

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

## 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.

## 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.

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  $\mu$ s.

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.

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  $\mu$ s.

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.

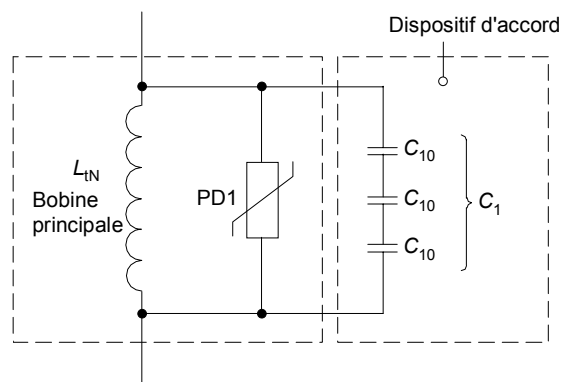
This annex refers in total to four tuning circuits which are predominantly in use.

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.

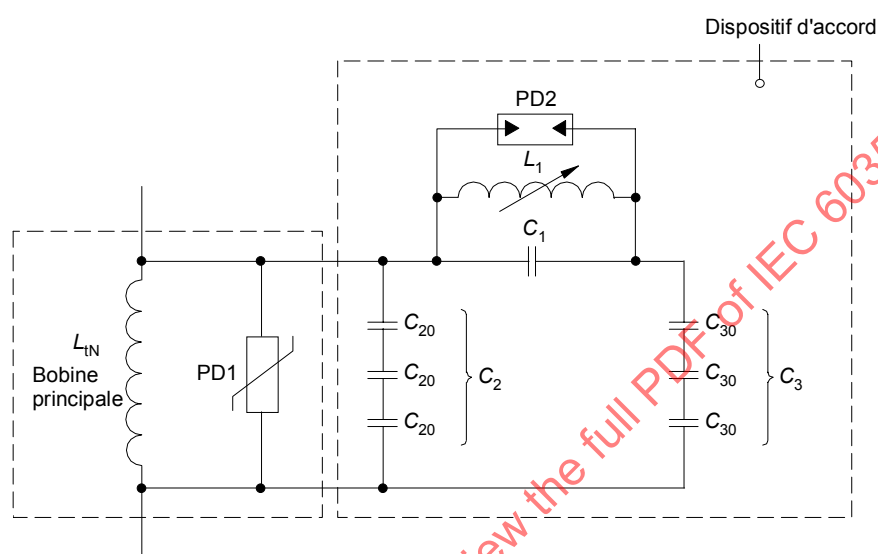


IEC 1083/02

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

$n_1$  = nombre d'éléments capacitifs en série

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



