

## 4. Perturbații conduse prin rețeaua industrială de curent alternativ

Cea mai însemnată parte din perturbațiile electromagnetice care se manifestă în mediul industrial este produsă de regimurile tranzitorii ale echipamentelor și instalațiilor electrice de acționare precum și de variațiile amplitudinii și frecvenței tensiunii de alimentare peste limitele admise, perturbații care se propagă prin conducție (rețeaua de alimentare).

**Cauzele** principale ale unor astfel de perturbații sunt în general următoarele: (SOT89)

- comutările instalațiilor de forță
- reconfigurările din mers ale unor subsisteme energetice
- schimbarea în regim de lucru a prizelor transformatoarelor
- funcționarea cu șocuri de sarcină a motoarelor electrice de acționare de putere medie și mare
- șocurile de curent specifice arcurilor electrice (instalații de sudură, cuptoare cu arc electric, etc.)
- comutările on- off ale sarcinilor inductive și capacitive importante (cum sunt de exemplu instalațiile mixte de filtrare- compensare)
- scurtcircuiturile accidentale
- supratensiuni datorate descărcărilor electrice atmosferice
- variațiile rapide ale amplitudinii și frecvenței tensiunii de alimentare peste limitele admise de constructorii echipamentelor de calcul ca urmare a supraîncărcării rețelei, comutării instalațiilor energetice, scurtcircuitate, etc.

În rețea impulsurile ating în mod curent amplitudini de 2500V, și maxim 20000V. Se apreciază (SAN85) că 90% din perturbările în funcționarea calculatoarelor se datorează evenimentelor din rețea. Această constatare justifică tratarea separată a perturbațiilor conduse prin rețea.

Perturbațiile conduse prin rețeaua de alimentare pot fi clasificate în mai multe feluri. O clasificare ar putea fi următoarea (EVE80):

- a. fluctuații rapide de amplitudine a tensiunii (vârfuri de tensiune suprapuse);
- b. fluctuații lente de amplitudine a tensiunii;
- c. microdefecte în forma tensiunii și căderi de tensiune cu revenire;
- d. distorsiuni armonice;
- e. variații de frecvență ale tensiunii;
- f. parazitarea nulului și împământării.

O altă clasificare (SAN90):

- a. dispariții complete ale tensiunii pe una sau mai multe semialternanțe;
- b. depresiuni sau supracreșteri ale nivelului tensiunii de rețea în cadrul semialternanței;
- c. fluctuații și efecte de tip flicker (pâlpâiri pe frecvențe joase);
- d. impulsuri transiente singulare;
- e. impulsuri parazite oscilante;
- f. salve de impulsuri parazite;
- g. modificări ale frecvenței și fazei;
- h. armonici superioare;
- i. nesimetrii ale tensiunii;
- j. componente de curent continuu.

Repartiția procentuală a evenimentelor din rețea este:

- oscilații, tranziții căzătoare (15% din nivel)- 49%;
- vârfuri de tensiune (25% din nivel)- 39,5%;
- fluctuații de tensiune (10% din nivel)- 11%;
- pierderea pasageră a întregii tensiuni- 0,5%.

Se consideră că una dintre cele mai frecvente situații perturbatoare este generată de disparițiile tranzitorii sau de atenuările pasagere drastice ale tensiunii de rețea (ex. urmare a intrării în acțiune a sarcinilor grele sau a scurtcircuitelor). În (SAN90) se citează date statistice cu factorii care perturbă și procentul de afectare a funcționării:

- 25% perturbații de frecvență mare, inclusiv componente spectrale ale impulsurilor;
- 5% impulsuri transiente;
- 55% scăderea nivelului tensiunii de alimentare mai mult de 10%;
- 15% dispariții pasagere ale tensiunii de alimentare.

Se poate estima că scăderea nivelului tensiunii de alimentare și disparițiile pasagere scot un calculator din funcțiune în medie de circa 62 de ori pe an (SAN90). Efectele produse de perturbații asupra calculatoarelor:

- impulsuri tranzitorii- defectări, pierderi de informații, erori, ieșiri în HALT, intrări în bucle infinite;
- variații ale tensiunii de rețea- erori, pierderi de informații, ieșiri în HALT;
- dispariții pasagere ale tensiunii- executare RESET, ieșirea din funcționare, pierderi de informații, erori;
- variații de frecvență- erori în periferice, funcționarea incorectă a display-urilor, sincronizări defectuoase (pe măsura modernizării echipamentelor, aceste evenimente au o importanță din ce în ce mai redusă).

