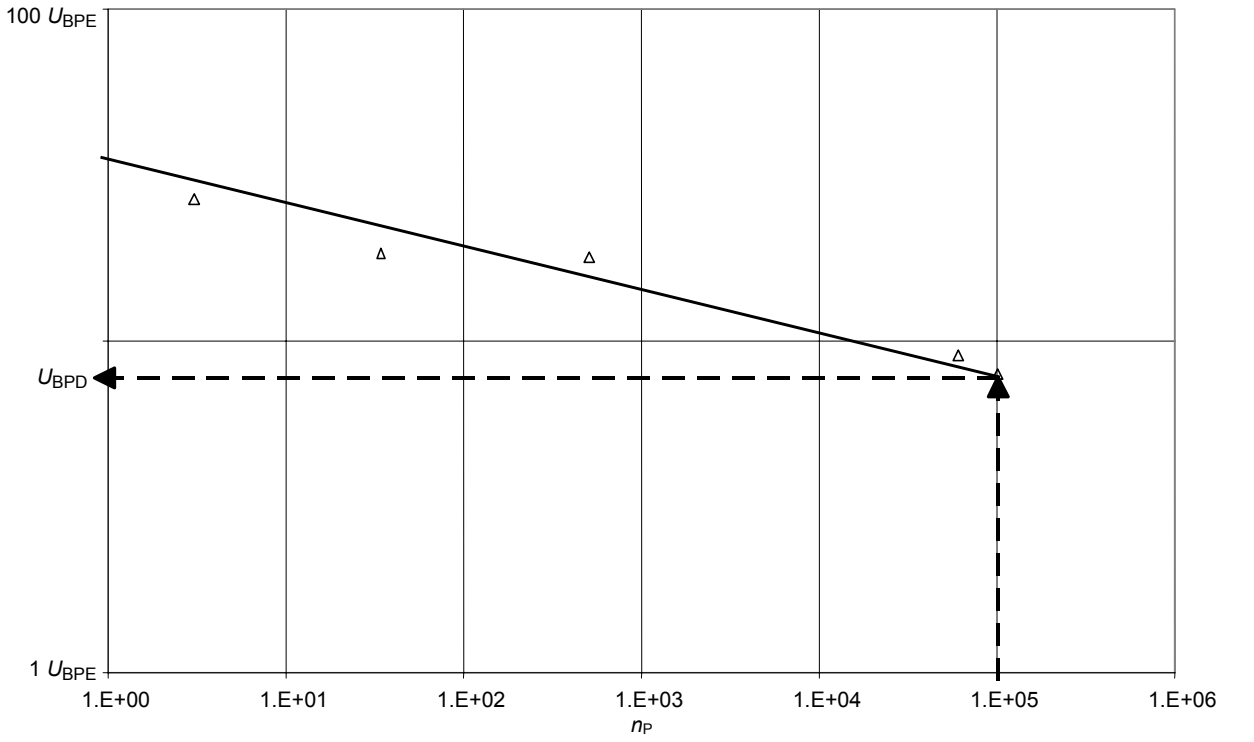


Figure C.6 – Schéma du circuit d'essai par impulsions bipolaires répétitives

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale



Key

U_{BPD} bipolar withstand voltage (peak value) of a capacitor element to be used for the design of the capacitor units

Δ Lifetime at different withstand voltage test levels

Figure C.5 – Bipolar withstand voltage U_{BPE} of a capacitor element as a function of number impulses n_P

The life time (number of bipolar pulses) at the four breakdown voltage levels shown on the graph are based on a statistically significant number of samples. A minimum of five test samples at each test level is required.

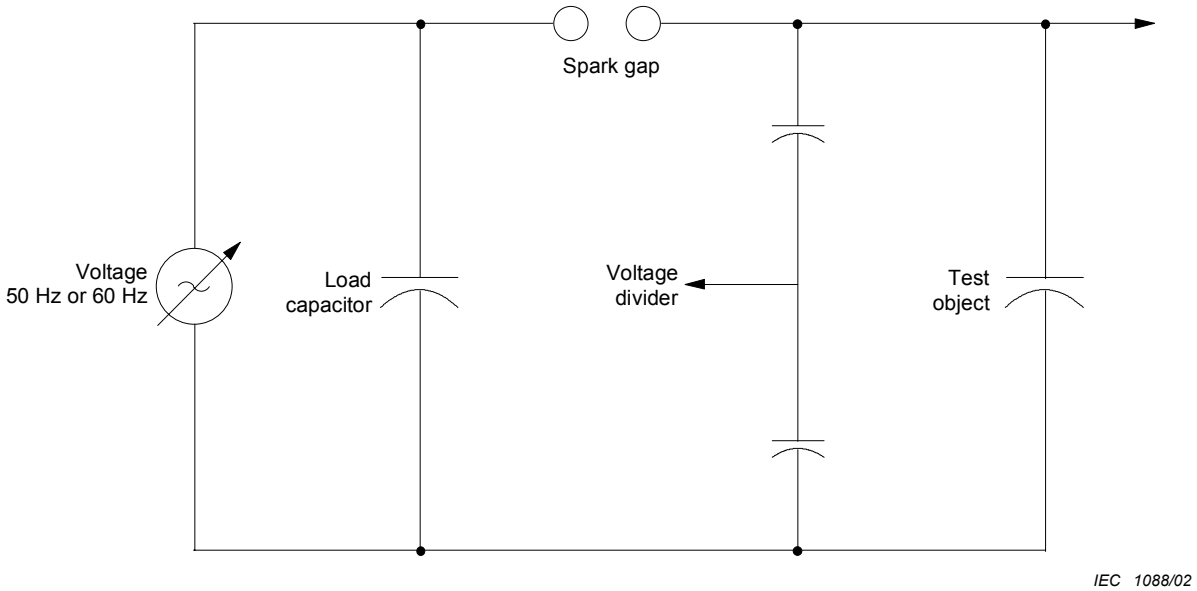


Figure C.6 – Schematic diagram of the test circuit for repetitive bipolar impulse test

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

C.6 Coordination des isolements

C.6.1 Coordination des isolements à la tension résiduelle U_{P1} et à la tension bipolaire de crête U_{BP}

La coordination des isolements est obtenue en comparant le niveau de protection U_{P1} du parasurtenseur MO au niveau de tension de tenue U_{BP} (crête) des groupes de condensateurs du dispositif d'accord sous des impulsions bipolaires d'essai répétitives. Un groupe de condensateurs se compose de «*n*» éléments capacitifs ayant chacun la tension de tension bipolaire U_{BPD} (crête).

La relation entre U_{BP}, U_{BPD} et U_{P1} est indiquée dans la formule ci-dessous:

$$U_{BP} = n \cdot U_{BPD} \geq Sf_4 \cdot U_{P1}$$

C.6.2 Exemples de coordination des isolements

EXEMPLE 1. Condensateur de type A

a) Tension de tenue de l'élément capacitif de type A

à 1,2/50 µs (selon la CEI 60353) ≥ 15 kV

à 10^5 impulsions bipolaires ≥ 8 kV

b) Niveau de protection du parasurtenseur MO

à une tension impulsionnelle de 1,2/50 µs
à un courant transitoire de 20 kA 8/20 µs
} ≤ 20 kV

Nombre (*n*) d'éléments capacitifs en série:

$n \geq 20$ kV/8 kV $n = 3$ condensateurs en série

Dans ce cas, le facteur de sécurité est:

$$Sf_4 = \frac{3,0}{2,5} = 1,2$$

EXEMPLE 2. Condensateur de type B

a) Tension de tenue de l'élément capacitif de type B

à 1,2/50 µs (selon la CEI 60353) ≥ 25 kV

à 10^5 impulsions bipolaires ≥ 4 kV

b) Niveau de protection du parasurtenseur MO

à une tension impulsionnelle de 1,2/50 µs
à un courant transitoire de 20 kA 8/20 µs
} ≤ 18 kV

Nombre (*n*) d'éléments capacitifs en série:

$n \geq 18$ kV/4 kV $n = 5$ condensateurs en série

Dans ce cas, le facteur de sécurité est:

$$Sf_4 = \frac{5}{4,5} = 1,1$$

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

C.6 Insulation coordination

C.6.1 Insulation coordination of the MO arrester residual voltage U_{P1} and the bipolar voltage U_{BP}

Insulation coordination is achieved by considering the MO arrester protective level U_{P1} compared to the withstand voltage level U_{BP} (peak) of the tuning device capacitor units under repetitive bipolar impulse test. A capacitor unit consists of "*n*" capacitor elements, each having the bipolar withstand voltage U_{BPD} (peak).

The relationship between U_{BP}, U_{BPD}, and U_{P1} is given in the formula below:

$$U_{BP} = n \cdot U_{BPD} \geq Sf_4 \cdot U_{P1}$$

C.6.2 Examples of insulation coordination

EXAMPLE 1. Capacitor type A

a) Withstand voltage of the capacitor element type A

at 1,2/50 μs (as per IEC 60353) ≥ 15 kV

at 10^5 bipolar pulses ≥ 8 kV

b) Protective level of the MO surge arrester

at 1,2/50 μs impulse voltage
at 20 kA 8/20 μs current surge
} ≤ 20 kV

Number (*n*) of capacitor elements in series:

$n \geq 20$ kV/8 kV $n = 3$ capacitors in series

In this case, the safety factor is

$$Sf_4 = \frac{3,0}{2,5} = 1,2$$

EXAMPLE 2. Capacitor type B

a) Withstand voltage of the capacitor element type B

at 1,2/50 μs (as per IEC 60353) ≥ 25 kV

at 10^5 bipolar impulses ≥ 4 kV

b) Protective level of the MO surge arrester

at 1,2/50 μs impulse voltage
at 20 kA 8/20 μs current surge
} ≤ 18 kV

Number (*n*) of capacitor elements in series:

$n \geq 18$ kV/4 kV $n = 5$ capacitors in series

In this case, the safety factor is:

$$Sf_4 = \frac{5}{4,5} = 1,1$$

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

En appliquant les critères de conception appropriés, le tableau ci-dessous indique le nombre d'éléments capacitifs branchés en série pour une contrainte de coup de foudre et pour une contrainte d'impulsions bipolaires multiples.

Exemple	Coup de foudre	Impulsions bipolaires multiples
A	$n \geq 20$ kV / 15 kV; $n = 2$	$n = 3$
B	$n \geq 18$ kV / 25 kV; $n = 1$	$n = 5$

Les critères de conception pour le cas le plus défavorable doivent donc s'inspirer de la contrainte provoquée par les impulsions bipolaires multiples.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Applying the appropriate design criteria, the required number of series capacitor elements for either the lightning impulse voltage stress or the multiple bipolar stress is shown in the table below.

Example	Lightning stress	Multiple bipolar stress
A	$n \geq 20$ kV / 15 kV; $n = 2$	$n = 3$
B	$n \geq 18$ kV / 25 kV; $n = 1$	$n = 5$

Therefore, the worse case design criteria shall be based on the multiple bipolar impulse stress.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

ISBN 2-8318-6316-3



ICS 33.200

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale

NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60353

Deuxième édition
Second edition
1989-10

Circuits-bouchons pour réseaux alternatifs

Line traps for a.c. power systems



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60353: 1989

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI***
- **Catalogue des publications de la CEI**
  Publié annuellement et mis à jour régulièrement
  (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
  Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique,* la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles,* et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas.*

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
  Published yearly with regular updates
  (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
  Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams.*

* See web site address on title page.

--`,,```,,,,````-`-`,,`,,`,`,,`---

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale

NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60353

Deuxième édition
Second edition
1989-10

Circuits-bouchons pour réseaux alternatifs

Line traps for a.c. power systems

© IEC 1989 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission 3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 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 W

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

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale

SOMMAIRE

Pages

PREAMBULE 6

PREFACE 6

SECTION UN - GENERALITES

Articles

1. Domaine d'application 10
2. Objet 10
3. Symboles utilisés dans cette norme 10
4. Conditions de service 12
   - 4.1 Conditions normalisées 12
   - 4.2 Altitude 12
   - 4.3 Température ambiante 12
   - 4.4 Fréquence du réseau 12
   - 4.5 Forme d'onde 12
   - 4.6 Conditions de service particulières 12

SECTION DEUX - DEFINITIONS

5. Généralités 14
   - 5.1 Bobine principale 14
   - 5.2 Dispositif d'accord 16
   - 5.3 Dispositif de protection 16
   - 5.4 Caractéristiques relatives à la fréquence porteuse 16
   - 5.5 Courants 20

SECTION TROIS - PRESCRIPTIONS

6. Prescriptions générales 20
   - 6.1 Bobine principale 20
   - 6.2 Dispositif d'accord 22
   - 6.3 Dispositif de protection 22
7. Prescriptions relatives au blocage 24
8. Prescriptions relatives au service continu 24
9. Aptitude à supporter le courant assigné de courte durée 26
   - 9.1 Contrainte mécanique 26
   - 9.2 Tenue aux effets thermiques 26
10. Niveau d'isolement 26
    - 10.1 Isolement entre bornes de circuit-bouchon 26
    - 10.2 Isolement à la tension du réseau 28
    - 10.3 Circuits-bouchons pour utilisation à haute altitude 28

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

CONTENTS

Page

FOREWORD 7

PREFACE 7

SECTION ONE- GENERAL

Clause

1. Scope 11
2. Object 11
3. Symbols used in this standard 11
4. Service conditions 13
   - 4.1 Standard conditions 13
   - 4.2 Altitude 13
   - 4.3 Ambient temperature 13
   - 4.4 Power frequency 13
   - 4.5 Wave shape 13
   - 4.6 Unusual service conditions 13

SECTION TWO - DEFINITIONS

5. General 15
   - 5.1 Main coil 15
   - 5.2 Tuning device 17
   - 5.3 Protective device 17
   - 5.4 Carrier-frequency characteristics 17
   - 5.5 Currents 21

SECTION THREE - REQUIREMENTS

6. General requirements 21
   - 6.1 Main coil 21
   - 6.2 Tuning device 23
   - 6.3 Protective device 23
7. Blocking requirements 25
8. Continuous service requirements 25
9. Ability to withstand rated short-time current 27
   - 9.1 Mechanical strength 27
   - 9.2 Thermal behaviour 27
10. Insulation level 27
    - 10.1 Insulation across a line trap 27
    - 10.2 System voltage insulation 29
    - 10.3 Line traps for use at high altitudes 29

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Articles Pages

11. Tension de perturbation radio (RIV) 28
12. Pertes (de puissance) 30
13. Résistance à la traction des organes de suspension 30
14. Accessoires 32
14.1 Barrières anti-oiseaux 32
14.2 Bornes de raccordement 32

SECTION QUATRE - PLAQUES SIGNALETIQUES

15. Plaque signalétique de la bobine principale 32
16. Plaque signalétique du dispositif d'accord 32
17. Plaque signalétique du dispositif de protection 34

SECTION CINQ - ESSAIS

18. Conditions générales 34
19. Essais 34
19.1 Essai d'échauffement (essai de type) 34
19.2 Mesure de la tension de perturbation radio (essais de type) 38
19.3 Essais d'isolement 38
19.4 Essais au courant de courte durée (essais de type) 42
19.5 Mesure de l'inductance assignée de la bobine principale (essai de type et essai individuel) 46
19.6 Mesure de l'inductance à la fréquence du réseau de la bobine principale (essai de type et essai individuel) 46
19.7 Mesure de la résistance de blocage et de l'impédance de blocage (essai de type et essai individuel) 48
19.8 Mesure de l'affaiblissement de mise en dérivation et de l'affaiblissement de mise en dérivation fondé sur la résistance de blocage (essai de type et essai individuel) 48

SECTION SIX - VALEURS RECOMMANDEES

20. Inductance assignée de la bobine principale (mH) 50
21. Courant assigné de service continu (A) 50
22. Courant assigné de courte durée (kA valeur efficace) 50
23. Coordination entre le courant assigné de service continu et le courant assigné de courte durée 50

ANNEXE A 54
ANNEXE B - Circuits-bouchons associés à des stations de conversion alternatif/continu 62

Figures 70

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Clause Page

11. Radio influence voltage (RIV) 29
12. Power losses 31
13. Tensile strength of suspension system 31
14. Accessories 33
14.1 Bird barriers 33
14.2 Terminals 33

SECTION FOUR - RATING PLATES

15. Rating plate of the main coil 33
16. Rating plate of tuning device 33
17. Rating plate information for protective device 35

SECTION FIVE - TESTS

18. General conditions 35
19. Tests 35
19.1 Temperature rise test (type test) 35
19.2 Measurement of radio influence voltage (type tests) 39
19.3 Insulation tests 39
19.4 Short-time current tests (type tests) 43
19.5 Measurement of the rated inductance of the main coil (type and routine test) 47
19.6 Measurement of power frequency inductance of the main coil (type and routine test) 47
19.7 Measurement of blocking resistance and blocking impedance (type and routine test) 49
19.8 Measurement of tapping loss and tapping loss based on the blocking resistance (type and routine test) 49

SECTION SIX - RECOMMENDED VALUES

20. Rated inductance of main coil (mH) 51
21. Rated continuous current (A) 51
22. Rated short-time current (kA r.m.s.) 51
23. Co-ordination of rated continuous current and rated short-time current 51

APPENDIX A 55
APPENDIX B - Line traps associated with a.c./d.c. converter stations 63

Figures 70

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CIRCUITS-BOUCHONS POUR RESEAUX ALTERNATIFS

PREAMBULE

1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.

2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.

3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le voeu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PREFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes n° 57 de la CEI: Téléconduite, téléprotection et télécommunications connexes pour systèmes électriques de puissance.

Cette deuxième édition remplace la première édition de la Publication 353 de la CEI (1971).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote	Procédure des Deux Mois	Rapport de vote
57(BC)23	57(BC)28	57(BC)43	57(BC)48

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

LINE TRAPS FOR A.C. POWER SYSTEMS

FOREWORD

1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.

2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.

3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 57: Telecontrol, teleprotection and associated telecommunications for electric power systems.

It forms the second edition of IEC Publication 353 and replaces the first edition, 1971.

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

Six Months' Rule	Report on Voting	Two Months' Procedure	Report on Voting
57(CO)23	57(CO)28	57(CO)43	57(CO)48

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the Voting Reports indicated in the above table.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

Publications n°s 50: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI).

71-1 (1976): Coordination de l'isolement, Première partie: Termes, définitions, principes et règles.

76-2 (1976): Transformateurs de puissance, Deuxième partie: Echauffement.

85 (1957): Evaluation et classification thermiques de l'isolation électrique.

99: Parafoudres.

99-1 (1970): Première partie: Parafoudres à résistance variable pour réseaux à courant alternatif.

129 (1975): Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif.

270 (1981): Mesure des décharges partielles.

353 (1971): Circuits-bouchons.

383 (1976): Essais des isolateurs en matière céramique ou en verre destinés aux lignes aériennes de tension nominale supérieure à 1 000 V.