IEC 1084/02

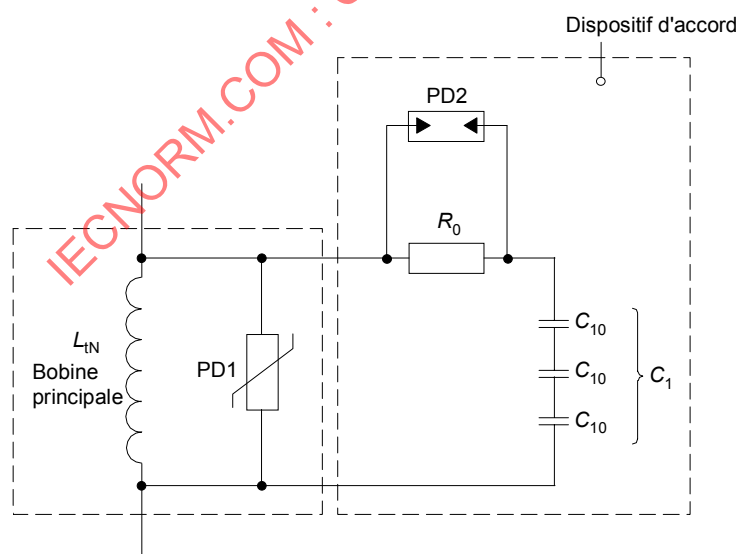
$$C_1 = \frac{C_{10}}{n_1}$$

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

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

$n$  = nombre d'éléments capacitifs en série

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

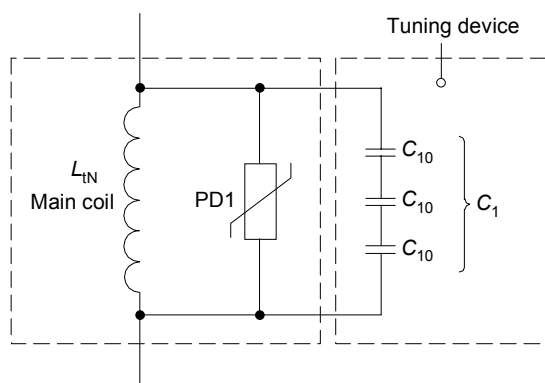


IEC 1085/02

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

$n$  = nombre d'éléments capacitifs en série

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

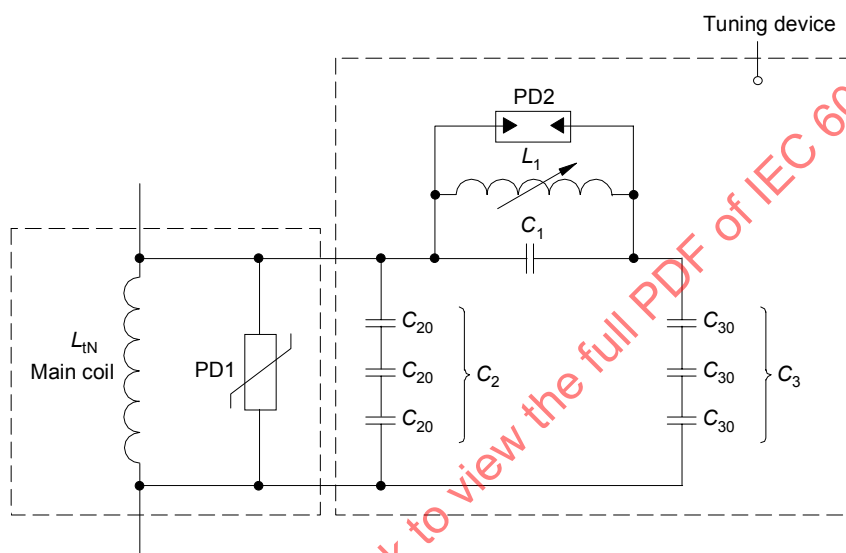


$$C_1 = \frac{C_{10}}{n_1}$$

$n_1$  = number of capacitor elements in series

IEC 1083/02

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



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

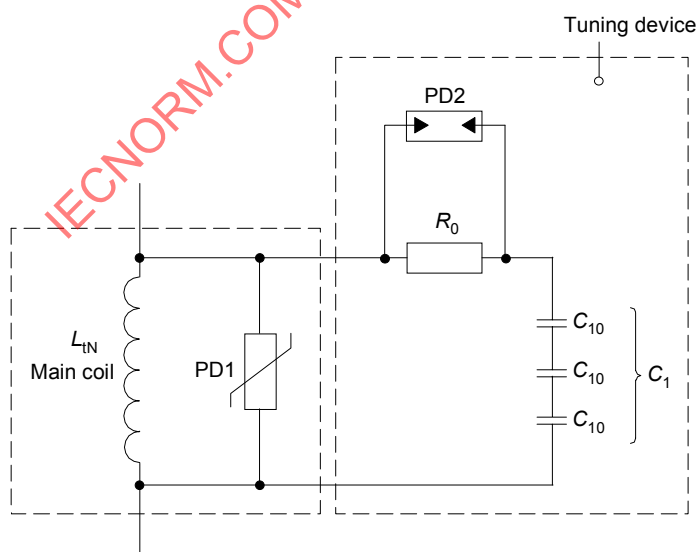