### **Tipuri de perturbații în rețea (SOT89), (EVE80)**

Pe plan internațional aceste perturbații sunt normate de standardul CENELEC EN50006, care prevede atât variația maximă a amplitudinii cât și frecvența fluctuațiilor din rețea, precum și componența în armonici admisă pentru tensiunea rețelei.

Fluctuațiile rapide de amplitudine se împart în:

- vârfuri de tensiune suprapuse peste tensiunea rețelei- care au efectul cel mai puternic când sunt centrate pe vârful sinusoidei;
- scăderea amplitudinii unei semialternanțe, cea pozitivă sau cea negativă;
- scăderea simetrică a ambelor semialternanțe.

De regulă, variațiile lente ale amplitudinii datorate diferențelor de consum în timp sunt mai puțin perturbante decât variațiile rapide. Cu toate acestea fluctuațiile lente pot deveni perturbante dacă se depășește limita garantată de fabricantul de echipament de calcul pentru amplitudinea tensiunii rețelei.

Căderile bruște de tensiune cu revenire (voltage dips) sunt căderi la zero pentru un anumit interval de timp a tensiunii rețelei, cu o anumită periodicitate. Durata acestor căderi de tensiune este mai mare decât o semialternanță. În general aceste defecte se datorează instalațiilor electrice de construcție asimetrică, precum și scurtcircuitelor în rețea.

Microdefectele (microîntreruperile) sunt întreruperi ale tensiunii pe intervale mai mici decât o semiperioadă, fiind datorate în general comutărilor, atât la generarea tensiunii cât și la consumatorii cu mutatoare. Microdefectele și căderile de tensiune pot fi considerate din punctul de vedere al analizei lor ca un caz particular al fluctuației de amplitudine între valoarea nominală și zero.

Distorsiunile armonice sunt cauzate de circuite în comutație cu tiristoare și triaci, și de punți redresoare. Conținutul în armonici depinde de puterea comutată, de unghiul de comandă și de modul

simetric sau asimetric de comandă (triac sau tiristor). Standardele dau o listă cu conținutul de armonici permis.

De exemplu, în tabelul 4.1 este dat conținutul permis de armonici:

Tabelul 4.1

| EN50006      |   | CEI 1000-2-2 |                 |   |
|--------------|---|--------------|-----------------|---|
| Nr. armonică | Conținut permis                             | Nr. armonică | Conținut permis | Contribuția maximă a unei singure surse |
| 2            | 0.20%(control simetric)<br>0.30%(asimetric) | 2            | 2%              | 0.3%                                    |
| 3            | 0.85%                                       | 3            | 5%              | 0.85%                                   |
| 4            | 0.20%                                       | 5            | 6%              | 0.65%                                   |
| 5            | 0.65%                                       | 7            | 5%              | 0.6%                                    |
| 6            | 0.20%                                       | 9            | 1.5%            | 0.4%                                    |
| 7            | 0.60%                                       | 11           | 3%              | 0.4%                                    |
| 8            | 0.20%                                       | 13           | 3%              | 0.3%                                    |
| 9            | 0.40%                                       | 17           | 2%              | 0.25%                                   |
| 10           | 0.20%                                       | 4-40         | 0.2-1%          | <0.2%                                   |
| 11           | 0.40%                                       |              |                 |   |
| 12           | 0.20%                                       |              |                 |   |
| 13           | 0.30%                                       |              |                 |   |
| 14           | 0.20%                                       |              |                 |   |
| 15           | 0.25%                                       |              |                 |   |
| 16...39      | 0.25%                                       |              |                 |   |
| 40           | 0.20%                                       |              |                 |   |

De exemplu, la un letcon cu variator electronic de putere cu tiristor, la o sarcină de 200 ohmi, unghi de comandă de 60 grade, la comutație apare un impuls cu amplitudinea de cca. 20V, generând armonici care nu se încadrează în standardul CENELEC. Cu toate acestea acest letcon poate funcționa la noi în țară, el nedepășind valorile permise de poluare electromagnetică.