518 (1975): Normalisation dimensionnelle des bornes de l'appareillage à haute tension.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

The following publications are quoted in this standard:

Publication Nos. 50:	International Electrotechnical Vocabulary (IEV).
71-1 (1976):	Insulation co-ordination, Part 1: Terms, definitions, principles and rules.
76-2 (1976):	Power transformers, Part 2: Temperature rise.
85 (1957):	Thermal evaluation and classification of electrical insulation.
99:	Lightning arresters.
99-1 (1970):	Part 1: Non-linear resistor type arresters for a.c. systems.
129 (1975):	Alternating current disconnectors (isolators) and earthing switches.
270 (1981):	Partial discharge measurements.
353 (1971):	Line traps.
383 (1976):	Tests on insulators of ceramic material or glass for overhead lines with a nominal voltage greater than 1 000 V.
518 (1975):	Dimensional standardization of terminals for high-voltage switchgear and controlgear.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

CIRCUITS-BOUCHONS POUR RESEAUX ALTERNATIFS

SECTION UN - GENERALITES

1. Domaine d'application

La présente norme s'applique aux circuits-bouchons insérés dans les lignes de transmission à haute tension à courant alternatif pour éviter toute perte excessive de puissance des signaux à courant porteur, spécialement dans la gamme comprise entre 30 kHz et 500 kHz, quelle que soit la configuration du réseau et pour minimiser les interférences pouvant provenir de courants porteurs sur des lignes électriques adjacentes. Elle ne s'applique pas aux bobines d'inductance qui sont raccordées aux lignes de transmission à haute tension pour d'autres usages.

Les circuits-bouchons associés aux stations de conversion alternatif/continu doivent nécessairement fonctionner dans une configuration de réseau qui n'est pas définie dans cette norme.

Les informations qui ont été rassemblées dans l'annexe B pour fournir une aide lors de la spécification de tels circuits-bouchons le sont à titre purement indicatif et ne font pas partie de cette norme.

2. Objet

L'objet de cette norme est d'établir des définitions, des prescriptions, des méthodes d'essai et de spécifier des valeurs assignées pour les circuits-bouchons.

3. Symboles utilisés dans cette norme

Il convient de noter que les symboles utilisés uniquement dans les annexes ne sont pas inclus.

α	=	coefficient de température
A_t	=	affaiblissement de mise en dérivation
A_{tR}	=	affaiblissement fondé sur la résistance de blocage
C_r	=	capacité propre
Δf_1, Δf_2	=	largeur de bande fondée sur l'impédance de blocage
Δf_{1R}, Δf_{2R}	=	largeur de bande fondée sur la résistance de blocage
f_c	=	fréquence centrale
f_{cR}	=	fréquence centrale fondée sur la résistance de blocage
f_{pN}	=	fréquence assignée du réseau
I_N	=	courant permanent assigné
I_{km}	=	valeur de crête de la première demi-onde asymétrique du courant de courte durée
I_{kN}	=	composante continue du courant de court-circuit

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

LINE TRAPS FOR A.C. POWER SYSTEMS

SECTION ONE - GENERAL

1. Scope

This standard applies to line traps inserted into high voltage a.c. transmission lines to prevent undue loss of carrier signal power, typically in the range 30 kHz to 500 kHz, under all power system conditions and to minimize interference from carrier signalling systems on adjacent transmission lines. It does not apply to inductors which are connected to high voltage transmission lines for other purposes.

Line traps associated with a.c./d.c. converter stations require to operate under power system conditions which are not defined in this standard.

The information which has been provided in Appendix B to assist in the specification of such line traps is of an advisory nature only and does not form part of this standard.

2. Object

The object of this standard is to establish definitions, requirements, methods of testing and ratings for line traps.

3. Symbols used in this standard

Please note that the symbols used only in the appendixes are not included.

α	=	temperature coefficient
A_t	=	tapping loss
A_{tR}	=	tapping loss based on blocking resistance
C_r	=	self-capacitance
Δf_1, Δf_2	=	bandwidth based on blocking impedance
Δf_{1R}, Δf_{2R}	=	bandwidth based on blocking resistance
f_c	=	centre frequency
f_{cR}	=	centre frequency based on blocking resistance
f_{pN}	=	rated power frequency
I_N	=	continuous rated current
I_{km}	=	asymmetrical peak value of first half cycle of short-circuit currents
I_{kN}	=	steady state component of short-circuit currents

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

J = densité du courant de court-circuit

L_p = inductance à la fréquence du réseau de la bobine principale

L_t = inductance vraie de la bobine principale

L_{tN} = inductance assignée de la bobine principale

R_b = résistance de blocage

T = inverse du coefficient de température

U = tension développée aux bornes du circuit-bouchon à la fréquence assignée du réseau par le courant assigné de courte durée

U_m = tension maximale du réseau

Z_b = impédance de blocage

θ = température

4. Conditions de service

4.1 *Conditions normalisées*

Les conditions normalisées de service doivent être celles correspondant à l'emploi à l'extérieur. Un circuit-bouchon doit pouvoir assurer son rôle, qu'il soit exposé au soleil, à la pluie, au brouillard, au givre, à la neige, à la glace, etc. Dans le cas de conditions atmosphériques sévères telles qu'embruns salés, pollution industrielle, etc., un accord spécial doit intervenir entre constructeur et acheteur.

4.2 *Altitude*

Un circuit-bouchon ne doit pas être utilisé à des altitudes supérieures à 1 000 m au-dessus du niveau de la mer sans accord spécial avec le constructeur et des mesures doivent être prises pour assurer qu'il convient.

4.3 *Température ambiante*

Sauf convention contraire établie entre constructeur et acheteur un circuit-bouchon ne doit pas être utilisé en dehors d'une température de l'air comprise entre -40 °C et +40 °C.

4.4 *Fréquence du réseau*

Cette norme s'applique seulement aux fréquences du réseau comprises entre 15 Hz et 60 Hz inclusivement.

4.5 *Forme d'onde*

Pour les besoins de cette norme, les formes d'onde du courant et de la tension à la fréquence du réseau doivent être considérées comme pratiquement sinusoïdales.

4.6 *Conditions de service particulières*

Au cas où les conditions de service demandées aux paragraphes 4.2 et 4.3 ne peuvent être observées, il convient de faire référence à l'article 8 et au paragraphe 10.3.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

J = short-circuit current density

L_p = power-frequency inductance of the main coil

L_t = true inductance of the main coil

L_{tN} = rated inductance of the main coil

R_b = blocking resistance

T = inverse of temperature coefficient

U = voltage developed across the line trap at rated power frequency by the rated short-time current

U_m = maximum system voltage

Z_b = blocking impedance

θ = temperature

4. Service conditions

4.1 *Standard conditions*

The standard conditions shall be those for outdoor service. A line trap shall be capable of carrying out its required function whether exposed to sunshine, rain, fog, frost, snow, ice, etc. Cases arising from severe atmospheric conditions such as salt spray, industrial pollution, etc., shall be covered by special agreement between manufacturer and purchaser.

4.2 *Altitude*

A line trap shall not be used at an altitude greater than 1 000 m above sea-level without special agreement with the manufacturer and measure being taken to ensure its suitability.

4.3 *Ambient temperature*

Unless otherwise agreed between manufacturer and purchaser, a line trap shall not be used beyond an air temperature range of -40 °C to +40 °C.

4.4 *Power frequency*

This standard applies only to power system frequencies between 15 Hz and 60 Hz inclusive.

4.5 *Wave shape*

For the purpose of this standard, power-frequency currents and voltages shall be considered to have wave shapes which are approximately sinusoidal.

4.6 *Unusual service conditions*

In the event that the requirements of Sub-clauses 4.2 and 4.3 cannot be met, reference should be made to Clause 8 and Sub-clause 10.3.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

SECTION DEUX - DEFINITIONS

Les définitions suivantes doivent s'appliquer pour les besoins de la présente norme. Les autres termes utilisés ont la signification qui leur est attribuée dans la Publication 50 de la CEI, sauf indication contraire.

5. Généralités

Un circuit-bouchon, constitué d'une bobine principale sous la forme d'une bobine d'inductance, d'un dispositif d'accord et d'un dispositif de protection, est destiné à être inséré dans une ligne électrique à haute tension entre le point d'injection des signaux à fréquence porteuse et les éléments adjacents du réseau tels que jeux de barres, transformateurs, etc. Le dispositif d'accord aux bornes de la bobine principale assure, grâce à un ajustement approprié, que le circuit-bouchon présente une impédance relativement élevée à une ou plusieurs fréquences de courants porteurs ou bandes de fréquences de courants porteurs, de façon que l'impédance du circuit-bouchon à la fréquence du réseau soit négligeable. Un circuit-bouchon peut également être utilisé pour limiter l'affaiblissement de puissance des courants porteurs à l'endroit de la dérivation d'une ligne en piquage.

Des circuits-bouchons non accordés sont quelquefois utilisés où cela est nécessaire pour un couplage large bande. Le paragraphe 5.4 attire l'attention sur la possibilité de résonance série survenant dans certaines conditions de service et conduisant à dériver d'une manière inacceptable le signal à fréquence porteuse.

Les figures 1a et 1b indiquent les schémas typiques de circuits-bouchons.

5.1 *Bobine principale*

La bobine principale est une bobine d'inductance qui est parcourue par le courant, à la fréquence du réseau, circulant dans la ligne à haute tension.

5.1.1 *Inductance apparente*

Quotient de la réactance de la bobine principale par la pulsation pour laquelle la réactance est déterminée, sans compensation des effets de la capacité propre.

5.1.2. *Inductance à la fréquence du réseau*

Inductance L_p mesurée à la fréquence du réseau.

5.1.3 *Inductance vraie*

Inductance propre L_t de la bobine principale, mesurée à une fréquence spécifiée, avec compensation des effets de sa capacité propre.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

SECTION TWO - DEFINITIONS

For the purpose of this standard, the following definitions shall apply. Other terms used have the meanings attributed to them in IEC Publication 50, unless otherwise stated.

5. General

A line trap, consisting of a main coil in the form of an inductor, a tuning device and a protective device, is intended for insertion in a high voltage power transmission line between the point of connection of carrier-frequency signals and adjacent power system elements such as busbars, transformers, etc. The tuning device connected across the main coil ensures, with proper adjustment, that the line trap presents a relatively high impedance at one or more carrier frequencies or carrier-frequency bands, whereas the impedance of the line trap at power frequencies is negligible. A line trap may also be used to limit the loss of carrier-frequency at a power system tee point.

Untuned line traps are sometimes used where there is a requirement for a wideband coupling. However, attention is drawn in Sub-clause 5.4 to the possibility of series resonance occurring under certain power system conditions, leading to an unacceptable shunting effect of the carrier-frequency signal path.

Figures 1a and 1b show the circuit diagrams of typical line traps.

5.1 *Main coil*

An inductor which carries the power-frequency current of the high voltage transmission line.

5.1.1 *Apparent inductance*

The reactance of the main coil divided by the angular frequency at which the reactance was determined, uncompensated for the effect of self-capacitance.

5.1.2 *Power-frequency inductance*

The inductance L_p at power-frequency.

5.1.3 *True inductance*

The self-inductance L_t of the main coil at a specified frequency compensated for the effect of self-capacitance.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

5.1.4 *Inductance assignée*

Valeur de l'inductance vraie L_{tN} mesurée à 100 kHz.

5.1.5 *Capacité propre*

Capacité C_r, qui, en combination avec l'inductance vraie, détermine la fréquence propre de résonance de la bobine principale. La capacité propre dépend de la conception de la bobine principale.

5.1.6 *Fréquence propre de résonance*

Fréquence à laquelle se produit la résonance entre l'inductance vraie et la capacité propre.

5.1.7 *Résistance de la bobine principale*

Valeur de la résistance mesurée en courant continu.

5.1.8 *Coefficient de température*

Rapport α de la variation de la résistivité due à une variation de température de 1 °C par rapport à la résistivité à 0 °C.

5.1.9 *Fréquence nominale du réseau*

Fréquence f_{pN} du réseau électrique à haute tension auquel le circuit-bouchon est raccordé.

5.2 *Dispositif d'accord*

Combinaison de condensateurs, de bobines d'inductance et de résistances raccordés avec la bobine principale. Tous les éléments peuvent ne pas être installés en même temps, en fonction des prescriptions du circuit-bouchon, concernant la fréquence porteuse.

5.3 *Dispositif de protection*

Dispositif raccordé aux bornes de la bobine principale et du dispositif d'accord qui protège le circuit-bouchon des dommages que pourraient lui causer les surtensions transitoires. Des dispositifs de protection supplémentaires peuvent être installés pour protéger des éléments du dispositif d'accord.

5.4 *Caractéristiques relatives à la fréquence porteuse*

Les éléments du réseau d'énergie électrique tels que transformateurs, jeux de barres, lignes, etc., représentent une impédance raccordée au-delà du circuit-bouchon, entre la ligne et la terre. Cette impédance, en série avec l'impédance du circuit-bouchon, constitue une voie de dérivation du signal à fréquence porteuse. L'affaiblissement du signal résultant de cette dérivation dépend de la somme vectorielle des deux impédances.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

5.1.4 *Rated inductance*

The value of true inductance L_{tN} at 100 kHz.

5.1.5 *Self-capacitance*

The capacitance C_r which, together with the true inductance, causes the main coil to resonate at self-resonant frequency. The self-capacitance is a function of the design of the main coil.

5.1.6 *Self-resonant frequency*

The frequency at which the combination of true inductance and self-capacitance becomes resonant.

5.1.7 *Resistance of main coil*

The value of resistance at d.c. current.

5.1.8 *Temperature coefficient*

The ratio α of the change in resistivity due to a change in temperature of 1 °C relative to the resistivity at 0 °C.

5.1.9 *Rated power frequency*

The frequency f_{pN} of the high voltage power transmission system to which the line trap is connected.

5.2 *Tuning device*

The combination of capacitors, inductors and resistors connected across the main coil. All of these components may not be present at any one time, depending on the carrier-frequency requirements of the line trap.

5.3 *Protective device*

The device connected across the main coil and tuning device which prevents the line trap from being damaged by transient overvoltages which may occur across it. Additional protective devices may be fitted to protect individual components of the tuning device.

5.4 *Carrier-frequency characteristics*

Power system elements such as transformers, busbars, lines, etc., represent an impedance connected beyond the line trap between line and earth. This impedance, in series with the impedance of the line trap, may shunt the carrier-frequency signal path. The loss in signal power resulting from this shunt depends upon the vectorial sum of the two impedances.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Dans les conditions les plus défavorables, les composantes réactives des deux impédances peuvent se neutraliser et de ce fait réduire l'impédance parallèle totale à une valeur trop faible et inacceptable.

Dans le but d'éliminer cette possibilité et les possibilités ultérieures de faire varier les effets de dérivations en fonction de l'état du réseau, il convient que l'impédance de blocage d'un circuit-bouchon inclue toujours une composante résistive. La performance du circuit-bouchon doit de ce fait être établie en fonction de sa composante résistive seulement.

5.4.1 *Impédance de blocage*

Impédance complexe Z_b du circuit-bouchon complet à l'intérieur d'un domaine spécifié de fréquences des courants porteurs.

5.4.2 *Résistance de blocage*

Composante résistive R_b de l'impédance de blocage.

5.4.3 *Affaiblissement de mise en dérivation*

Affaiblissement A_t subi par un signal à fréquence porteuse dû à l'aptitude finie de blocage d'un circuit-bouchon. Il est défini par le rapport des tensions du signal aux bornes d'une impédance égale à l'impédance caractéristique de la ligne en parallèle avec laquelle le circuit-bouchon est connecté, puis déconnecté; il est exprimé en décibels.

5.4.4 *Affaiblissement de mise en dérivation fondé sur la résistance de blocage*

Affaiblissement A_{tR} subi par un signal à fréquence porteuse dû à la connexion en parallèle de la composante résistive de l'impédance du circuit-bouchon; il est exprimé en décibels.

5.4.5 *Largeur de bande fondée sur l'impédance de blocage*

Bande de fréquence Δf_1 ou Δf_2 des courants porteurs à l'intérieur de laquelle le module de l'impédance de blocage ne descend pas au-dessous d'une valeur spécifiée ou à l'intérieur de laquelle l'affaiblissement de mise en dérivation A_t ne dépasse pas une valeur spécifiée (voir figures 2a et 2b).

5.4.6 *Largeur de bande fondée sur la résistance de blocage*

Largeur de bande Δf_{1R} et Δf_{2R} fondée sur la composante résistive exprimée en fonction de la résistance de blocage (voir figures 2a et 2b).

5.4.7 *Fréquence centrale*

Fréquence moyenne géométrique f_c des limites de la bande de fréquence.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

In the most unfavourable case, the reactive components of the two impedances may neutralise each other thus reducing the total shunt impedance to an unacceptably low value.

In order to eliminate this possibility and the further possibility of varying shunting effects arising out of power system switching, the blocking impedance of the line trap should always include a resistive component. The line trap performance can therefore be assessed in terms of its resistive component only.

5.4.1 *Blocking impedance*

The complex impedance Z_b of the complete line trap within a specified carrier-frequency range.

5.4.2 *Blocking resistance*

The resistive component R_b of the blocking impedance.

5.4.3 *Tapping loss*

The loss A_t sustained by a carrier-frequency signal due to the finite blocking ability of the line trap. It is defined in terms of the ratio of the signal voltages across an impedance equal to the characteristic impedance of the transmission line with and without the shunt connection of the line trap and is expressed in decibels.

5.4.4 *Tapping loss based on blocking resistance*

The loss A_{tR}, expressed in decibels, sustained by a carrier-frequency signal due to the shunt connection of the resistive component of the line trap impedance.

5.4.5 *Bandwidth based on blocking impedance*

The carrier-frequency bandwidth Δf_1 or Δf_2 within which the module of the blocking impedance does not fall below a specified value or the tapping loss A_t does not exceed a specified value (see Figures 2a and 2b).

5.4.6 *Bandwidth based on blocking resistance*

The bandwidth Δf_{1R} and Δf_{2R} based on the resistive component expressed in terms of the blocking resistance (see Figures 2a and 2b).

5.4.7 *Centre frequency*

The geometric mean frequency f_c of the bandwidth limit frequencies.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

5.4.8 *Fréquence centrale fondée sur la résistance de blocage*

Fréquence moyenne géométrique f_{cR} déterminée à partir des fréquences limites de la largeur de bande fondées sur la résistance de blocage. Pour les circuits-bouchons à accord de bande, f_c est équivalent à f_{cR}.

5.4.9 *Facteur Q*

Le quotient de la réactance par la composante résistive de la bobine principale à une fréquence spécifiée.

5.5 *Courants*

5.5.1 *Courant permanent assigné*

Valeur efficace I_N la plus élevée du courant à la fréquence spécifiée du réseau que la bobine principale peut supporter en permanence sans que les limites d'échauffement spécifiées soient dépassées.

5.5.2 *Courant assigné de courte durée*

Valeur efficace I_{kN} en régime établi du courant de court-circuit que la bobine principale peut supporter pendant une durée spécifiée sans détérioration par effets thermiques ou mécaniques. La valeur de crête de la première demi-onde asymétrique I_{km} du courant de court-circuit doit être prise égale à 2,55 fois la valeur efficace en régime établi.

5.5.3 *Courant de surcharge temporaire*

Valeur du courant que la bobine principale peut supporter pendant une durée spécifiée sans détérioration permanente ni réduction significative de sa durée de vie.

SECTION TROIS - PRESCRIPTIONS

6. Prescriptions générales

6.1 *Bobine principale*

L'inductance assignée de la bobine principale doit être choisie parmi les valeurs recommandées données dans l'article 20 et ne doit pas être inférieure à 90% de la valeur spécifiée.

Lorsqu'il y a une spécification relative à l'interchangeabilité, une valeur limite supérieure appropriée doit faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur. Autrement, une limite supérieure n'a pas à être spécifiée.