$$C_2 = \frac{C_{20}}{n_2}$$

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

$n$  = number of capacitor elements in series

IEC 1084/02

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

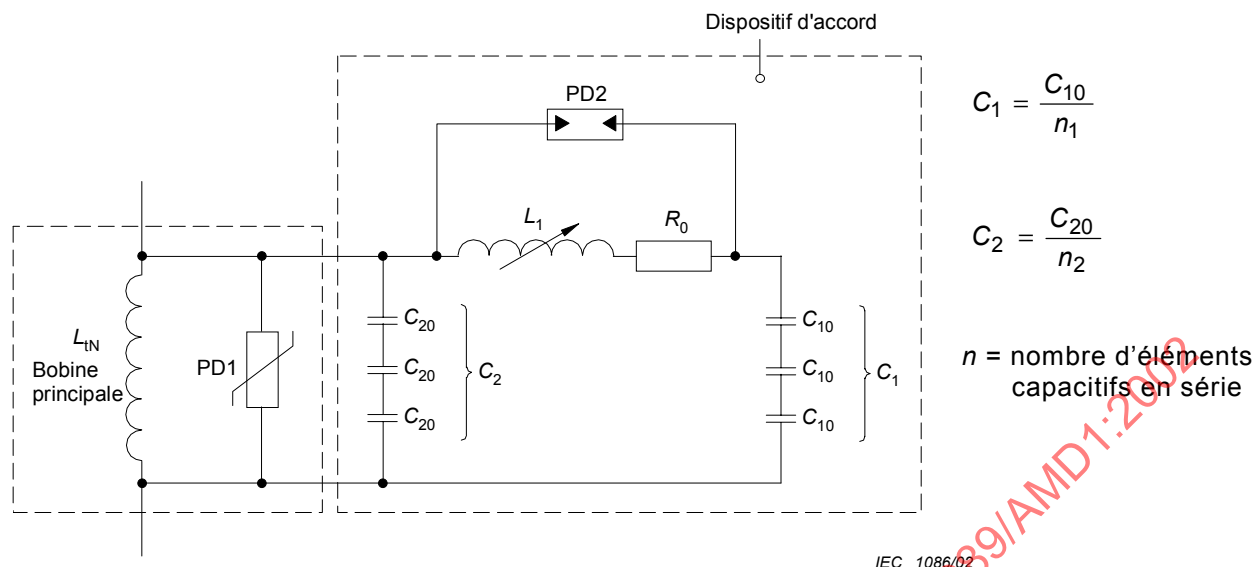


$$C_1 = \frac{C_{10}}{n_1}$$

$n$  = number of capacitor elements in series

IEC 1085/02

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



**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

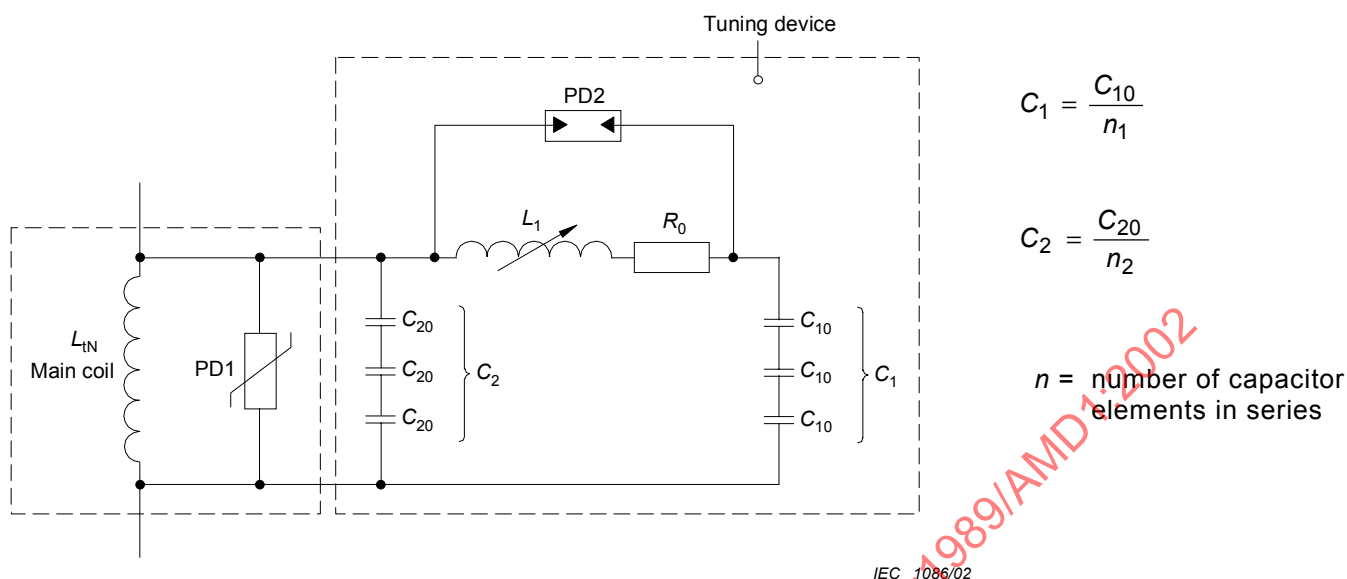
#### **tension de rupture $U_{P2}$**

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



**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  $\mu$ s 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

### 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.

**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.