Variațiile de frecvență ale tensiunii sunt evenimente mai rare, cu pondere mai mică în perturbarea sistemelor de calcul. Principial aceste variații de frecvență nu pot apărea, frecvența rețelei fiind dată doar de caracteristicile generatorului. La o încărcare excesivă a generatorului, peste limita admisă, pot apărea și astfel de scăderi ale frecvenței cu mai mult de 1 Hz. Aceste variații de frecvență perturbau puternic echipamentele de calcul care aveau în configurație unități de disc flexibil de 8", cu motor sincron alimentat direct de la rețea, unități de bandă magnetică și de disc de masă. Evoluția tehnicii de calcul către sistemele personale, care au unități de disc flexibil cu motor de curent continuu, de asemenea unitatea de disc hard cu motor de curent continuu a lărgit gama de frecvențe de lucru, astfel încât practic variațiile de frecvență nu mai perturbă sistemul de calcul. Standardul CENELEC nu conține prevederi în acest sens.

## Generarea perturbațiilor

Pentru generarea perturbațiilor pe linia de alimentare se folosesc aparate speciale, așa cum este generatorul Schaffner, care poate simula întreruperi ale rețelei cu durate reglabile între 5ms și 500ms, la intervale repetabile de la 0,6s la 23 s. Se pot produce impulsuri de la 50V la 2,5kV, cu durata de 0,1 microsecunde. Unele din aceste simulatoare permit axarea impulsului perturbator pe nivelul maxim de tensiune (SAN85).

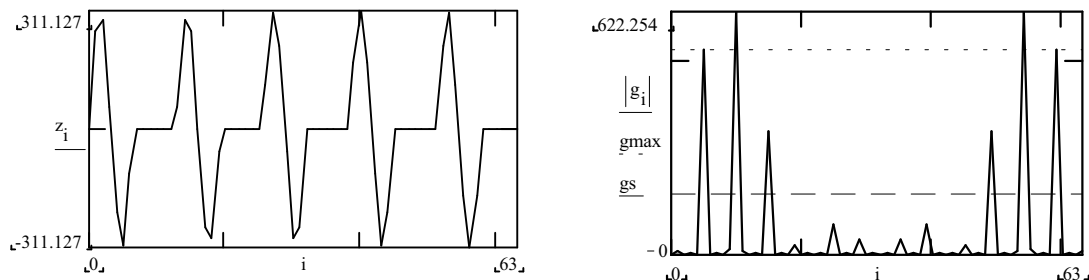
Cuplarea generatorului de perturbații se poate face inductiv sau capacitiv (SAN90). Problematika aceasta se va detalia în capitolul 5.

## Simularea în MATHCAD a unor semnale cu potențial perturbativ

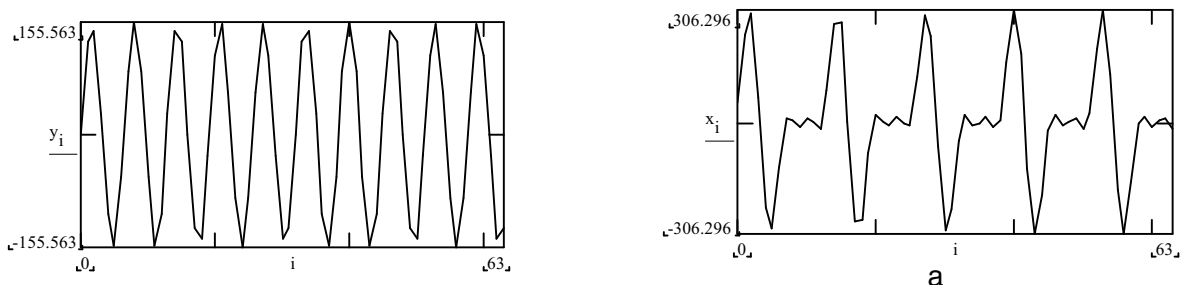
S-au simulat în mediul MATHCAD câteva semnale și s-a ridicat spectrul de frecvențe prin transformarea Fourier rapidă (FFT). Importanța acestor simulări este că modificând parametrii unor semnale perturbatoare se pot vedea modificările de spectru, și prin asta se pot face comparații între diferite semnale și capacitatea lor perturbativă.