Note.- Pour les calculs de la résistance de blocage ou de la largeur de bande fondée sur la résistance de blocage, il convient d'utiliser la tolérance inférieure.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

5.4.8 *Centre frequency based on blocking resistance*

The geometric mean frequency f_{cR} derived from the bandwidth limit frequencies based on blocking resistance. For band-tuned line traps f_c is equivalent to f_{cR}.

5.4.9 *Q factor*

The ratio of reactance to resistive component of the main coil at a specified frequency.

5.5 *Currents*

5.5.1 *Continuous rated current*

The maximum r.m.s. value of the current I_N flowing continuously through the main coil at specified power frequency which does not cause the specified temperature rise limits to be exceeded.

5.5.2 *Rated short-time current*

The r.m.s. value of the steady state component of the short-circuit current I_{kN} flowing through the main coil for a specified time without causing thermal or mechanical damage. The asymmetrical peak value I_{km} of the first half-cycle of the short-circuit current shall be assumed to be 2.55 times the r.m.s. value.

5.5.3 *Emergency overload current*

The amount of current which the main coil can sustain for a specified period without suffering permanent damage or a significant reduction in useful life.

SECTION THREE - REQUIREMENTS

6. General requirements

6.1 *Main coil*

The rated inductance of the main coil shall be chosen from the recommended values given in Clause 20 and shall not be less than 90% of the stated value.

Where there is a requirement for interchangeability, a suitable upper limit shall be agreed between manufacturer and purchaser. Otherwise, an upper limit does not require to be specified.

Note.- For calculations of blocking resistance or bandwidth based on blocking resistance, the lower tolerance should be used.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

6.1.1 *Fréquence propre de résonance*

Cette fréquence doit toujours être supérieure à 500 Hz excepté pour les circuits-bouchons dont l'inductance assignée est supérieure à 0,5 mH pour lesquels il peut être impossible d'atteindre une telle fréquence du fait de la construction physique de la bobine principale.

6.1.2 *Facteur Q*

Lorsque l'interchangeabilité est primordiale, un facteur Q égal ou supérieur à 30 à 100 kHz doit être assuré. La construction physique de la bobine principale peut avoir une influence sur le facteur Q.

6.1.3 *Courants assignés*

Le courant de service continu et le courant de courte durée admissibles assignés doivent être en accord avec les articles 21 et 22.

6.2 *Dispositif d'accord*

Le dispositif d'accord doit être réalisé de façon à permettre son remplacement sans qu'il soit nécessaire de déplacer le circuit-bouchon. Il doit être conçu de telle sorte qu'aucune modification appréciable des caractéristiques exigées de blocage du circuit-bouchon et qu'aucune détérioration physique ne l'affectent, qu'elles soient dues à l'échauffement ou à l'induction magnétique produits par la bobine principale lorsque celle-ci est traversée par le courant permanent assigné ou le courant assigné de courte durée, ou le courant de surcharge temporaire.

6.3 *Dispositif de protection*

Il est recommandé d'utiliser des parafoudres pour réseaux à courants alternatifs, à résistance non linéaire, conformes à la Publication 99 de la CEI ou à une norme nationale équivalente, celle qui est le mieux appropriée étant applicable, pour la coordination de l'isolement. Il est également recommandé que leur courant nominal de décharge soit égal ou supérieur à celui des autres parafoudres installés dans le poste derrière le circuit-bouchon. Ce courant ne doit en aucun cas être inférieur à 5 kA.

Le dispositif de protection doit être conçu et réalisé de telle sorte qu'aucune modification appréciable de sa fonction de protection et qu'aucune détérioration physique ne l'affectent, qu'elles soient dues à l'échauffement ou à l'induction magnétique produits par la bobine principale lorsque celle-ci est traversée par le courant permanent assigné ou le courant assigné de courte durée ou le courant de surcharge temporaire. Le dispositif de protection ne doit ni entrer en fonctionnement sous l'action de la tension à la fréquence du réseau, appliquée aux bornes du circuit-bouchon lors du passage du courant assigné de courte durée, ni s'y maintenir après une réponse à une surtension transitoire, immédiatement suivie par la tension à fréquence industrielle appliquée aux bornes du circuit-bouchon par le courant assigné de courte durée.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

6.1.1 *Self-resonant frequency*

This frequency shall always be higher than 500 kHz except for line traps having a rated inductance greater than 0.5 mH where it may not be possible to achieve such a high frequency because of the physical construction of the main coil.

6.1.2 *Q factor*

Where interchangeability is of prime importance, a Q factor of not less than 30 at 100 kHz must be assured. The physical construction of the main coil can have an influence on the Q factor.

6.1.3 *Current ratings*

The continuous and short-time current ratings shall be in accordance with Clauses 21 and 22.

6.2 *Tuning device*

The tuning device shall be so arranged as to permit interchange without removing the line trap. It shall be so designed that neither significant alteration in the line trap blocking requirements nor physical damage shall result from either the temperature rise or the magnetic field of the main coil at continuous rated current, rated short-time current or emergency overload current.

6.3 *Protective device*

It is recommended that non-linear resistor type arresters for a.c. systems in accordance with IEC Publication 99 or an equivalent national standard, whichever is more appropriate, be used for insulation co-ordination and that the nominal discharge current be equal to or greater than that of the station arresters installed behind the line trap. In no case shall this current be taken as less than 5 kA.

The protective device shall be so designed and arranged that neither a significant alteration in its protective function nor physical damage shall result either from the temperature rise or the magnetic field of the main coil at continuous rated current, rated short-time current or from emergency overload current. It shall neither enter into operation as a result of the power-frequency voltage developed across the line trap by the rated short-time current nor shall it remain in operation after a response to a transient overvoltage which is immediately followed by the power-frequency voltage developed across the line trap by the rated short-time current.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

7. Prescriptions relatives au blocage

Les spécifications relatives à l'impédance de blocage et à l'affaiblissement de mise en dérivation font l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur. La présente norme ne donne aucune précision quant aux variations acceptables de ces deux grandeurs dans la largeur de bande du circuit-bouchon.

Cependant, il est conseillé de se reporter à l'article A3 de l'annexe A qui indique les relations entre l'inductance assignée, la résistance de blocage et la largeur de bande.

Dans le but de fixer une largeur de bande, une valeur maximale de 2,6 dB est proposée pour l'affaiblissement de mise en dérivation ainsi que pour l'affaiblissement de mise en dérivation basé sur la résistance de blocage. Cela correspond à une résistance de blocage du circuit-bouchon égale à 1,41 fois l'impédance caractéristique de la ligne. Un cas type est un circuit-bouchon de 570 Ω de résistance de blocage raccordé à une ligne dont l'impédance caractéristique est de 400 Ω, cette valeur typique correspondant à l'impédance phase-terre d'une ligne électrique à un conducteur par phase.

8. Prescriptions relatives au service continu

L'échauffement d'une partie quelconque d'un circuit-bouchon parcouru par le courant assigné de service continu ne doit pas dépasser les limites spécifiées dans le tableau I à des altitudes inférieures à 1 000 m et pour les températures ambiantes indiquées au paragraphe 4.3. Il y a lieu de mesurer la température atteinte au point chaud directement et de calculer la température moyenne atteinte à partir de l'accroissement de résistance de la bobine principale comme cela est décrit au paragraphe 19.1.

Comme un circuit-bouchon n'est généralement pas parcouru par le courant de pleine charge durant toute sa vie, les valeurs indiquées dans le tableau I sont supérieures à celles mentionnées dans la Publication 85 de la CEI.

Tableau I

Limites d'échauffement

Classe d'isolation et température de référence (°C)	Echauffement maximal atteint en °C	
	Point chaud mesuré par méthodes directes	Température moyenne atteinte mesurée par accroissement de résistance
105 (A)	75	65
120 (E)	100	85
130 (B)	110	90
155 (F)	135	115
185 (H)	155	140
220 (C)	200	160

Note.- Pour certains matériaux isolants sortant de cette classification, des échauffements supérieurs à ceux donnés dans le tableau I peuvent être adoptés par accord entre constructeur et acheteur.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

7. Blocking requirements

Specification of the blocking impedance and the tapping loss are for agreement between manufacturer and purchaser. This standard does not give any detailed guidance on the permissible variation of these two quantities within the bandwidth of the line trap.

Attention is, however, drawn to Clause A3 of Appendix A where the relationship between rated inductance, blocking resistance and bandwidth is discussed.

For the purpose of stating the bandwidth, a maximum loss of 2.6 dB is suggested for both tapping loss and tapping loss based on blocking resistance. This corresponds to a line trap blocking resistance of 1.41 times the characteristic impedance of the transmission line. A typical case is that of a line trap of 570 Ω blocking resistance connected to a transmission line of 400 Ω characteristic impedance, this being a typical value of the phase/earth impedance of a single conductor transmission line.

8. Continuous service requirements

The temperature rise of any part of a line trap under rated continuous current conditions shall not exceed the values given in Table I at altitudes below 1 000 m and the air temperature range given in Sub-clause 4.3. The temperature rise at the hot spot should be measured directly and the average temperature rise calculated from the increase in resistance of the main coil as described in Sub-clause 19.1.

Since a line trap is usually not fully loaded during all its working life, the values given in Table I are higher than those given in IEC Publication 85.

Table I

Limits of temperature rise

Insulation class and reference temperature (°C)	Maximum temperature rise (°C)	
	Hot spot measured by direct methods	Average value measured by increase in resistance
105 (A)	75	65
120 (E)	100	85
130 (B)	110	90
155 (F)	135	115
185 (H)	155	140
220 (C)	200	160

Note.- For certain insulating materials outside these classifications, temperature rises in excess of those given in Table I may be adopted by agreement between manufacturer and purchaser.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Si un circuit-bouchon est destiné à une utilisation pour laquelle la température ambiante peut dépasser la limite supérieure donnée au paragraphe 4.3 de 10 °C au plus, l'échauffement admissible doit être réduit de:

- 5 °C pour un accroissement de la température ambiante inférieur ou égal à 5 °C;
- 10 °C pour un accroissement de la température ambiante supérieur à 5 °C mais inférieur à 10 °C.

Il n'y a pas de recommandation relative à l'échauffement lorsque la température ambiante dépasse de plus de 10 °C la limite supérieure indiquée au paragraphe 4.3.

Pour un circuit-bouchon destiné à fonctionner à des altitudes supérieures à 1 000 m, mais essayé à des altitudes inférieures, les limites d'échauffement données dans le tableau I doivent être réduites de 2,5% par 500 m au-dessus de 1 000 m.

Note.- Certaines parties d'un circuit-bouchon peuvent nécessiter, ou être capables de supporter, des spécifications spéciales de température, en fonction de leur position par rapport à la bobine principale. Pour des parties métalliques nues ou des enroulements, il convient que l'échauffement ne dépasse pas les limites données pour les matériaux adjacents. Pour les dimensions des bornes, il convient de signaler la Publication 129 de la CEI, en remarquant que les bornes d'un circuit-bouchon présentent en général des températures élevées du fait des courants de Foucault produits par le champ magnétique de la bobine principale.

9. Aptitude à supporter le courant assigné de courte durée

9.1 *Contrainte mécanique*

L'aptitude d'un circuit-bouchon à supporter les efforts mécaniques provoqués par la valeur de crête du courant asymétrique I_{km} de courte durée doit être vérifiée en réalisant les essais spécifiés au point *a)* du paragraphe 19.4.

9.2 *Tenue aux effets thermiques*

L'aptitude d'un circuit-bouchon à supporter les effets thermiques dus au courant assigné I_{kN} de courte durée doit être vérifiée en réalisant les essais spécifiés au point *b)* du paragraphe 19.4.

10. Niveau d'isolement

10.1 *Isolement entre bornes du circuit-bouchon*

Le niveau d'isolement entre bornes d'un circuit-bouchon est fixé par la tension assignée du dispositif de protection. L'isolement de la bobine principale et du dispositif d'accord doit être spécifié en fonction de:

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

If a line trap is intended for service where the air temperature is likely to exceed the upper limit of the range given in Sub-clause 4.3 by not more than 10 °C, the allowable temperature rise shall be reduced by:

- 5 °C if the excess temperature is less than or equal to 5 °C;

- 10 °C if the excess temperature is greater than 5 °C but less than 10 °C.

No recommendations are given regarding the temperature rise where the air temperature exceeds the upper limit given in Sub-clause 4.3 by more than 10 °C.

For a line trap intended for use at altitudes greater than 1 000 m but tested at lower altitudes, the limits of temperature rise given in Table I must be reduced by 2.5% for each 500 m above 1 000 m.

Note.- Certain parts of a line trap may require, or be capable of having, individual temperature specifications depending on their positions relative to the main coil. For bare metallic parts or windings, the temperature rise shall not exceed the limits given for adjacent material. For the dimensions of the terminals, attention is drawn to IEC Publication 129 noting that the terminals of line traps operate at higher temperatures due to eddy currents produced by the magnetic field of the main coil.

9. Ability to withstand rated short-time current

9.1 *Mechanical strength*

The ability of a line trap to withstand the mechanical forces produced by the asymmetrical peak value I_{km} of the short-time current shall be verified by carrying out the tests specified in Item *a)* of Sub-clause 19.4.

9.2 *Thermal behaviour*

The ability of a line trap to withstand the heating effect of the rated short-time current I_{kN} shall be verified by carrying out the tests specified in Item *b)* of Sub-clause 19.4.

10. Insulation level

10.1 *Insulation across a line trap*

The insulation level for the insulation between the terminals of a line trap is governed by the rated voltage of the protective device. The insulation of the main coil and the tuning device shall be adequately rated for:

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

a) la tension U apparaissant aux bornes du circuit-bouchon lorsque celui-ci est parcouru par le courant assigné de courte durée à la fréquence assignée du réseau. Cette tension U doit être prise égale à:

$$U = 2\pi \cdot f_{pN} \cdot L_p \cdot I_{kN}$$

où:

f_{pN} = fréquence assignée du réseau

L_p = inductance de la bobine principale à la fréquence du réseau mesurée conformément au paragraphe 19.6

I_{kN} = courant assigné de courte durée

La tension assignée du dispositif de protection doit être supérieure à la tension U.

b) la tension d'amorçage sur le front de l'onde du parafoudre ou la tension résiduelle de décharge due au courant nominal du dispositif de protection, si celle-ci est plus grande.

10.2 *Isolement à la tension du réseau*

L'isolement à la tension du réseau d'un circuit-bouchon est généralement assuré par des chaînes d'isolateurs ou des colonnes isolantes. Pour ces isolateurs, la Publication 383 de la CEI est applicable. Le circuit-bouchon doit se conformer aux mêmes prescriptions que celles relatives aux autres équipements des réseaux d'énergie électrique.

10.3 *Circuits-bouchons pour utilisation à haute altitude*

Pour les circuits-bouchons destinés à être utilisés à des altitudes comprises entre 1 000 m et 3 000 m, mais essayés à des altitudes inférieures à 1 000 m, la tension d'essai, pour les isolements constitués essentiellement par des distances dans l'air, doit être augmentée, conformément à la Publication 71-1 de la CEI.

11. Tension de perturbation radio (RIV)

La tension de perturbation radio peut être engendrée par l'effet couronne sur le circuit-bouchon. A cet effet, il est recommandé que la tension d'apparition de l'effet couronne soit supérieure d'au moins 15% à la tension simple ($U_m/\sqrt{3}$) du réseau électrique sur lequel le circuit-bouchon est raccordé. Les tensions maximales U_m du réseau données dans le tableau II sont conformes à la Publication 71-1 de la CEI. Les tensions d'essai ($1{,}15 \cdot U_m/\sqrt{3}$ pour des réseaux triphasés) relatives à chaque tension du réseau sont également indiquées dans le tableau II. La tension maximale de perturbation radio fait l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

a) the voltage U developed across the line trap at rated power frequency by the rated short-time current. This voltage U shall be:

$$U = 2\pi \cdot f_{pN} \cdot L_p \cdot I_{kN}$$

where:

f_{pN} = rated power frequency

L_p = power frequency inductance of the main coil measured in accordance with Clause 19.6

I_{kN} = rated short-time current

The rated voltage of the protective device shall be higher than U.

b) the front of wave impulse sparkover voltage or the residual voltage caused by the nominal discharge current of the protective device, whichever is higher.

10.2 *System voltage insulation*

The system voltage insulation of a line trap is provided by insulator strings or post insulators. For these IEC Publication 383 applies. The line trap system voltage insulation shall be consistent with the other equipment in the associated high voltage transmission network.

10.3 *Line traps for use at high altitudes*

In the case of line traps intended for use at altitudes between 1 000 m and 3 000 m, but tested at altitudes below 1 000 m, the test voltage for those insulations which are formed by air distances shall be increased in accordance with IEC Publication 71-1.

11. Radio influence voltage (RIV)

Radio influence voltage may be generated by corona on the line trap. It is therefore recommended that the corona inception voltage be at least 15% higher than the phase to earth voltage ($U_m/\sqrt{3}$) of the transmission network to which the line trap is connected. The maximum system voltages U_m given in Table II are in accordance with IEC Publication 71-1. The test voltages ($1.15 \cdot U_m/\sqrt{3}$ in three-phase supply networks) relating to each power system voltage, are also given in Table II. The maximum radio influence voltage is a matter for agreement between manufacturer and purchaser.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Tableau II

Relations entre les tensions maximales des réseaux et les tensions d'essai de perturbation radio

Tension maximale du réseau U_m	Tension d'essai de perturbation radio $1,15 \cdot (U_m/\sqrt{3})$ (eff.)
kV	kV
52	35
72,5	48
123	83
145	97
170	113
245	163
300	199
362	242
420	280
525	349
765	508

12. Pertes (de puissance)

Les pertes de puissance dans la bobine principale sont dues au passage du courant à la fréquence du réseau et aux courants de Foucault. L'importance de ces pertes est fonction de la conception du circuit-bouchon et du matériau utilisé pour les enroulements.

Si l'acheteur demande que les pertes soient déterminées, il convient que cela soit fait en accord avec le constructeur qui doit, en principe, les faire connaître par la suite. On notera qu'une spécification visant à de faibles pertes peut influencer les performances à la fréquence des courants porteurs du circuit-bouchon.

Comme la conception et la construction des circuits-bouchons varient dans de grandes proportions, il est recommandé, dans un but de comparaison, d'évaluer les pertes pour une température de 75 °C.

Une méthode de correction des pertes en fonction de la température est donnée dans l'article A4 de l'annexe A, à titre d'information uniquement.

13. Résistance à la traction des organes de suspension

Les organes de suspension d'un circuit-bouchon doivent être conçus pour supporter un effort de traction d'au moins deux fois la masse du circuit-bouchon exprimée en kilogrammes et multipliée par 9,81, pour convertir en newtons, plus 5 000 N.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Table II

Relationship between maximum power system voltage and radio influence test voltage

Maximum power system voltage U_m	Radio influence test voltage $1.15 \cdot (U_m/\sqrt{3})$ (r.m.s.)
kV	kV
52	35
72.5	48
123	83
145	97
170	113
245	163
300	199
362	242
420	280
525	349
765	508

12. Power losses

Power losses occur in the main coil due to the passage of power-frequency current and the presence of eddy currents. The magnitude of these losses is a function of the design of the line trap and the material used in the windings.