### 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  $\pm$  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  $\delta$  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.

### 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)  $Sf_3 : U_{BIL} \geq Sf_3 \cdot U_{p1}$   $\pm$  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  $\delta$  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.

## 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  $\frac{\Delta U_{bi}}{\Delta t} \geq 40 \frac{kV}{\mu s} = 40 \frac{V}{ns}$ .
- 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.

## 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.

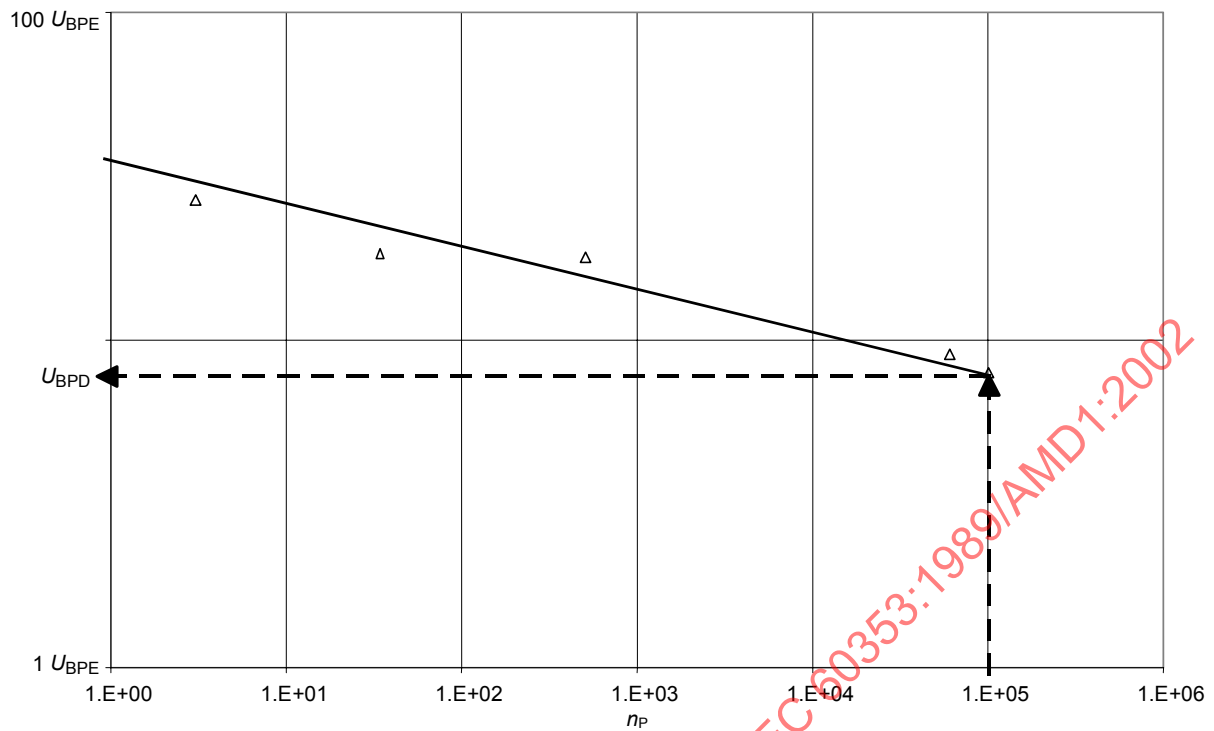
Requirements for bipolar pulses:

- 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.