If the purchaser requires the losses to be determined, this should be done by agreement with the manufacturer who should thereafter declare them. It is pointed out that a requirement for low power losses can influence the carrier-frequency performance of the line trap.

Since line traps vary widely in design and construction, it is recommended, for comparison purposes, that the losses should be corrected for a temperature of 75 °C.

A method of correcting power losses with regard to temperature is given in Appendix A, Clause A4, for guidance only.

13. Tensile strength of suspension system

The suspension system of a line trap shall be designed for a tensile stress of at least twice the mass of the line trap in kilograms, multiplied by 9.81 to convert to newtons, plus 5 000 N.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

14. Accessoires

14.1 *Barrières anti-oiseaux*

La fourniture de barrières anti-oiseaux est en option. Si les barrières sont demandées, une bille d'un diamètre de 16 mm ne doit pas pouvoir pénétrer à l'intérieur du circuit-bouchon.

14.2 *Bornes de raccordement*

La position et le type des bornes utilisées doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur. Toutefois, il est conseillé de se reporter à la Publication 518 de la CEI et à la Norme NEMA CC1-1975 pour les détails des dimensions recommandées.

SECTION QUATRE - PLAQUES SIGNALETIQUES

La bobine principale, le dispositif d'accord et le dispositif de protection doivent être munis de plaques signalétiques en matière résistant aux intempéries, placées de manière à être aisément visibles. Les inscriptions doivent être indélébiles et comporter les indications suivantes:

15. Plaque signalétique de la bobine principale

a) Non du constructeur et année de construction.
b) Type.
c) Numéro de série.
d) Inductance assignée (mH).
e) Inductance à la fréquence du réseau (mH).
f) Courant assigné de service continu (A).
g) Fréquence assignée du réseau (Hz).
h) Courant assigné de courte durée (kA) et durée (s).
i) Masse totale (kg).

16. Plaque signalétique du dispositif d'accord

a) Nom du constructeur et année de construction.
b) Type.
c) Numéro de série.
d) Bande(s) de fréquences (kHz).
e) Impédance de blocage (valeur minimale) (Ω).
f) Résistance de blocage (valeur minimale) (Ω).
g) Niveau assigné de protection aux ondes de choc (kV).
h) Associé à une bobine principale d'inductance assignée (mH) et numéro de série (facultatif).

Si des informations supplémentaires sont exigées, elles feront l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

14. Accessories

14.1 *Bird barriers*

The provision of bird barriers is optional. If provided, no entrance to the line trap shall admit a sphere having a diameter of 16 mm.

14.2 *Terminals*

The position and type of terminals used is a matter for agreement between manufacturer and purchaser. Attention is, however, drawn to IEC Publication 518 and NEMA Standard CC1-1975 for details of recommended dimensions.

SECTION FOUR - RATING PLATES

The main coil, the tuning device and the protective device shall be provided with rating plates of weatherproof material fitted so that they are readily visible. The inscriptions shall be indelibly marked and include the following data:

15. Rating plate of the main coil

a) Manufacturer's name and year of manufacture.
b) Type.
c) Serial number.
d) Rated inductance (mH).
e) Power-frequency inductance (mH).
f) Rated continuous current (A).
g) Rated power frequency (Hz).
h) Rated short-time current (kA) and duration (s).
i) Total weight (kg).

16. Rating plate of tuning device

a) Manufacturer's name and year of manufacture.
b) Type.
c) Serial number.
d) Frequency band(s) (kHz).
e) Blocking impedance (minimum value) (Ω).
f) Blocking resistance (minimum value) (Ω).
g) Rated impulse protective level (kV).
h) Belonging to main coil with rated inductance (mH) and serial number (optional).

If additional information is required, this is a matter for agreement between manufacturer and purchaser.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

17. Plaque signalétique du dispositif de protection

Il convient que les indications soient conformes à celles stipulées dans la Publication 99-1 de la CEI.

SECTION CINQ - ESSAIS

18. Conditions générales

Les essais peuvent être effectués par le constructeur à une température ambiante quelconque comprise entre 0 °C et 40 °C, à l'intérieur ou à l'extérieur.

Pour les essais, le circuit-bouchon doit être monté dans une position semblable à sa position en service normal, sauf indication contraire. Il convient de noter la température ambiante durant les essais.

Tout ou partie des essais de type peuvent être effectués comme essais par échantillonnage si un accord particulier entre constructeur et acheteur le précise. Les essais sur le dispositif de protection doivent être effectués conformément à la Publication 99-1 de la CEI ou une norme nationale équivalente.

Note.- Pour certains des essais suivants, des méthodes de mesure particulières sont suggérées dans un but de facilité. D'autres méthodes incluant l'emploi d'appareils à lecture directe, éliminant ou réduisant les calculs, peuvent être utilisées, pourvu que leur précision et leur convenance soient démontrées. Il est important, lorsque l'on exécute des mesures de fréquence des courants porteurs, de s'assurer que la boucle du circuit de mesure est aussi petite que possible de façon à exclure des impédances parasites.

Il est aussi recommandé que tous les équipements utilisés lors de ces mesures (incluant le circuit-bouchon lui-même) soient exempts de surfaces et d'objets métalliques et que, lorsque cela est nécessaire, l'impédance des cordons de raccordement soit prise en compte.

19. Essais

Les titres des paragraphes suivants mentionnent s'il s'agit d'essais de type ou d'essais individuels.

19.1 *Essai d'échauffement (essai de type)*

Cet essai est destiné à prouver l'aptitude du circuit-bouchon à supporter le courant permanent assigné. L'échauffement de la bobine principale du circuit-bouchon (valeur moyenne mesurée par l'accroissement de résistance et point chaud mesuré par méthode directe) doit être déterminé.

Il y a lieu de réaliser l'essai au courant permanent assigné I_N, à moins que cela, pour une raison quelconque, ne soit pas possible; dans ce cas, une valeur I_t supérieure à 90% de la valeur assignée est permise.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

17. Rating plate information for protective device

This should be in accordance with IEC Publication 99-1.

SECTION FIVE - TESTS

18. General conditions

The tests may be made by the manufacturer at any ambient temperature between 0 °C and +40 °C, indoors or outdoors.

For the tests, the line tap shall be mounted in a position similar to what it would be in service unless otherwise stated. The ambient temperature during the tests should be noted.

Some or all of the type tests may be repeated as sampling tests if specially agreed to between manufacturer and purchaser. The tests on the protective device shall be carried out in accordance with IEC Publication 99-1, or an equivalent national standard.

Note.- For some of the following tests, particular methods are suggested in the interests of simplicity. Other methods, including direct read-out instruments which eliminate or reduce computation, can be used providing their accuracy and suitability can be adequately demonstrated. It is important when carrying out carrier-frequency measurements, to ensure that the measuring loop is kept as small as possible in order to exclude extraneous impedances.

Also, all equipment used in such measurements (including the line trap) should be kept clear of metallic surfaces and objects and, where appropriate, the impedance of the test leads taken into account.

19. Tests

The titles of the following sub-clauses will indicate which are type tests and which are routine tests.

19.1 *Temperature rise test (type test)*

This test is designed to prove the thermal behaviour of the line trap at rated continuous current. The temperature rise of the main coil of the line trap (average value measured by increase in resistance and hot spot by direct methods) has to be determined.

The test should be carried out at rated continuous current I_N unless, for any reason, this is impossible, in which case a value I_t which is not less than 90% of the rated value is allowed.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

La valeur de l'échauffement θ_n qui aurait dû résulter du courant permanent assigné est calculée d'après la formule:

$$\theta_n = \theta_t \left(\frac{I_N}{I_t} \right)^{1,6}$$

où θ_t est l'échauffement mesuré à I_t.

L'essai doit être poursuivi jusqu'à ce que la température, en quelque endroit du circuit-bouchon, n'augmente pas de plus de 2% sur deux lectures horaires consécutives.

a) Détermination de la valeur moyenne de l'échauffement mesuré par accroissement de résistance:

Du fait que la résistance de la bobine principale varie avec la température dépendant du coefficient de température α du matériau employé comme conducteur, il suffit de mesurer la résistance immédiatement avant le commencement de l'essai et de calculer ce qu'elle devient immédiatement après la coupure du courant permanent assigné, pour déterminer l'échauffement. Comme il est probable qu'une période de temps s'écoule entre la fin des essais et la mesure de la résistance de la bobine principale, il est recommandé de réaliser au moins quatre mesures à des intervalles de 3 min au plus et de les reporter sur une courbe en fonction du temps. En extrapolant la courbe résultante comme indiqué à la figure 3, la valeur de la résistance à la fin de l'essai sera obtenue.

Les valeurs des coefficients de température α et $T = 1/\alpha$ sont indiquées dans le tableau III pour le cuivre, l'aluminium et l'aldrey. Il est important que le constructeur indique les valeurs de α ou de T pour le matériau conducteur utilisé.

Tableau III

Valeurs de α et de T pour l'aluminium, le cuivre et l'aldrey

Matériau conducteur	$\alpha = \frac{1}{T}$ (1/°C)	$T = \frac{1}{\alpha}$ (°C)
Aluminium	0,004 44	225
Cuivre	0,004 26	235
Aldrey	0,003 60	278

La température θ_2 de la bobine principale à la fin de la période d'essai peut être calculée à partir de sa résistance R_2, mesurée pour cette température, et de sa résistance R_1, mesurée à une autre valeur de température θ_1 en utilisant les formules suivantes:

- pour l'aluminium: $\theta_2 = \frac{R_2}{R_1} \cdot (225 + \theta_1) - 225$

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

The value of temperature rise θ_n which would have resulted from the rated continuous current is calculated from the formula:

$$\theta_n = \theta_t \left(\frac{I_N}{I_t} \right)^{1.6}$$

where θ_t is the temperature rise measured at I_t.

The test shall be continued until the temperature of any part of the line trap does not increase by more than 2% during two consecutive hourly readings.

a) Determination of the average value of temperature rise measured by increase of resistance:

Since the resistance of the main coil will vary with temperature depending on the temperature coefficient α of the conductor material, the temperature rise resulting from the application of rated continuous current can be ascertained by measuring the resistance immediately before the commencement of the test and calculating what it was immediately after the test. Since it is likely that a period of time will elapse between the completion of the test and the measurement of the resistance of the main coil, it is recommended that at least four measurements be taken at intervals of not more than 3 min and plotted against a time base. By extrapolating the resulting curve as shown in Figure 3, the value of resistance at the moment of completion of the test will be obtained.

Values of temperature coefficient α and $T = 1/\alpha$ are given in Table III for copper, aluminium and aldrey. It is important that the manufacturer specifies the value of either α or T for the conductor material used.

Table III

Values of α and T for aluminium, copper and aldrey

Conductor material	$\alpha = \frac{1}{T}$ (1/°C)	$T = \frac{1}{\alpha}$ (°C)
Aluminium	0.004 44	225
Copper	0.004 26	235
Aldrey	0.003 60	278

The temperature θ_2 of the main coil at the end of the test period shall be calculated from its measured resistance R_2 at that temperature and its measured resistance R_1 at some other temperature θ_1, using the following formulae:

- for aluminium: $\theta_2 = \frac{R_2}{R_1} \cdot (225 + \theta_1) - 225$

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

- pour le cuivre: $\theta_2 = \frac{R_2}{R_1} \cdot (235 + \theta_1) - 235$

- pour l'aldrey: $\theta_2 = \frac{R_2}{R_1} \cdot (278 + \theta_1) - 278$

où θ_1 et θ_2 sont mesurées en degré Celsius (voir Publication 76-2 de la CEI).

L'échauffement moyen atteint est la différence entre la température finale θ_2 et la température ambiante.

b) Détermination de l'échauffement du point chaud

L'échauffement du point chaud est la différence entre la température la plus élevée lue sur un certain nombre des points de mesure (au moins 5), placés comme indiqué à la figure 4, et la température ambiante à la fin des essais.

Pour la mesure des températures on peut utiliser des thermocouples, des thermomètres, du papier thermo-sensible ou autre dispositif approprié. Le dispositif de mesure doit être en contact direct avec la surface du conducteur.

Les mesures de température par couples thermoélectriques peuvent être difficiles à effectuer, car la tension aux bornes de la bobine principale pendant l'essai peut affecter les lectures. Lorsque l'axe de la bobine principale est vertical, la température du point chaud se situe en général au sommet de la bobine.

19.2 *Mesure de la tension de perturbation radio (essai de type)*

La méthode recommandée pour vérifier s'il existe ou non une tension de radio influence générée par le circuit-bouchon dans les conditions de service est donnée par la figure 5. Il y a lieu d'effectuer les essais dans un environnement propre et sec. Par ailleurs, il est recommandé que le niveau d'interférence de fond ne dépasse pas 50 µV (voir article 11).

Il convient que les essais soient réalisés conformément à la Publication 270 de la CEI, en utilisant un matériel approprié et disponible dans le commerce.

L'appareillage de mesure doit être capable de mesurer des signaux en mode de quasi-crête, dans la bande de 0,5 MHz à 1,5 MHz, avec une largeur de bande de 9 kHz. Il convient que leur impédance soit approximativement de 150 Ω.

19.3 *Essais d'isolement*

Il est seulement nécessaire de mener à bien un seul des essais suivants, après accord entre constructeur et acheteur. Dans certaines circonstances et après discussion et accord entre les deux parties, il peut être considéré comme avantageux de mener à bien les deux essais.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

- for copper: $\theta_2 = \frac{R_2}{R_1} \cdot (235 + \theta_1) - 235$

- for aldrey: $\theta_2 = \frac{R_2}{R_1} \cdot (278 + \theta_1) - 278$

where θ_1 and θ_2 are measured in degrees Celsius (see IEC Publication 76-2).

The average temperature rise is the difference between the final temperature θ_2 and the ambient temperature.

b) Determination of temperature rise at hot spot:

The hot spot temperature rise is the difference between the highest temperature reading obtained from a number of measuring points (at least 5) located as shown in Figure 4 and the ambient temperature at the completion of the test.

It is possible to use thermocouples, thermometers, thermally sensitive paper or other suitable devices to measure the temperature rise. The measuring device must be embedded in the coils on the surface of the conductor.

Temperature measurements using thermocouples may be difficult to carry out because the voltage across the main coil during the test can affect the readings. Where the axis of the main coil is vertical, the hot spot usually occurs at the top of the coil.

19.2 *Measurement of radio influence voltage (type test)*

The recommended method of determining whether or not radio influence voltage would be generated by the line trap under service conditions is shown in Figure 5. The environment in which the tests are carried out should be clean and dry. Also, the background interference level should not exceed 50 μV (see Clause 11).

The tests should be carried out in accordance with IEC Publication 270 using equipment which is generally approved for the purpose and commercially available.

The equipment should be capable of measuring signals in a quasi-peak mode in the band 0.5 MHz to 1.5 MHz within a 9 kHz bandwidth. The input impedance should be approximately 150 Ω.

19.3 *Insulation tests*

It is only necessary to carry out one of the following tests subject to agreement between manufacturer and purchaser. In certain circumstances and subject to discussion and agreement between the two parties, it may be considered advantageous to carry out both tests.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

19.3.1 *Essai à la tension de choc (essai de type)*

Méthode 1:

L'essai est réalisé en remplaçant le dispositif de protection par un dispositif ayant un niveau de tension d'amorçage en onde de choc au moins supérieur de 30% à celui du dispositif de protection prévu avec la bobine principale et ayant le même type et de même construction. Le mode de raccordement doit également être identique. Il convient que la limite supérieure de la tension d'amorçage soit celle du dispositif de protection ayant le niveau assigné immédiatement supérieur donné par la Publication 99-1 de la CEI.

Note.- Il peut être nécessaire d'utiliser un éclateur à sphère à la place du dispositif de protection si les prescriptions d'essai ne peuvent être satisfaites du fait des caractéristiques propres au dispositif de protection.

Une onde de tension ayant un front d'au moins 200 kV/µs et une amplitude qui assure l'amorçage sur le front de l'onde du dispositif de protection doit être appliquée aux bornes du circuit-bouchon. Le circuit d'essai recommandé est indiqué à la figure 6, mais avec le dispositif de protection raccordé au lieu de l'éclateur.

Procédure d'essai:

La tension d'essai doit être appliquée à chaque borne, l'autre extrémité étant à la terre.

Il y a lieu d'effectuer des enregistrements oscillographiques de toutes les tensions et de tous les circuits comme indiqué à la figure 6.

Séquence d'essai:

a) Une onde de tension de choc réduite à approximativement 50% de la tension d'amorçage du dispositif de protection.

b) Cinq ondes de tension de choc pleines positives et cinq négatives comme il a été défini précédemment.

c) Répétition du point *a)*.

Des variations significatives de la capacité de blocage du circuit-bouchon, mesurées avant et après les essais en onde de choc, aussi bien que des variations dans les enregistrements oscillographiques indiquent des anomalies dans l'isolation ou d'autres dommages résultant des essais.

Méthode 2:

L'essai est réalisé, le dispositif de protection étant déconnecté et le dispositif d'accord connecté comme s'il était en service.

Une onde de tension de forme 1,2/10-50 µs doit être appliquée aux bornes du circuit-bouchon. La valeur de crête de la tension doit être au moins 30% supérieure soit au front de la tension d'amorçage du dispositif de protection, soit à la tension résiduelle au courant nominal de décharge de ce dispositif, la plus grande des valeurs étant retenue. Le circuit d'essai recommandé est indiqué à la figure 6.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

19.3.1 *Impulse voltage test (type test)*

Method 1:

The test is carried out with the protective device replaced by one having an impulse sparkover voltage at least 30% higher than the protective device which was delivered with the main coil and of the same type and construction. The method of connection should also be similar. The upper limit of the sparkover voltage should be that of the protective device having the next highest rating given in IEC Publication 99-1.

Note.- It may be necessary to use a sphere gap in place of the protective device if the test requirements cannot be met due to the inherent characteristics of the protective device.

A voltage having a wave front of at least 200 kV/µs and an amplitude which ensures front of wave sparkover of the protective device, shall be applied to the line trap terminals. The recommended test circuit is shown in Figure 6, but with the protective device connected instead of the chopping gap.

Test procedure:

The test voltage shall be applied to each terminal with the other earthed.

Oscillographic records should be obtained of all voltages and circuits as shown in Figure 6.

Test sequence:

a) One reduced impulse voltage at approximately 50% of the sparkover voltage of the protective device.

b) Five positive and five negative full impulse voltages as defined previously.

c) Repetition of Item *a)*.

Significant variations in the blocking capabilities of the line trap prior to and after the impulse voltage tests, as well as variations in the oscillographic records, will indicate insulation abnormalities or other damage resulting from the tests.

Method 2:

The test is carried out with the protective device disconnected and the tuning device connected in the manner that it would be in service.

A voltage having a wave shape of 1.2/10-50 µs shall be applied to the line trap terminals. The peak value of the voltage shall be at least 30% higher than the front of wave sparkover voltage or the residual voltage at nominal discharge current, whichever is higher. The recommended test circuit is shown in Figure 6.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Procédure d'essai: voir sous "Méthode 1".

Séquence d'essai:

a) Une onde de choc pleine, réduite à environ 50% de la valeur crête requise, comme défini au préalable.

b) Une onde à 100% de la pleine valeur.

c) Deux ondes de choc positives et deux négatives coupées à 100% avec une durée maximale jusqu'à l'amorçage de 5 µs et une durée maximale d'effondrement de la tension de 0,4 µs.

d) Trois ondes pleines positives et trois négatives à 100%.

e) Répétition du point *a)*.

Des variations significatives de la capacité de blocage du circuit-bouchon, mesurées avant et après les essais en ondes de choc, aussi bien que des variations dans les enregistrements oscillographiques indiquent des anomalies dans l'isolation ou d'autres dommages résultant des essais.

Note.- L'éclateur mentionné à la figure 6 est raccordé uniquement pour les essais en onde coupée.

19.3.2 *Essai à fréquence industrielle du dispositif d'accord (essai de type et essai individuel)*

Pour les besoins de cet essai, le dispositif d'accord est déconnecté de la bobine principale et une tension d'essai U_t = 1,3 U est appliquée pendant 5 s. La tension U est évaluée conformément à l'article 10.

19.4 *Essais au courant de courte durée (essais de type)*

Ces essais sont destinés à vérifier la tenue du circuit-bouchon aux contraintes mécaniques et thermiques au courant assigné de courte durée I_{kN}, dont les valeurs recommandées sont données dans l'article 22. Pour les besoins de ces essais, le circuit-bouchon doit être complet, c'est-à-dire que le dispositif d'accord ainsi que le dispositif de protection doivent être raccordés à la bobine principale.

a) Tenue aux efforts mécaniques

La vérification de la tenue aux efforts mécaniques du circuit-bouchon doit être effectuée en appliquant un courant asymétrique de courte durée, dont la première valeur de crête ne sera pas inférieure à 2,55 fois I_{kN} pendant au moins cinq cycles. D'autres durées peuvent faire l'objet d'un accord entre constructeur et acheteur.

b) Tenue aux effets thermiques

La tenue aux effets thermiques d'un circuit-bouchon doit être vérifiée en appliquant un courant de courte durée I_{kN} pendant une durée de 1 s.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Test procedure: see under "Method 1".

Test sequence:

a) One reduced full impulse at approximately 50% of the required peak voltage as defined previously.

b) One 100% full impulse.

c) Two positive and two negative 100% chopped impulses with a maximum time to chopping of 5 μs and a maximum time of voltage collapse during chopping of 0.4 μs.

d) Three positive and three negative 100% full impulses.

e) Repetition of Item *a)*.

Significant variations in the blocking capabilities of the line trap prior to and after the impulse voltage tests, as well as variations in the oscillographic records, will indicate insulation abnormalities or damage resulting from the tests.

Note.- The chopping gap shown in Figure 6 is included for the chopped impulse tests only.

19.3.2 *Power-frequency voltage test on tuning device (type and routine test)*

For the purpose of this test the tuning device is disconnected from the main coil and a test voltage $U_t = 1.3\ U$ applied to it for 5 s. The voltage U is evaluated in accordance with Clause 10.

19.4 *Short-time current tests (type tests)*

These tests are designed to prove the mechanical and thermal withstand capabilities of the line trap at rated short-time current I_{kN}, recommended values of which are given in Clause 22. For the purposes of the tests, the line trap must be complete, i.e. the tuning and protective devices must be connected across the main coil.

a) Mechanical strength

The mechanical strength of the line trap shall be proved by applying an asymmetrical short-time current, the first peak of which shall be not less than 2.55 times I_{kN}. The asymmetrical short-time current shall have a duration of at least 5 cycles. Other durations are a matter for agreement between manufacturer and purchaser.

b) Thermal behaviour

The thermal behaviour of the line trap shall be proved by applying a short-time current I_{kN} for a duration of 1 s.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Si, du fait du matériel d'essai, il y a une limitation, la tenue aux effets thermiques doit être vérifiée en appliquant un courant I pendant une durée t telle que la valeur I^2t ne soit pas inférieure à $I^2_{kN} \cdot t_N$, t ayant une valeur comprise entre 0,5 s et 2 s et t_N une valeur de 1 s.

L'aptitude du circuit-bouchon à supporter cet essai doit être déterminée par une inspection visuelle et la mesure de la capacité de blocage avant et après les essais. Si cet essai ne peut être réalisé du fait du manque de moyens en puissance du matériel d'essai, la température finale θ_1 doit être calculée comme ci-après. Elle ne doit pas dépasser la température maximale admissible θ_2, comme spécifiée au tableau V.

$$\theta_1 = \theta_0 + aJ^2t \cdot 10^{-3} \ ^\circ C$$

où:

θ_0 = température initiale (°C)

J = densité du courant de court-circuit (A/mm²)

t = durée de l'essai (s)

a = fonction de $\frac{1}{2}(\theta_2 + \theta_0)$ suivant le tableau IV $\left(\frac{^\circ C \cdot mm^4}{A^2 \cdot s}\right)$

où:

θ_2 = température moyenne maximale permise (°C) comme indiqué dans le tableau V.

La température initiale θ_0 est la somme de la température ambiante et de l'échauffement mesuré correspondant par variation de résistance.

Note.- Il est préférable de combiner les essais de tenue aux efforts mécaniques et de tenue aux effets thermiques pour une durée de 1 s.

Tableau IV

Valeurs du facteur a

$\frac{1}{2}(\theta_2 + \theta_0)$ (°C)	a = fonction de $\frac{1}{2}(\theta_2 + \theta_0)$ $\left(\frac{^\circ C \cdot mm^4}{A^2 \cdot s}\right)$	
	Cuivre	Aluminium
140	7,41	16,5
160	7,80	17,4
180	8,20	18,3
200	8,59	19,1
220	8,99	20,0
240	9,38	20,9
260	9,78	21,8

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

If there are limitations in the test equipment, the thermal behaviour shall be proved by applying a current I for a time t such that I^2t is not less than $I^2_{kN} \cdot t_N$, t having a value between 0,5 s and 2 s and t_N a value of 1 s.

The ability of the line trap to withstand this test shall be determined by visual inspection and measurement of the blocking capabilities before and after the tests. If the test cannot be carried out because of insufficient power capacity of the test equipment, the final temperature θ_1 shall be calculated as follows. It shall not exceed the maximum permissible temperature θ_2 as specified in Table V.

$$\theta_1 = \theta_0 + aJ^2t \cdot 10^{-3} \ ^\circ C$$

where:

θ_0 = initial temperature (°C)

J = short-circuit current density (A/mm^2)

t = duration of the test (s)

a = function of $\frac{1}{2}(\theta_2 + \theta_0)$ in accordance with Table IV $\left(\frac{^\circ C \cdot mm^4}{A^2 \cdot s}\right)$

where:

θ_2 is the maximum permissible average temperature in °C as specified in Table V.

The initial temperature θ_0 shall be the sum of the ambient temperature and the relevant temperature rise measured by change in resistance.

Note.- It is preferable to combine the mechanical strength and thermal behaviour tests for a duration of 1 s.

Table IV

Values of factor a

$\frac{1}{2}(\theta_2 + \theta_0)$ (°C)	a = function of $\frac{1}{2}(\theta_2 + \theta_0)$ $\left(\frac{^\circ C \cdot mm^4}{A^2 \cdot s}\right)$	
	Copper	Aluminium
140	7.41	16.5
160	7.80	17.4
180	8.20	18.3
200	8.59	19.1
220	8.99	20.0
240	9.38	20.9
260	9.78	21.8

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Tableau V

Températures moyennes maximales permises pour un circuit-bouchon (°C)

Température suivant la classe d'isolation (°C)	Valeurs de θ_2 cuivre et aluminium (°C)
105 (A)	180
120 (E)	200
130 (B)	250
155 (F)	250
180 (H)	250
220 (C)	300

19.5 *Mesure de l'inductance assignée de la bobine principale (essai de type et essai individuel)*

a) Pour réaliser cette mesure, il est recommandé de monter le circuit-bouchon de façon qu'il y ait au moins une distance égale à son diamètre avec tout matériau, structure ou objet métallique. La proximité de métal, sous quelque forme que ce soit, peut affecter la précision des mesures. Il convient que tous les conducteurs nécessaires aux essais soient aussi courts que possible.

b) Le schéma recommandé pour le matériel d'essai est indiqué à la figure 7.

L_{tN} = inductance assignée de la bobine principale (H)
C_r = capacité propre de la bobine principale (F)
R_x = résistance équivalente de la bobine principale (Ω)
C_B = condensateur variable
G = générateur de signaux à la fréquence des courants porteurs
R_B = résistance variable

C_B et R_B sont ajustés pour une déviation minimale de l'appareil de mesure M pour les fréquences f_1 = 140 kHz et f_2 = 70 kHz. On obtiendra respectivement les valeurs $C_B = C_{B1}$ et C_{B2}.

$$L_{tN} = \frac{1}{4\pi^2 \cdot (C_{B1} - C_{B2})} \quad \frac{1}{f_1^2} - \frac{1}{f_2^2}$$

et $R_B = R_x$.

19.6 *Mesure de l'inductance à la fréquence du réseau de la bobine principale (essai de type et essai individuel)*

La mesure de l'inductance est effectuée par des méthodes tension/courant à la fréquence du réseau ou toute autre fréquence jusqu'à 100 Hz.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Table V

Maximum permissible values of average temperature of the line trap (°C)

Insulation class temperature (°C)	Values of θ_2 copper & aluminium (°C)
105 (A)	180
120 (E)	200
130 (B)	250
155 (F)	250
180 (H)	250
220 (C)	300

19.5 *Measurement of the rated inductance of the main coil (type and routine test)*

a) For purposes of this measurement, it is recommended that the line trap be installed in such a way that there is at least one diameter separation from any metallic structures, objects or materials. The proximity of metal in any form can affect the accuracy of the measurement. All test leads should be kept as short as possible.

b) The recommended arrangement of test equipment is shown in Figure 7.

L_{tN} = rated inductance of the main coil (H)
C_r = self-capacitance of the main coil (F)
R_x = equivalent resistance of the main coil (Ω)
C_B = variable capacitor
G = carrier frequency signal generator
R_B = variable resistor

C_B and R_B are adjusted for minimum reading on meter M at frequencies f_1 = 140 kHz and f_2 = 70 kHz. Values of $C_B = C_{B1}$ and C_{B2} respectively will be obtained.

$$L_{tN} = \frac{1}{4\pi^2 \cdot (C_{B1} - C_{B2})} \quad \frac{1}{f_1^2} - \frac{1}{f_2^2}$$

also $R_B = R_x$.

19.6 *Measurement of power-frequency inductance of the main coil (type and routine test)*

This is carried out by voltage/current methods at power frequency or any frequency up to 100 Hz.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

19.7 *Mesure de la résistance de blocage et de l'impédance de blocage (essai de type et essai individuel)*

La résistance de blocage et l'impédance de blocage d'un circuit-bouchon doivent être déterminées à l'intérieur de la largeur de bande spécifiée (impédance ou composante résistive, suivant le cas) à l'aide d'une méthode de pont comme indiqué à la figure 8. D'autres méthodes éprouvées peuvent également être utilisées.

Note.- Dans le cas de circuits-bouchons à résonance simple, cet essai peut ne pas être effectué sur tous les appareils d'une série, par accord entre constructeur et acheteur. Il est alors suffisant de déterminer l'impédance à la fréquence d'accord et, à cet effet, la méthode de mesure illustrée par la figure 9 est recommandée. Cette méthode ne donne des résultats corrects que lorsque l'impédance de blocage est résistive. A la fréquence d'accord, la tension U_R est minimale. En maintenant constante la tension U et en faisant varier R jusqu'à ce que $U_R = U/2$, l'on obtient une valeur de R qui est égale à la résistance de blocage du circuit-bouchon. Il convient que l'impédance interne du générateur soit faible.

19.8 *Mesure de l'affaiblissement de mise en dérivation et de l'affaiblissement de mise en dérivation fondé sur la résistance de blocage (essai de type et essai individuel)*

Une méthode recommandée pour la mesure de l'affaiblissement de mise en dérivation est indiquée à la figure 10. L'affaiblissement de mise en dérivation est déterminé par les équations suivantes:

Affaiblissement de mise en dérivation (A_t)

$$= 20 \log_{10} \left| \frac{U_1}{U_2} \right| \text{ dB}$$

$$= 20 \log_{10} \left| 1 + \frac{Z_1}{2Z_b} \right| \text{ dB}$$

Affaiblissement fondé sur la résistance de blocage (A_{tR})

$$= 20 \log_{10} \left| \frac{U_1}{U_2} \right| \text{ dB}$$

$$= 20 \log_{10} \left| 1 + \frac{Z_1}{2R_b} \right| \text{ dB}$$

où:

Z_1 = résistance équivalente à l'impédance caractéristique de la ligne

Z_b = impédance de blocage

R_b = résistance de blocage

U_1 = tension entre les bornes 1 et 2 lorsque l'interrupteur S_1 est ouvert

U_2 = tension entre les bornes 1 et 2 lorsque l'interrupteur S_1 est fermé et l'interrupteur S_2 en position 3-4 (lorsque l'on mesure l'affaiblissement de mise en dérivation) ou en position 3-5 (lorsque l'on mesure l'affaiblissement fondé sur la résistance de blocage).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

19.7 *Measurement of blocking resistance and blocking impedance (type and routine test)*

The blocking resistance and blocking impedance of a line trap shall be determined within the specified bandwidth (impedance or resistive components as applicable) by means of the bridge method shown in Figure 8. Equivalent methods of proven accuracy can also be used.

Note.- In the case of line traps utilising simple resonance, it may be a matter for agreement between manufacturer and purchaser not to perform this test on all units of a series. It is then sufficient to determine the impedance at the tuning frequency and, for this purpose, the method of measurement shown in Figure 9 is recommended. This method gives correct results only when the blocking impedance is resistive. At the tuning frequency, the voltage U_R is a minimum. Maintaining voltage U constant and varying R until $U_R = U/2$ will give a value of R which will be equal to the blocking resistance of the line trap. The internal impedance of the generator should be small.

19.8 *Measurement of tapping loss and tapping loss based on the blocking resistance (type and routine test)*

A recommended method of determining the tapping loss is shown in Figure 10. The tapping losses are calculated by the following equations:

$$\text{Tapping loss } (A_t) = 20 \log_{10} \left| \frac{U_1}{U_2} \right| \text{ dB}$$

$$= 20 \log_{10} \left| 1 + \frac{Z_1}{2Z_b} \right| \text{ dB}$$

$$\text{Tapping loss based on the blocking resistance } (A_{tR}) = 20 \log_{10} \left| \frac{U_1}{U_2} \right| \text{ dB}$$

$$= 20 \log_{10} \left| 1 + \frac{Z_1}{2R_b} \right| \text{ dB}$$

where:

Z_1 = resistance equivalent to the characteristic impedance of the line

Z_b = blocking impedance

R_b = blocking resistance

U_1 = voltage at terminals 1 and 2 when switch S_1 is open

U_2 = voltage at terminals 1 and 2 when switch S_1 is closed and switch S_2 is in position 3-4 (when measuring tapping loss) or position 3-5 (when measuring tapping loss based on the blocking resistance).

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Pour la mesure de l'affaiblissement fondé sur la résistance de blocage, la composante réactive de l'impédance du circuit-bouchon doit être compensée par l'ajustage de la capacité C ou de l'inductance L, d'où les positions alternées de l'interrupteur S_2.

Note.- Si la mesure de l'affaiblissement de mise en dérivation est réalisée de cette façon, la mesure de l'impédance de blocage et de la résistance de blocage peut être omise ou vice versa.

SECTION SIX - VALEURS RECOMMANDEES

Les valeurs préférentielles sont soulignées.

20. Inductance assignée de la bobine principale (mH)

0,2 - 0,25 - 0,315 - 0,4 - 0,5 - 1,0 - 2,0

21. Courant assigné de service continu (A)

100 - 200 - 400 - 630 - 800 - 1 000 - 1 250 - 1 600 - 2 000 - 2 500 - 3 150 - 4 000

22. Courant assigné de courte durée (kA valeur efficace)

2,5 - 5 - 10 - 16 - 20 - 25 - 31,5 - 40 - 50 - 63 - 80

23. Coordination entre le courant assigné de service continu et le courant assigné de courte durée

Pour permettre cette coordination, deux séries de circuits-bouchons sont recommandées dans le tableau VI; série 1: applicable aux prescriptions normales (pour toutes les valeurs d'inductance indiquées dans l'article 20), et série 2: applicable aux prescriptions supérieures à la normale.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

When measuring the tapping loss based on the blocking resistance, the reactive component of the impedance of the line trap shall be compensated for by adjusting capacitance C or inductance L, hence the alternative positions for switch S_2.

Note.- If the measurement of the tapping loss is carried out in this manner, measurement of the blocking impedance and blocking resistance can be omitted and vice versa.

SECTION SIX - RECOMMENDED VALUES

Preferred values are underlined.

20. Rated inductance of main coil (mH)

<u>0.2</u> - 0.25 - <u>0.315</u> - 0.4 - <u>0.5</u> - <u>1.0</u> - <u>2.0</u>

21. Rated continuous current (A)

100 - 200 - <u>400</u> - <u>630</u> - <u>800</u> - 1 000 - <u>1 250</u> - 1 600 - <u>2 000</u> - 2 500 - <u>3 150</u> - <u>4 000</u>

22. Rated short-time current (kA r.m.s.)

2.5 - 5 - <u>10</u> - <u>16</u> - <u>20</u> - 25 - <u>31.5</u> - <u>40</u> - <u>50</u> - <u>63</u> - 80

23. Co-ordination of rated continuous current and rated short-time current

To achieve this co-ordination, two series of line traps are recommended in Table VI, Series 1: for normal requirements (for all values of inductance mentioned in Clause 20) and Series 2: for above normal requirements.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Tableau VI

Coordination des courants

Courant assigné de service continu (A)	Courant assigné de courte durée	
	Série 1 (kA)	Série 2 (kA)
100	2,5	5
200	5	10
400	10	16
630	16	20
800	20	25
1 000	25	31,5
1 250	31,5	40
1 600	40	50
2 000	40	50
2 500	40	50
3 150	40	50
4 000	63	80

Note.- Des difficultés peuvent apparaître dans la réalisation des essais sur certains gros circuits-bouchons du fait des limites des installations d'essais.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Table VI

Co-ordination of currents

Rated continuous current (A)	Rated short-time currents	
	Series 1 (kA)	Series 2 (kA)
100	2.5	5
200	5	10
400	10	16
630	16	20
800	20	25
1 000	25	31.5
1 250	31.5	40
1 600	40	50
2 000	40	50
2 500	40	50
3 150	40	50
4 000	63	80

Note.- Difficulties may exist in testing some of the larger line traps due to limitations in test facilities.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

ANNEXE A

Des informations supplémentaires sont données dans cette annexe pour compléter celles qui sont indiquées dans la présente norme et en faciliter l'emploi. Elles n'ont qu'un rôle explicatif et ne doivent pas être considérées comme faisant partie de cette norme.

A1. Définition de l'inductance de la bobine principale

Dans la première édition de la Publication 353 de la CEI (1971), l'inductance de la bobine principale était définie comme l'inductance mesurée à la fréquence du réseau ou à une fréquence quelconque jusqu'à 1 000 Hz. Puisque cette valeur n'a d'importance que pour définir la tension apparaissant aux bornes du circuit-bouchon, pour le courant assigné de courte durée (paragraphe 10.1) et n'a pas de signification pour la détermination des performances du circuit-bouchon aux fréquences des courants porteurs, il a été décidé, pour cette deuxième édition, de définir l'inductance de la bobine principale à 100 kHz et de l'appeler "inductance assignée". Il est important de noter que les valeurs recommandées données dans la section six sont exprimées en valeurs "d'inductance assignée" et non en valeurs "d'inductance à la fréquence du réseau" comme dans la première édition.