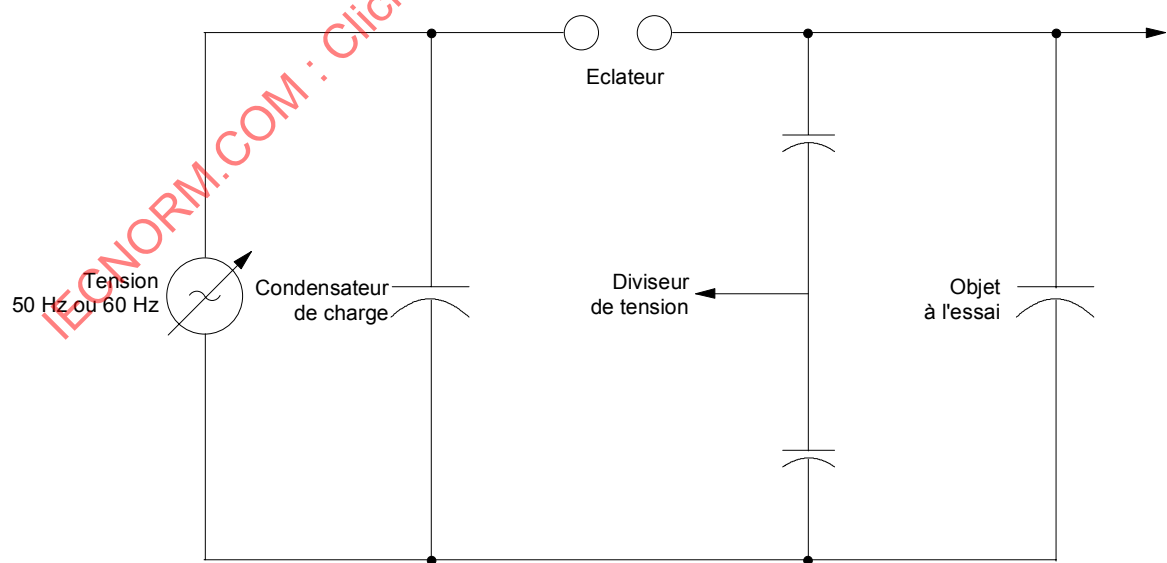
**Légende**

- $U_{BPD}$  tension de tenue bipolaire (valeur de crête) d'un élément capacitif à utiliser pour la conception des groupes de condensateurs
- $\Delta$  durée de vie à différents niveaux de tension de tenue