A2. Dépendance en fréquence de l'inductance vraie de la bobine principale

L'inductance totale d'un bobinage dans l'air, dont le circuit-bouchon est un exemple particulier, consiste en deux parties:

a) L'inductance externe résultant du flux magnétique qui entoure la bobine et relie les enroulements.

b) L'inductance interne résultant du flux magnétique dans les conducteurs.

Du fait des déplacements de courant (effet de peau et de proximité), l'inductance interne diminue lorsque la fréquence appliquée augmente. Dans le cas des circuits-bouchons, des différences pouvant atteindre jusqu'à 10% sont possibles entre l'inductance à la fréquence du réseau et l'inductance assignée. La dépendance due à la fréquence de l'inductance vraie est montrée à la figure 11, à titre d'exemple.

A3. Relation entre l'inductance assignée, la résistance de blocage et la largeur de bande fondée sur la résistance de blocage

Les exemples suivants montrent les deux formes les plus courantes de dispositifs d'accord, mais il y a de nombreux arrangements des composants du circuit d'accord qui peuvent être utilisés pour des applications particulières.

Le schéma d'un circuit-bouchon à fréquence unique d'accord est donné à la figure 1a et celui pour un circuit-bouchon à accord de bande à la figure 1b. Les caractéristiques de blocage correspondantes et les définitions de largeur de bande sont données dans les figures 2a et 2b. Les formules suivantes, valables pour les deux méthodes d'accord, permettent le calcul théorique de la largeur de bande Δf_{1R} et des fréquences limites f_{1R} et f_{2R}.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

APPENDIX A

Additional information is given in this appendix to amplify the one already given in the standard and to facilitate its use. It is intended to be of an explanatory nature only and is not to be considered part of the specification.

A1. Definition of the inductance of the main coil

In the previous edition of IEC Publication 353 (1971), the inductance of the main coil was defined as the inductance measured at power frequency or any frequency up to 1 000 Hz. Since this value is only of importance in defining the voltage developed across the line trap by the rated short-time current (Sub-clause 10.1) and has no significance in determining the performance of the line trap at carrier frequencies, it was decided in this edition to define the inductance of the main coil in terms of its inductance at 100 kHz and to call it "rated inductance". It is important to note that the recommended values given in Section Six are now in terms or "rated inductance" and not "power-frequency inductance" as in the previous document. The term "power-frequency inductance" refers to the inductance of the main coil measured at power frequency.

A2. Frequency dependence of the true inductance of the main coil

The total inductance of an air coil, of which a line trap is a particular example, consists of two parts:

a) The outer (external) inductance resulting from the magnetic flux which surrounds the coil and links the windings.

b) The internal inductance resulting from the magnetic flux inside the conductors.

Because of current displacement effects (skin and proximity effects), the internal inductance diminishes as the applied frequency increases. In the case of a line trap, differences of up to 10% are possible between the power-frequency inductance and the rated inductance. An example of the frequency dependence of the true inductance is shown in Figure 11.

A3. Relationship between rated inductance, blocking resistance and bandwidth based on blocking resistance

The following examples demonstrate the two most common forms of tuning circuits, but there are many different arrangements of tuning components which can be used for particular applications.

The circuit of a single frequency-tuned line trap is shown in Figure 1a and that for a band-tuned line trap in Figure 1b. The corresponding blocking characteristics and definitions of bandwidth are shown in Figures 2a and 2b. The following formulae, applicable to either of the two tuning methods, enable theoretical calculations of the bandwidth Δf_{1R} and the limit frequencies f_{1R} and f_{2R} to be made.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Il est admis que la fréquence centrale f_{cR}, l'inductance assignée L_{tN} et la résistance de blocage R_b ont déjà été définies, incluant toutes les tolérances.

a) Largeur de bande Δf_{1R} fondée sur la résistance de blocage:

$$\Delta f_{1R} = f_{cR} \cdot 2b = f_{2R} - f_{1R} \text{ (Hz)}$$

b) Limite inférieure de fréquence f_{1R}:

$$f_{1R} = f_{cR} \cdot (\sqrt{1 + b^2} - b) \text{ (Hz)}$$

c) Limite supérieure de fréquence f_{2R}:

$$f_{2R} = f_{cR} \cdot (\sqrt{1 + b^2} + b) \text{ (Hz)}$$

Pour un circuit-bouchon à fréquence unique d'accord:

$$b = \frac{\pi f_{cR} \cdot L_{tN}}{2R_b}$$

Pour un circuit-bouchon à bande accordée:

$$b = \frac{\pi f_{cR} \cdot L_{tN}}{R_b}$$

On peut voir qu'un circuit-bouchon à accord de bande possède une bande d'accord double de celle d'un circuit-bouchon à fréquence unique d'accord.

D'autres arrangements pour des réseaux plus complexes sont possibles, par exemple, des circuits-bouchons à double fréquence d'accord.

A4. Mesure des pertes à la fréquence du réseau

La mesure des pertes totales à la fréquence assignée du réseau requiert une attention spéciale du fait du très faible angle de perte d'un circuit-bouchon. Une méthode appropriée (par exemple wattmètre, pont de mesure, etc.) doit être utilisée par le constructeur.

Les pertes totales peuvent être divisées en pertes dues à la résistance en courant continu de la bobine principale et en pertes dues au courant de Foucault dans les enroulements et dans les parties métalliques du circuit-bouchon. Les structures métalliques situées à proximité peuvent également contribuer à des pertes par courant de Foucault.

Il est recommandé que les pertes soient mesurées, autant que possible, lorsque la température dans les enroulements est voisine de 75 °C, température de référence. Cela peut être réalisé pendant les essais décrits au paragraphe 19.1.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

It is assumed that the centre frequency f_{cR}, the rated inductance L_{tN} and the blocking resistance R_b have already been specified, including any tolerances.

a) Bandwidth Δf_{1R} based on the blocking resistance:

$$\Delta f_{1R} = f_{cR} \cdot 2b = f_{2R} - f_{1R} \text{ (Hz)}$$

b) Lower band limit frequency f_{1R}:

$$f_{1R} = f_{cR} \cdot (\sqrt{1 + b^2} - b) \text{ (Hz)}$$

c) Upper band limit frequency f_{2R}:

$$f_{2R} = f_{cR} \cdot (\sqrt{1 + b^2} + b) \text{ (Hz)}$$

For a single frequency-tuned line trap:

$$b = \frac{\pi f_{cR} \cdot L_{tN}}{2R_b}$$

For a band-tuned line trap:

$$b = \frac{\pi f_{cR} \cdot L_{tN}}{R_b}$$

It will be seen that a band-tuned line trap offers twice the bandwidth of a single frequency-tuned line trap.

Other arrangements of higher order networks are available, for example, for double frequency-tuned line traps.

A4. Measurement of losses at power frequency

The measurement of total losses at rated frequency current requires special care because of the very low loss angle of a line trap. An appropriate method (e.g. wattmeter, bridge, etc.,) shall be adopted by the manufacturer.

The total losses can be divided into those due to the d.c. resistance of the main coil and those due to eddy current losses in the windings and metallic parts of the line trap. Metallic structures in the near vicinity can also contribute to eddy current losses.

It is recommended that the losses should be measured, where possible, when the temperature of the windings is in the region of a reference temperature of 75 °C. This can be done during the test described in Sub-clause 19.1.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Si cela n'est pas possible, les pertes à la température de référence peuvent être déterminées en mesurant les pertes lorsque le circuit-bouchon est froid (température θ °C) et en effectuant les calculs suivants:

$$P_w = I_N^2 \cdot R \cdot K_1 + (P_c - I_N^2 R) \cdot K_2$$

où:

P_w = pertes totales calculées à 75 °C

I_N = courant assigné de service continu à la fréquence du réseau

R = résistance en courant continu à θ °C

K_1 = facteur pour corriger la résistance en courant continu de θ °C à la température de référence

$$= \frac{T + 75}{T + \theta} \quad \text{où} \quad T = \frac{1}{\alpha}$$ (voir tableau III)

P_c = pertes totales mesurées à θ °C (état froid)

K_2 = facteur pour corriger les pertes par courant de Foucault à la température de référence (les valeurs peuvent être obtenues lors d'un essai de type d'un circuit-bouchon de construction similaire)

$$= \frac{P_{wt} - I_N^2 \cdot R_t \cdot K_1}{P_{ct} - I_N^2 \cdot R_t}$$

où:

P_{wt} = pertes totales mesurées à 75 °C

P_{ct} = pertes mesurées à θ °C

R_t = résistance en continu à θ °C

A5. Aptitude au courant de surcharge temporaire

Le courant permanent assigné peut être dépassé, dans des conditions exceptionnelles, selon le tableau AI, sans détérioration ni diminution de la durée de vie du circuit-bouchon, dans l'hypothèse où la surcharge est appliquée après un service normal au courant permanent assigné.

Il convient d'appliquer le tableau AI avec prudence et, s'il est prévu d'appliquer des surcharges fréquentes au circuit-bouchon, il y a lieu de demander conseil au constructeur. Le tableau AII indique les températures absolues maximales pour chaque classe d'isolation.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

If this is not possible, the losses at the reference temperature can be determined by measuring the losses when the line trap is cold (temperature θ °C) and carrying out the following calculations:

$$P_w = I_N^2 \cdot R \cdot K_1 + (P_c - I_N^2 R) \cdot K_2$$

where:

P_w = calculated total losses at 75 °C

I_N = rated continuous power frequency current

R = d.c. resistance at θ °C

K_1 = factor for correcting d.c. resistance at θ °C to reference temperature

$$= \frac{T + 75}{T + \theta} \quad \text{where} \quad T = \frac{1}{\alpha} \quad \text{(see Table III)}$$

P_c = measured total losses at θ °C (cold state)

K_2 = factor for correcting eddy current losses to reference temperature (data obtained from a type tested line trap of similar construction)

$$= \frac{P_{wt} - I_N^2 \cdot R_t \cdot K_1}{P_{ct} - I_N^2 \cdot R_t}$$

where:

P_{wt} = measured total losses at 75 °C

P_{ct} = measured losses at θ °C

R_t = d.c. resistance at θ °C

A5. Emergency overload capability

The rated continuous current can be exceeded in accordance with Table AI without damaging the line trap or shortening its useful life, on the assumption that the overload is applied after normal operation at rated continuous current.

Table AI should be applied with great care and if it is the intention to subject a line trap to frequent overloads, the advice of the manufacturer should be sought. Table AII shows the absolute maximum temperature for each class of insulation.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Tableau AI

Courant de surcharge temporaire
en pourcentage du courant permanent assigné

Température ambiante (°C)	Durée de surcharge		
	15 min	30 min	60 min
+40	140	130	120
+20	145	135	125
0	150	140	130
-20	155	145	135
-40	160	150	140

Tableau AII

Relation entre la classe d'isolation
et la température maximale à laquelle elle peut être soumise

Classe d'isolation et température de référence (°C)	Température absolue maximale (°C)
105 (A)	150
120 (E)	175
130 (B)	185
155 (F)	210
180 (H)	235
220 (C)	260

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Table AI

Emergency overload current as a percentage of rated continuous current

Ambient temperature (°C)	Emergency period		
	15 min	30 min	60 min
+40	140	130	120
+20	145	135	125
0	150	140	130
-20	155	145	135
-40	160	150	140

Table AII

Relationship between insulation class and the maximum temperature to which it can be subjected

Insulation class and reference temperature (°C)	Maximum temperature (°C)
105 (A)	150
120 (E)	175
130 (B)	185
155 (F)	210
180 (H)	235
220 (C)	260

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

ANNEXE B

CIRCUIT-BOUCHONS ASSOCIES A DES STATIONS DE CONVERSION ALTERNATIF/CONTINU

Les informations données dans cette annexe ont pour objectif d'informer plutôt que de spécifier et ne doivent en aucun cas être considérées comme faisant partie de la présente norme, qui est entièrement consacrée aux circuits-bouchons utilisés dans les réseaux à courant alternatif.

Il est évident que, du fait du nombre relativement peu élevé d'informations communément disponible, l'étude des circuits-bouchons pour réseaux continus est beaucoup plus complexe que l'étude des circuits-bouchons pour réseaux alternatifs.

Par conséquent, pour traiter d'une façon adéquate des circuits-bouchons pour réseaux continus, l'étude sur le filtrage dans l'état actuel de la technique, les capacités en régime transitoire, la coordination de l'isolement et les systèmes non linéaires résultant de la production d'harmoniques doivent être pris en compte.

D'autres recherches et un examen attentif des installations existantes sont nécessaires pour formuler des directives d'étude et la spécification des performances conduisant à la préparation d'une publication de la CEI.

B1. Introduction

Le processus de conversion du courant alternatif en courant continu et l'inverse est accompagné de deux effets:

La consommation en énergie réactive égale à plus de la moitié de la puissance réelle convertie et la génération d'harmoniques sur le courant et la tension.

Ces deux phénomènes nécessitent l'addition de filtres sur les deux côtés de la station de conversion pour réduire la pénétration d'harmoniques dans chacun des réseaux. Le schéma d'une station de conversion type est indiqué à la figure 12. Du côté alternatif, l'impédance du réseau vue de la station de conversion n'est pas connue avec précision et les courants harmoniques passant l'impédance du réseau donnent lieu à des tensions harmoniques. Du côté continu, des tensions harmoniques créent des courants harmoniques dont l'amplitude dépend des caractéristiques des équipements de conversion et de l'impédance du réseau à courant continu.

D'une façon générale, un convertisseur se comporte, vu du côté alternatif, comme une source de courants harmoniques (impédance interne élevée) et, vu du côté continu, comme une source de tensions harmoniques (impédance interne faible).

Si la station de conversion est alimentée à partir d'une source triphasée avec des tensions équilibrées et, si les angles de déphasage sont équidistants, les harmoniques caractéristiques sont d'un ordre déterminé par l'indice de pulsation p de la station de conversion,

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

APPENDIX B

LINE TRAPS ASSOCIATED WITH A.C./D.C. CONVERTER STATIONS

The information given in this appendix is intended to inform rather than instruct and is not to be regarded as forming part of this standard which is entirely devoted to line traps used in a.c. power systems.

It is evident from the relatively small amount of information currently available that the design of d.c. line traps is considerably more complex than the design of a.c. line traps.

Consequently, to deal with them adequately, state-of-the-art filter design, transient system behaviour, insulation co-ordination and system non-linearities which result in the production of harmonics, have to be taken into account.

Further research and close monitoring of existing installations are required in order to formulate design guidelines and performance specifications, leading to the preparation of an IEC publication.

B1. Introduction

The process of converting a.c. power to d.c. power and vice versa is accompanied by two effects:

The consumption of reactive power equal to more than half the actual power converted and the generation of harmonics in current and voltage.

These two phenomena require the addition of filtering on both sides of the converter station to reduce the penetration of harmonics into each network. The layout of a typical converter station is shown in Figure 12. On the a.c. side, the impedance of the network, as seen from the converter, is not known accurately and harmonic currents flowing through the network impedance give rise to harmonic voltages. On the d.c. side, voltage harmonics generate current harmonics, the amplitude of which depends on the characteristics of the converter equipment and the impedance of the d.c. network.

In general terms, a converter acts, from the a.c. network viewpoint, as a source of harmonic currents (high internal impedance) and, from the d.c. network viewpoint, as a source of harmonic voltages (low internal impedance).

If the converter is fed from a balanced three-phase source of voltage and if the delay angles are equidistant, the characteristic harmonics are of an order determined by the pulse number p of the converter

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

soit $k \cdot p \pm 1$ du côté alternatif et $k \cdot p$ du côté continu, ou k est un nombre entier. En utilisant des convertisseurs avec un grand indice de pulsation, il est théoriquement possible d'éliminer les harmoniques d'ordre le plus faible et d'amplitude la plus élevée.

B2. Généralités

Les conditions de service et les performances exigées des circuits-bouchons associés avec des stations de conversion alternatif/continu diffèrent sensiblement de celles normalement associées avec les réseaux alternatifs. Les convertisseurs de courant continu à haute tension produisent des harmoniques couvrant une large bande de fréquences allant de la fréquence industrielle à des fréquences de l'ordre du mégahertz ou plus. A l'extrémité inférieure du spectre (fréquence industrielle jusqu'à l'harmonique 50), les signaux émis peuvent provoquer des interférences sur les circuits téléphoniques proches et des mesures doivent être prises à la source pour réduire cette interférence à des niveaux acceptables.

Des interférences peuvent également être produites dans les installations à courant porteur dans la gamme comprise entre 20 kHz et 500 kHz qui peuvent nécessiter un choix judicieux de la fréquence de l'onde porteuse.

Des interférences dans les bandes radio et télévision ne constituent généralement pas un problème, compte tenu du système d'atténuation.

On ne possède pas actuellement une grande expérience d'exploitation et il est toujours possible que des problèmes nouveaux puissent se présenter dans le futur.

B3. Caractéristiques des circuits-bouchons utilisés sur des réseaux à courant continu

Les applications des circuits-bouchons aux réseaux à courant alternatif et la manière dont ils répondent à de telles applications sont pleinement décrites ailleurs dans la présente norme. Cependant, les considérations suivantes doivent également être prises en compte lorsque des circuits-bouchons sont utilisés en courant continu:

a) En raison d'une distribution de courant différente dans la bobine principale, un circuit-bouchon conçu pour être utilisé dans un réseau alternatif peut devoir être déclassé lorsqu'il est utilisé dans un réseau continu. Cela s'applique essentiellement aux bobines multicouches qu'il faut distinguer des bobines monocouches.

b) Les prescriptions pour la tenue thermique et mécanique ne sont pas aussi coûteuses du fait du niveau moins élevé des défauts.

c) La présence d'harmoniques doit être prise en compte dans l'évaluation des échauffements en raison de l'augmentation de l'effet de peau produite par les courants à haute fréquence.

d) L'effet couronne, ainsi que les tensions de perturbation radio peuvent être différents et de nouvelles directives devront être établies.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

being $k \cdot p \pm 1$ on the a.c. side and $k \cdot p$ on the d.c. side, where k is an integer. By using converters with a high pulse number, it is theoretically possible to eliminate the lower order harmonics of higher amplitude.

B2. General

Service conditions and performance requirements of line traps associated with a.c./d.c. converter stations differ significantly from those normally associated with conventional a.c. power systems. HVDC converters produce harmonics covering a wide band of frequencies ranging from power frequency to frequencies of the order of a megahertz or more. At the lower end of the spectrum (power frequency to 50th harmonic), radiated signals can cause interference in adjacent telephone circuits and measures have to be taken at the source to reduce this interference to acceptable levels.

Interference can also be produced in power line carrier installations in the range 20 kHz to 500 kHz which may necessitate a judicious choice of carrier frequencies.

Interference in the radio and television bands is not usually a problem because of system attenuation.

Operating experience is limited at present and it is possible that undetected problems may arise in the future.

B3. Characteristics of line traps used in d.c. power stations

The application of line traps to a.c. power systems and how they respond to such application is fully described elsewhere in this document. However, the following considerations also have to be taken into account when line traps are used in d.c. power systems:

a) Because of a different current distribution within the main coil, a line trap designed for use on an a.c. system may have to be derated when used on a d.c. system. This applies mainly to multi-layer coils as distinct from single layer coils.

b) The thermal and mechanical withstand requirements are not so onerous due to lower fault levels.

c) The presence of harmonics has to be taken into account in evaluating temperature rises because of the exaggerated skin effects produced by high frequency currents.

d) Corona and RIV will be different and new guidelines have to be established.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

B4. Utilisation des circuits-bouchons dans les stations de conversion alternatif/continu

Des circuits-bouchons utilisés en liaison avec une station de conversion peuvent être installés du côté alternatif ou du côté continu de la station ou encore des deux côtés. Ils peuvent être utilisés à des fins de blocage ou en tant que composants de filtres d'interférence radio (RI) pour supprimer le bruit à haute fréquence produit par les convertisseurs. Dans cette dernière application, ils peuvent également être spécifiés pour répondre à la double fonction de supprimer les interférences et, en relation avec la capacité shunt d'une configuration en π, de réaliser un moyen d'injection et de réception des signaux à la fréquence des courants porteurs dans le réseau associé.

B5. Filtre utilisé pour les interférences radio

La configuration type d'un filtre d'interférence radio est celle d'un réseau en π avec un circuit-bouchon jouant le rôle d'un bras série avec des capacités de chaque côté formant les jambes du π. Pour obtenir une efficacité maximale, il est d'usage de raccorder le filtre aussi près que possible du convertisseur.

Bien que le circuit-bouchon ne puisse être considéré comme réalisant une isolation dans cette situation, ses exigences sont probablement plus rigoureuses que dans des applications conventionnelles. Il peut, par exemple, devoir présenter une composante résistive élevée sur une largeur de bande de 1 MHz ou plus qui, en retour, nécessitera une inductance assignée plus grande que la normale et des valeurs plus importantes de capacité et de résistance du dispositif d'accord. Il est souhaitable, dans ces conditions, que la combinaison d'un circuit-bouchon et des capacités associées utilisées à cet effet impose des demandes spéciales concernant les performances des circuits à courant porteur du circuit-bouchon.

B6. Coordination de l'isolement

Côté alternatif:

La coordination de l'isolement d'un circuit-bouchon conventionnel utilisé dans un réseau alternatif est décrite ailleurs dans cette norme. Le courant de courte durée peut être de l'ordre de 30 fois le courant alternatif assigné en service continu. Les niveaux des dispositifs de protection sont calculés pour être en accord avec la chute de tension maximale aux bornes de la bobine principale.

Toutefois, là où il y a possibilité de résonances se produisant, en cas d'utilisation, comme faisant partie d'un filtrage des interférences radio, du fait de la présence de courants à haute fréquence, il est nécessaire que de telles résonances et/ou de tels courants soient pris en compte pour la coordination de l'isolement.

Côté continu:

Les conditions de service sont, dans ce cas, très différentes de celles rencontrées du côté alternatif. Par exemple, le courant de courte durée est de l'ordre de deux à cinq fois le courant permanent assigné.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

B4. Use of line traps in a.c./d.c. converter stations

Line traps used in conjunction with a converter station may be installed on either the a.c. or d.c. side of the station or both. They may be used for blocking purposes or as part of radio interference (RI) filters to suppress the high frequency noise generated by the converters. In this latter capacity, they may also be required to perform the dual function of suppressing interference and, in conjunction with shunt capacitors in a π-configuration, of providing a means of injecting and receiving carrier frequency signals into and from the associated power system.

B5. RI filter application

The configuration of a typical RI filter is that of a π-network with a line trap forming the series arm with capacitors on each side acting as the legs of the π. To achieve maximum effect, it is usual for the filter to be connected as near the converter as possible.

Since the line trap cannot be considered in isolation in such a situation, its requirements are likely to be more stringent than in conventional applications. It may, for example, have to exhibit a high resistive component over a bandwidth of a megahertz or more which, in turn, would necessitate a higher rated inductance than usual and large values of capacitance and resistance in the tuning device. It is likely therefore that the combination of the line trap and associated capacitors used in this way will impose special demands on the carrier-frequency performance of the line trap.

B6. Insulation co-ordination

A.C. side:

The insulation co-ordination of a conventional line trap as used in a.c. systems is described elsewhere in this document. The short-time current can be of the order of 30 times the rated continuous a.c. current. The ratings of the protective device are calculated accordingly in relation to the maximum voltage drop across the main coil.

However, where there is a possibility of resonances occurring when used as part of an RI filter because of the presence of high frequency currents, it is necessary for such resonances and/or currents to be taken into account for insulation co-ordination purposes.

D.C. side:

Service conditions here are considerably different from those which apply on the a.c. side. For example, the short-time current is in the order of 2 to 5 times the continuous rated current.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

Cela a, par conséquent, un effet sur les exigences thermiques et mécaniques du circuit-bouchon. De même, la présence d'harmoniques doit être prise en compte en calculant la chute de tension pouvant se produire aux bornes du circuit-bouchon dans de telles conditions.

En général, la chute de tension résistive apparaissant pendant les conditions du courant de courte durée ne représente pas des conditions de fonctionnement critiques. La chute de tension maximale est déterminée principalement par la variation Q du courant avec le temps, c'est-à-dire di/dt qui, en retour, dépend de la présence de bobines d'inductance de lissage d'amortissement et des paramètres du système incluant la station de conversion elle-même. Pour assurer une coordination de l'isolement appropriée, une approche systématique de la variation du courant di/dt est nécessaire.

Une telle approche nécessite une analyse de la tenue en transitoire et une connaissance des surtensions qui peuvent éventuellement se produire de façon que la surtension maximale aux bornes du circuit-bouchon et le niveau des dispositifs de protection ainsi que celui du dispositif d'accord soient déterminés.

B7. Courants harmoniques

Bien que les harmoniques de courant (impairs du côté alternatif et pairs du côté continu) soient atténués d'une façon significative par des filtres spécialement conçus, leur effet peut rester évident dans le cas des filtres d'interférence radio décrits précédemment.

Pour cette raison, il est nécessaire de s'assurer qu'une analyse prudente de la présence possible d'harmoniques est réalisée lorsqu'un circuit-bouchon est utilisé de cette façon.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

This obviously has an effect on the thermal and mechanical requirements of the line trap. Also, the presence of harmonics has to be taken into account in calculating the voltage drop which occurs across the line trap under such conditions.

Generally speaking, the resistive voltage drop during short-time current conditions does not represent a critical operating condition. The maximum voltage drop is determined mainly by the rate of change of current with the time, i.e. di/dt, which, in turn, is dependent on the presence of smoothing reactors and on system parameters, including those of the converter station itself. To ensure proper insulation co-ordination, a "system-determined" di/dt approach is necessary.

Such an approach requires an analysis of transient behaviour and a knowledge of the overvoltages which are likely to occur in order for the maximum overvoltage across the line trap terminals and the rating of the protective device and hence that of the tuning device, to be determined.

B7. Current harmonics

While current harmonics (odd on the a.c. side and even on the d.c. side) are usually significantly attenuated by specially designed filters, their effects may still be evident in the type of RI filter previously described.

For this reason, it is necessary to ensure that a careful analysis is made of the potential presence of harmonics when a line trap is to be used in this manner.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS Not for Resale

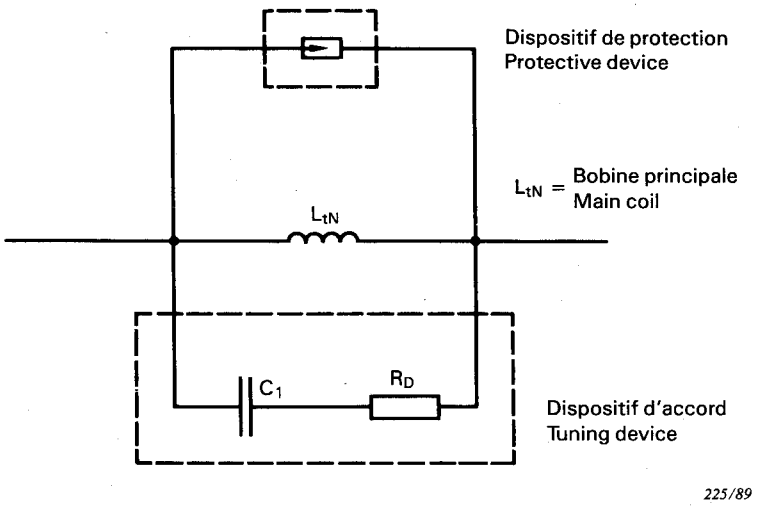


Fig. 1a. - Schéma d'un circuit-bouchon à fréquence unique d'accord.
Circuit diagram of a single frequency-tuned line trap.

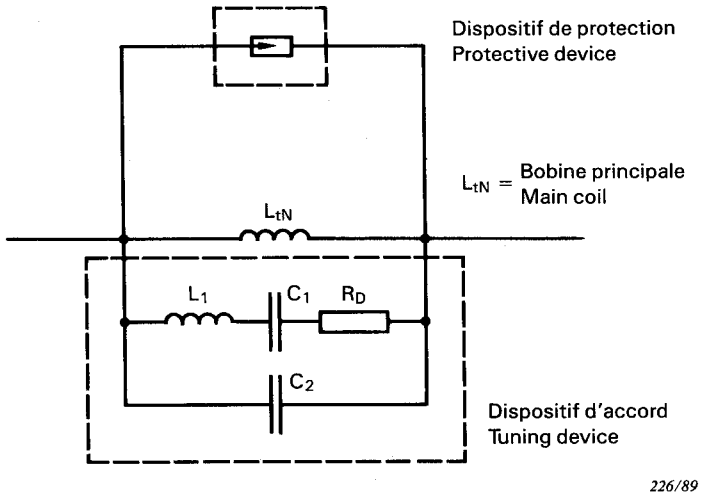


Fig. 1b. - Schéma d'un circuit-bouchon à bande accordée.
Circuit diagram of a band-tuned line trap.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

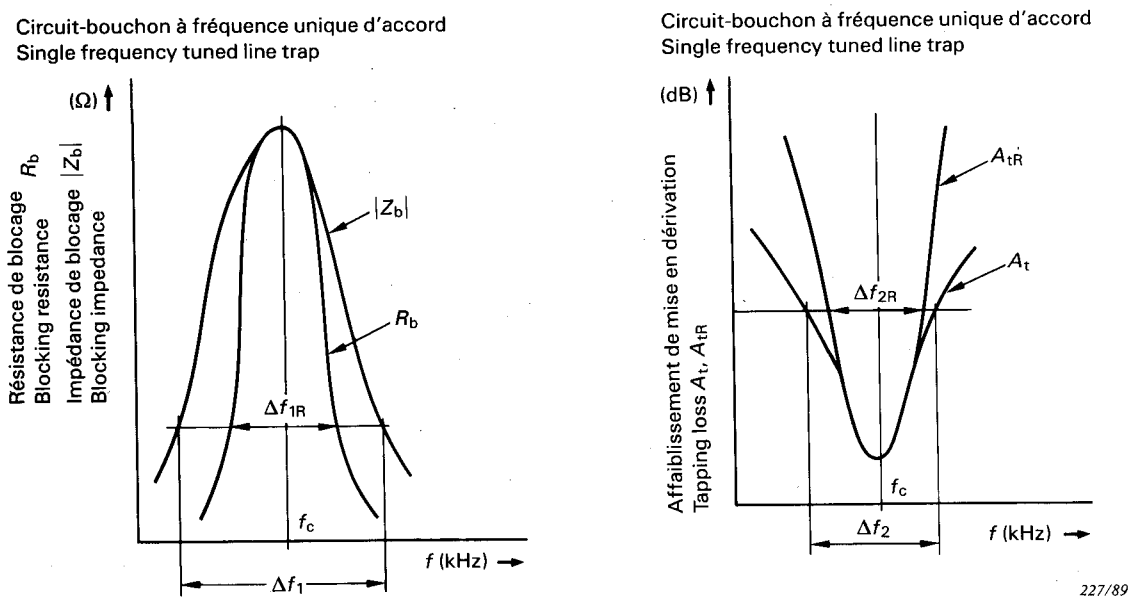


Fig. 2a. - Définition de la largeur de bande d'un circuit-bouchon à fréquence unique d'accord.

Definition of the bandwidth of a single frequency-tuned line trap.

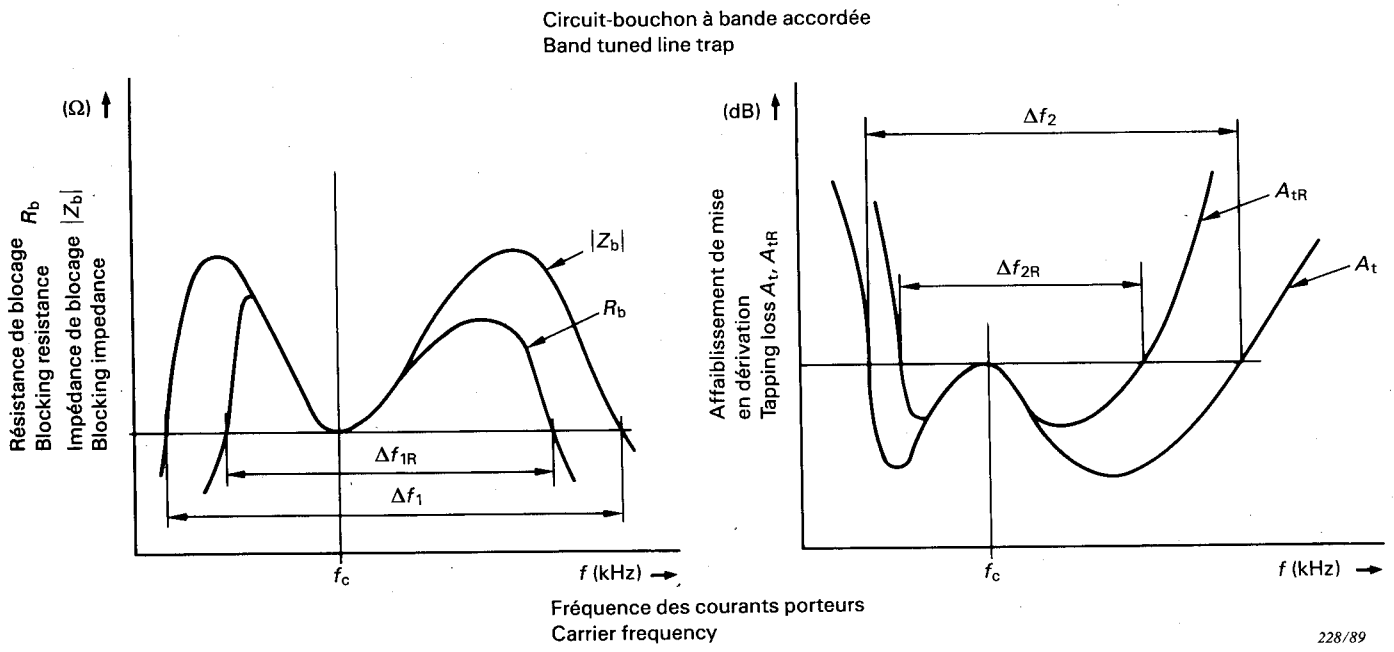


Fig. 2b. - Définition de la largeur de bande d'un circuit-bouchon à bande accordée.

Definition of the bandwidth of a band-tuned line trap.

Note.- $\Delta f_{1R} = \Delta f_{2R}$ mais but $\Delta f_1 \neq \Delta f_2$.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

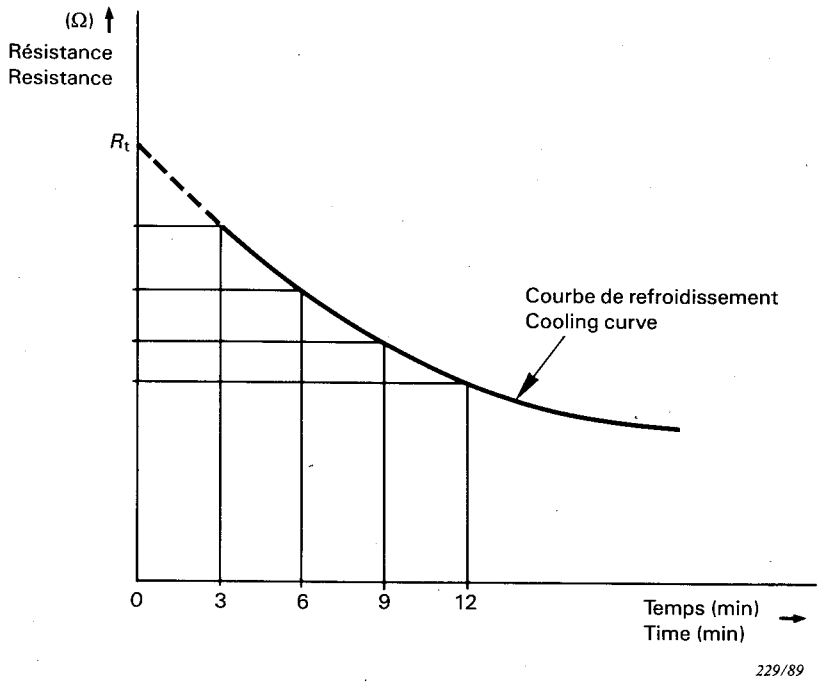


Fig. 3. - Méthode de détermination de la résistance de la bobine principale, à l'issue de l'essai d'échauffement.

Method for determining the resistance of the main coil, at completion of temperature rise test.