IEC 1087/02

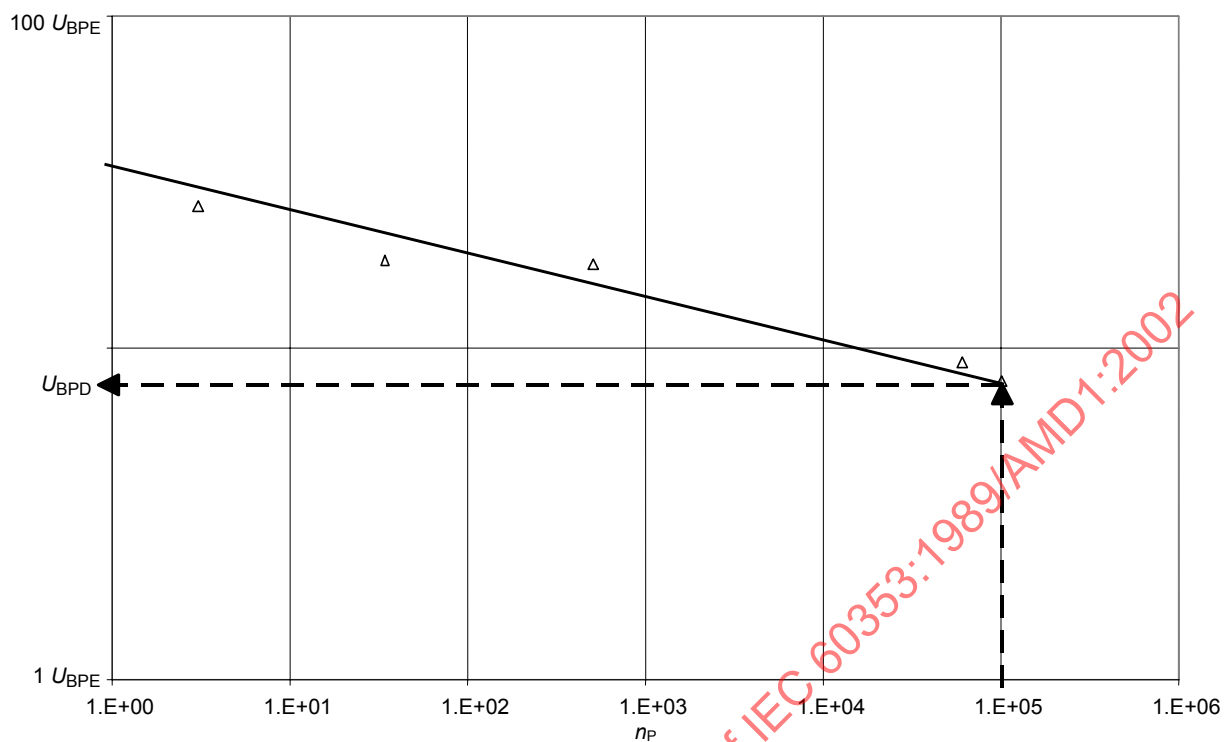
**Figure C.5 – Tension de tenue bipolaire  $U_{BPE}$  d'un élément capacitif en fonction du nombre d'impulsions  $n_p$**

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.



IEC 1088/02

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



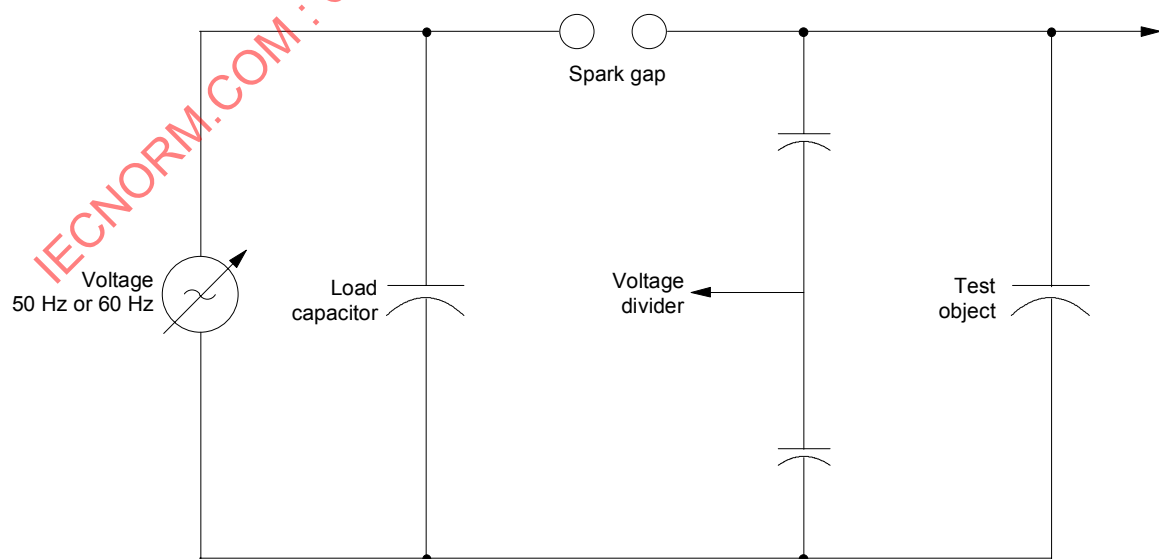
IEC 1087/02

**Key**

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



IEC 1088/02

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