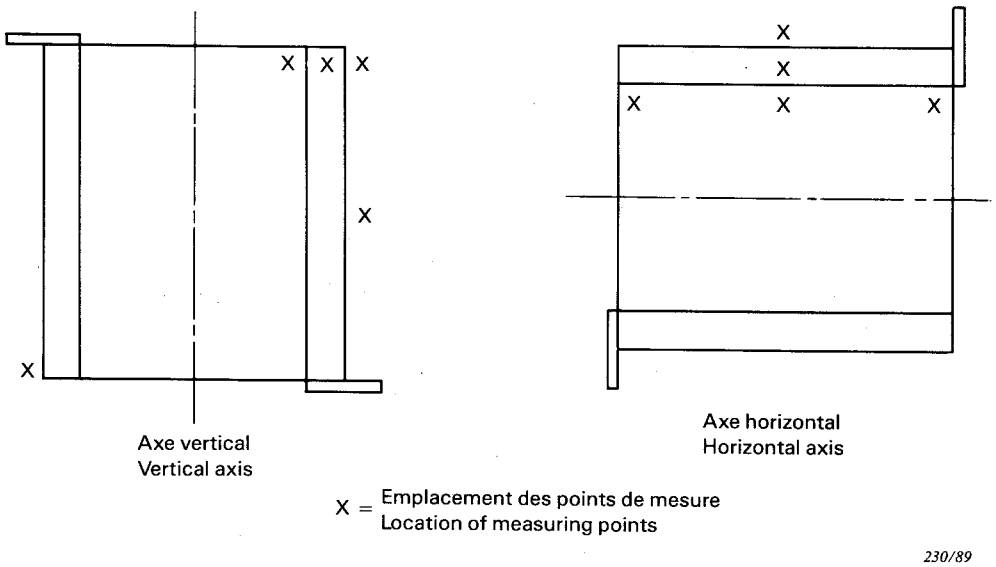
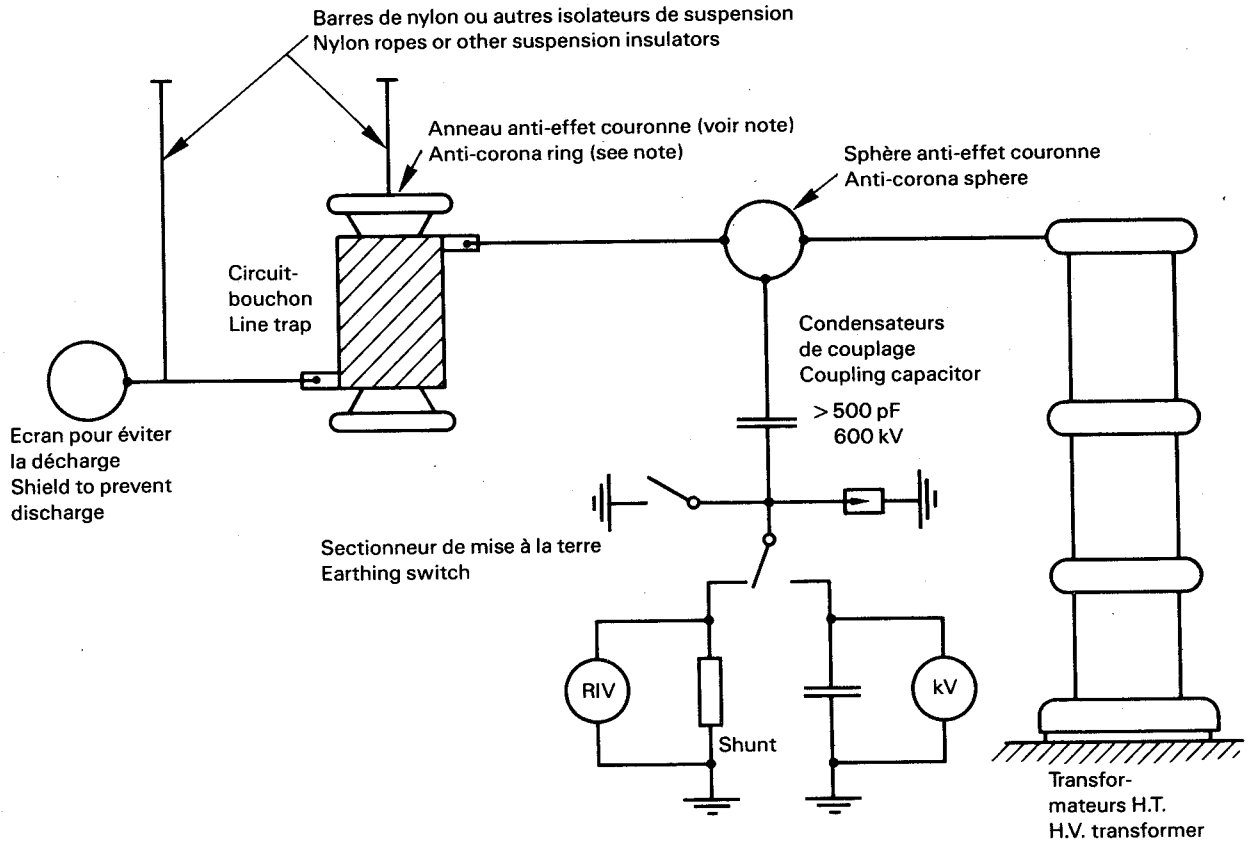


Fig. 4. - Emplacement des points de mesure dans la bobine principale pour déterminer l'échauffement du point chaud.

Location of measuring points in main coil to determine the temperature at the hot spot.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale



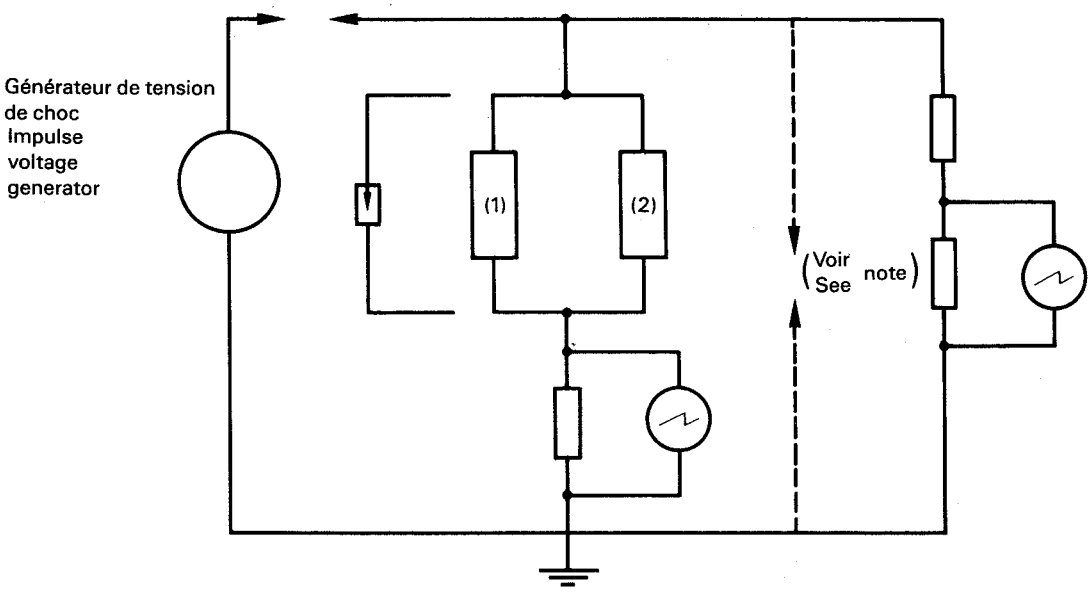
Note.- Les anneaux anti-effet couronne ne sont utilisés que s'ils sont exigés en service.

Anti-corona rings are only to be used if they are required in service.

Fig. 5. - Schéma de montage pour la détermination de la tension de perturbation radio d'un circuit-bouchon.

Method of installation for determining the radio influence voltage RIV of a line trap.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale



Note.- L'éclateur est mis en place uniquement pour les essais en ondes de choc coupées.

The chopping gap is included for the chopped impulse test only.

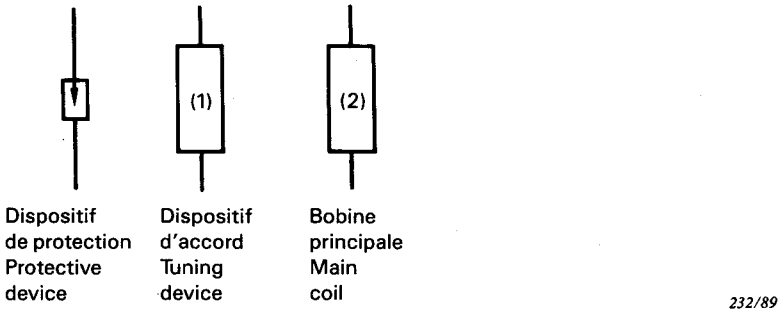


Fig. 6. - Circuit de mesure pour l'essai à la tension de choc.
Measuring circuit for the impulse voltage test.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

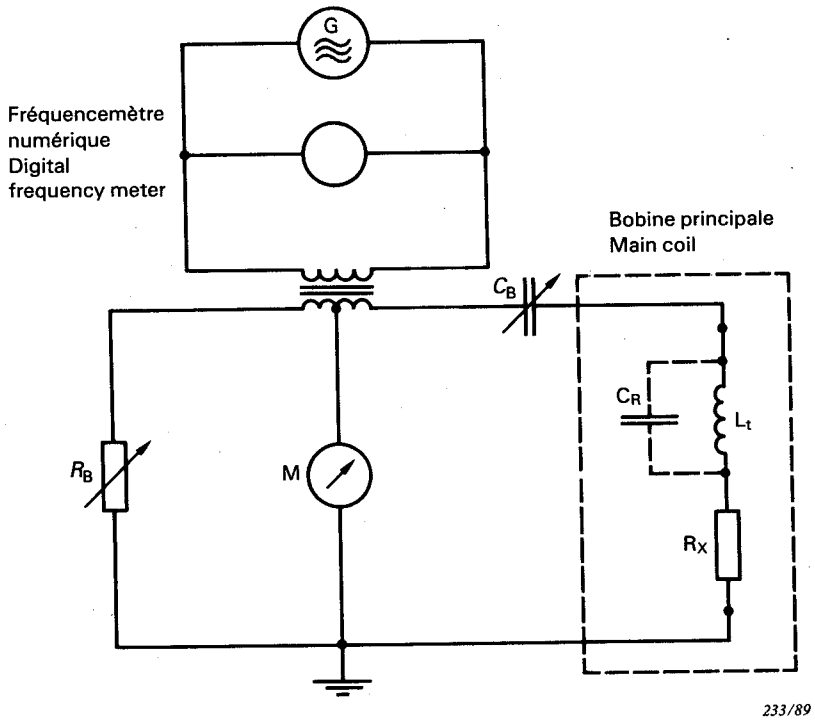


Fig. 7. - Circuit de mesure pour la détermination de l'inductance vraie de la bobine principale.

Measuring circuit for the determination of the true inductance of the main coil.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

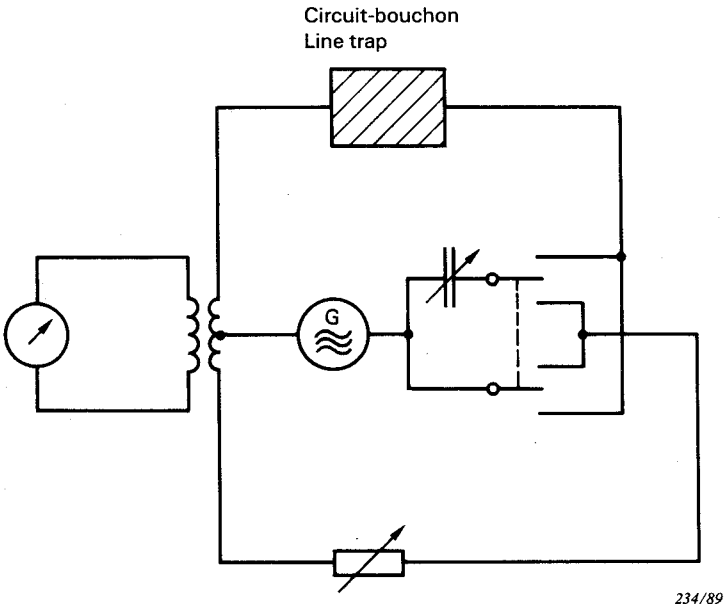


Fig. 8. - Circuit de mesure pour la détermination de l'impédance de blocage.

Measuring circuit for the determination of the blocking impedance.

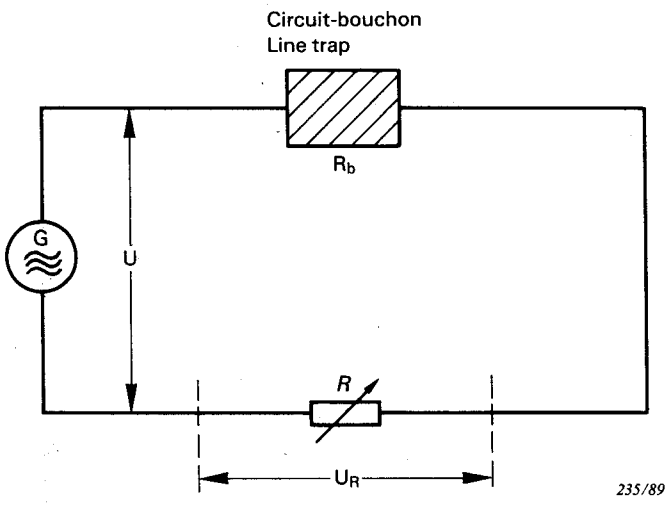


Fig. 9. - Circuit de mesure pour la détermination de la résistance de blocage à fréquence d'accord pour les circuits-bouchons à simple résonance.

Measuring circuit for the determination of the blocking resistance at the tuning frequency in the case of line traps utilising simple resonance.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

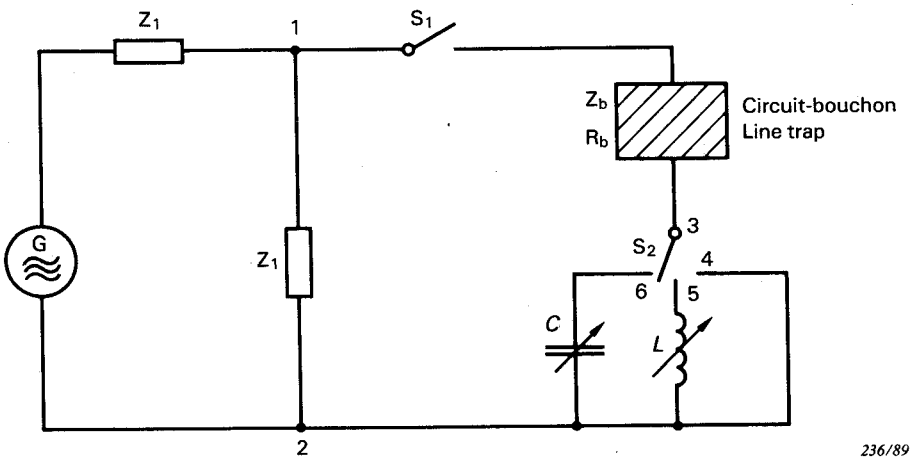
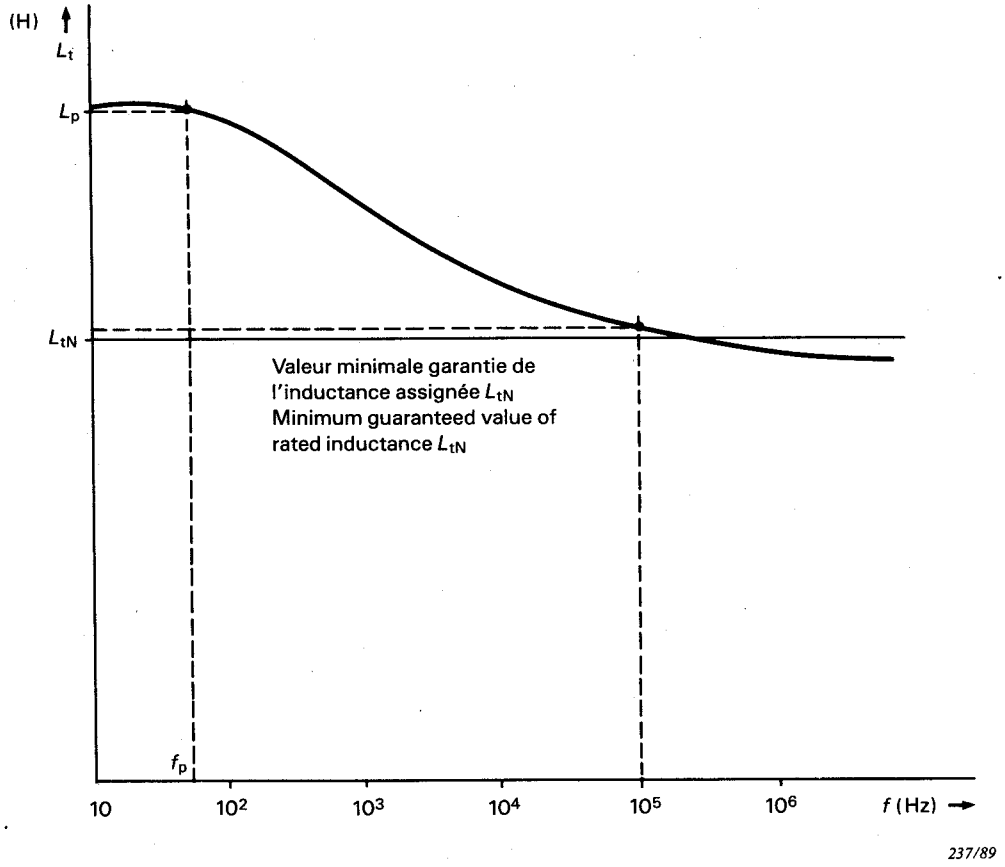


Fig. 10. - Circuit de mesure pour la détermination de l'affaiblissement de mise en dérivation.

Measuring circuit for the determination of tapping loss.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale



L_t = Inductance vraie
True inductance

L_p = Inductance à la fréquence du réseau
Power frequency inductance

L_{tN} = Inductance assignée
Rated inductance

f_p = Fréquence du réseau
Power frequency

Note.- La différence entre l'inductance à la fréquence du réseau et l'inductance assignée dépend du type de bobine principale. Il n'y a pas de tolérance spécifiée pour l'inductance à la fréquence du réseau.

The difference between power frequency inductance and rated inductance depends on the design of the main coil. No tolerance is specified for power frequency inductance.

Fig. 11. - Dépendance en fréquence de l'inductance vraie de la bobine principale.

Frequency dependence of the true inductance of the main coil.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale

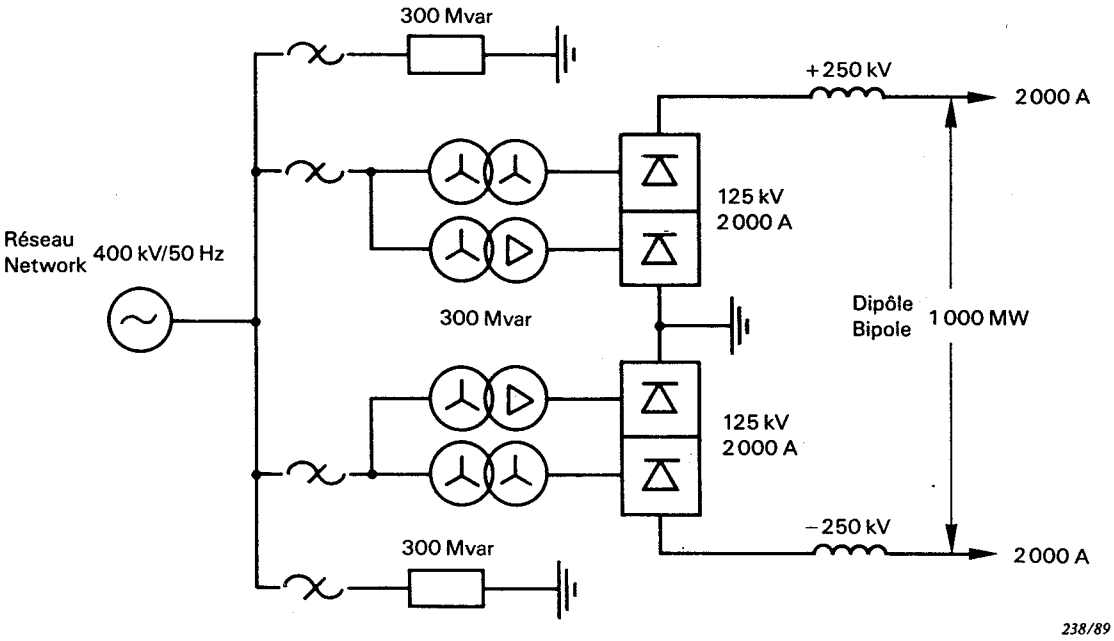


Fig. 12. - Station de conversion type.
Typical converter station.

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS
Not for Resale

ICS 29.240.20

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND

Copyright International Electrotechnical Commission
Provided by IHS under license with IEC
No reproduction or networking permitted without license from IHS

Not for Resale