Se simulează un semnal sinusoidal din care lipsesc porțiuni, repetitiv. Se generează în primul rând un semnal sinusoidal, după care se transformă în semnal dreptunghiular cu funcția specială  $\Phi$  a MATHCAD. Prin modificarea argumentului funcției  $\Phi$  se poate modifica factorul de umplere a semnalului dreptunghiular. Prin compunerea semnalului dreptunghiular cu un semnal sinusoidal de diferite frecvențe se pot obține diferite semnale sinusoidale cu porțiuni lipsă, atât porțiuni de alternanță cât și una sau mai multe alternanțe. În figura 4.1 se arată un semnal cu fiecare a doua alternanță lipsă și spectrul de frecvențe:

Figura 4.1



Semnalul se poate filtra cu un filtru trece jos, cu 2 frecvențe de tăiere, figurate în figura 4.1. Reconstituind semnalul se obțin semnalele din figura 4.2. Dacă se reconstituie după fundamentală, amplitudinea semnalului va fi mai mică (a), iar dacă se iau cele mai importante trei componente spectrale, forma semnalului obținut este departe de a fi sinusoidală (b).



b

a

Figura 4.2

Intrarea în funcțiune a unui consumator rezistiv important are ca efect scăderea bruscă a amplitudinii. S-a simulat acest eveniment prin reprezentarea cu o singură funcție a două segmente de sinusoidă. Evenimentul produce armonici superioare, cu amplitudini cu atât mai mari cu cât diferența de amplitudine între cele două sinusoidă este mai mare. În capitolul 5 se va demonstra analitic. În figura 4.3 a s-a reprezentat o alternanță la care semiperioada pozitivă și cea negativă au amplitudini diferite. În figura 4.3 b se observă că în spectrul de frecvență apar armonici superioare, de amplitudine mică (vizibile la altă scară în figura c):

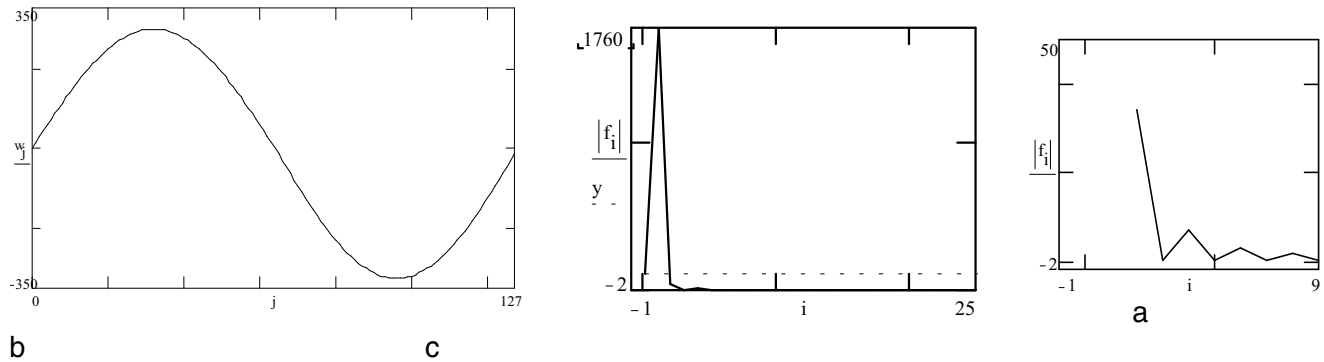


Figura 4.3

Intrarea în funcțiune a unor consumatori mari în rețea poate produce o modificare a frecvenței rețelei. Acest eveniment generează armonici, cu atât mai importante cu cât diferența de frecvențe este mai mare. La o diferență de la 50Hz la 47Hz armonicele sunt nesusizabile. La o diferență de frecvență mai mare, ca în figura 4 a apar armonici importante, ca în figura 4.4 b:

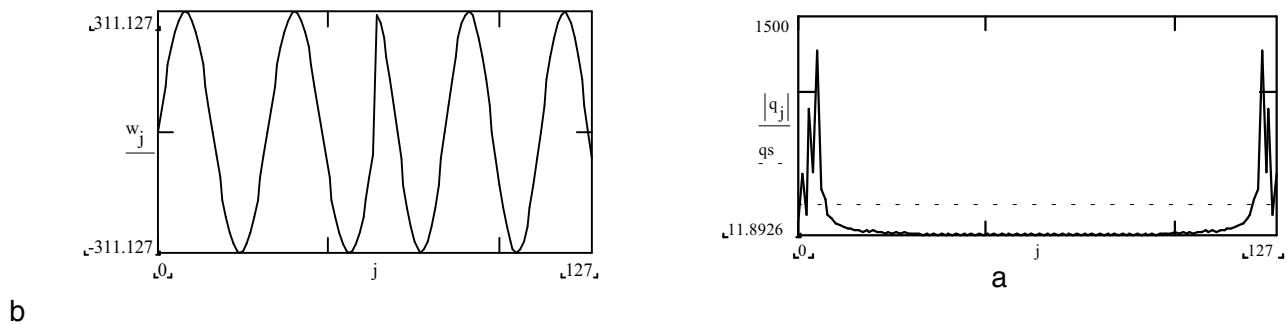
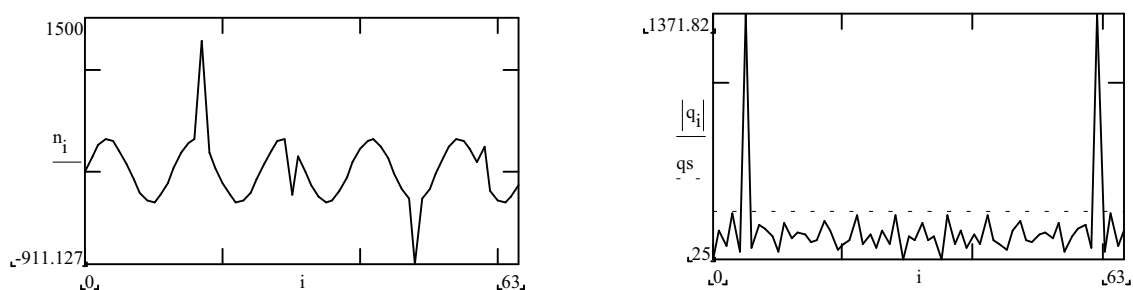


Figura 4.4

Suprapunerea unor impulsuri Dirac peste tensiunea rețelei (figura 4.5a) produce armonici superioare importante (figura 4.5b). Din această simulare reiese cu claritate că acest eveniment este cel mai bogat în armonici. Modificând poziția impulsului pe sinusoidă armonicele nu suferă modificări importante.



a

Figura 4.5

b

Prin filtrare se poate reconstitui semnalul inițial în cazul modificării amplitudinii, a frecvenței și în cazul impulsurilor suprapuse.

O altă perturbație simulată a fost prin suprapunerea unui zgomot aleator (figura 4.6a), având spectrul trasat în figura 4.6b și la altă scară în figura 4.6c:

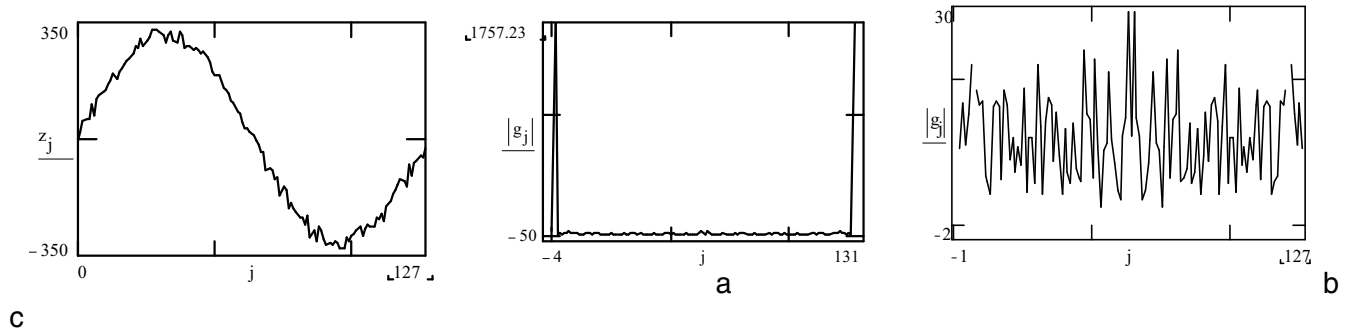


Figura 4.6

#### 4.1. Măsurile de reducere a perturbațiilor din rețea

În funcție de durata perturbației în (SAN90), în tabelul 4.2 se face o clasificare a măsurilor antiperturbative astfel:

Tabelul 4.2

|   |  |
|---|--|
| oscilații de înaltă frecvență, (>20KHz)   | <i>filtre</i>                                    |
| impulsuri transiente (supratensiuni) 0,1- 100 $\mu$ s                           | <i>filtre și limitatoare</i>                     |
| variații ale tensiunii de rețea +/-30%, cu durata de minute, ore                | <i>transformatoare cu prize comutate automat</i> |
| variații ale tensiunii de rețea +/-10%, cu durata zeci ms, sute ms              | <i>acumulare de energie pe condensatoare</i>     |
| disparații ale tensiunii de rețea sau variații +/-10% cu durata secunde, minute | <i>sursa neîntreruptibilă</i>                    |
| disparații ale tensiunii de rețea, cu durata ore, zile                          | <i>grup motor generator</i>                      |

În general măsurile antiperturbative sunt bidirecționale, adică se protejează echipamentul de perturbațiile conduse prin rețea, dar și rețeaua este protejată de eventualele perturbații generate de echipament.

##### 4.1.1. Filtre de rețea

Rolul unui filtru de rețea este să micșoreze perturbațiile de la rețea spre receptor. Se pot folosi câteva structuri, funcție de mărimea impedanțelor din circuit, figura 4.7:

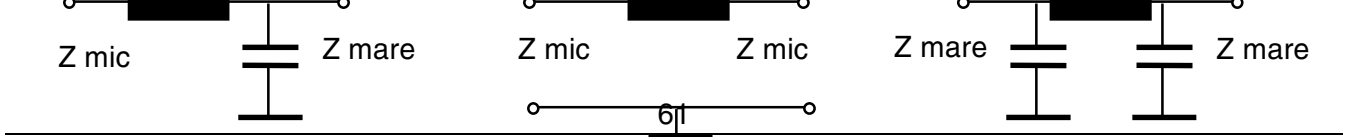


Figura 4.7

Pentru a se obține un filtru cu caracteristici perturbativ bidirecțional se poate folosi varianta a treia. Fie un filtru LC la intrarea căruia se însumează o tensiune utilă  $\underline{U}_u$  și una perturbatoare  $\underline{U}_p$ , figura 4.8:

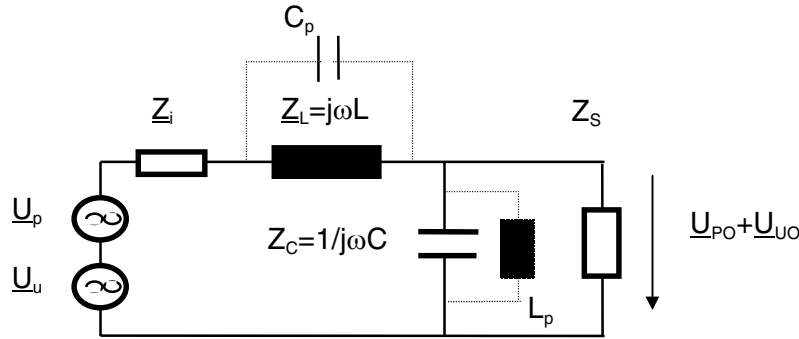


Figura 4.8

Atenuarea introdusă de filtru pentru tensiunea perturbatoare va fi:

$$a(\omega) = 20 \lg \frac{|U_p(\omega)|}{|U_{po}(\omega)|} = 20 \lg \frac{\left| \frac{Z_i + Z_L + \frac{Z_S \cdot Z_C}{Z_S + Z_C}}{Z_S + Z_C} \right|}{\left| \frac{Z_S Z_C}{Z_S + Z_C} \right|} \quad (4.1)$$

De obicei evaluarea și măsurarea se fac cu sarcină și sursă având impedanța de  $50\Omega$  ( $Z_S=50\Omega$ ,  $Z_i=50\Omega$ ) (amănunte vor fi date în capitolul 5).

Din cauza capacităților și inductivităților parazite ale unui filtru de rețea (figura 8 cu linie punctată apar  $C_p$  și  $L_p$ ), pot apare fenomene de rezonanță la anumite frecvențe superioare, de regulă foarte mari pentru că  $C_p$  și  $L_p$  sunt mici:

$$f_{R1} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_p}} \quad f_{R2} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_p C}}$$

Schema unor filtre de rețea (filtru SIEMENS și filtru cu miez toroidal) este dată în figura 4.9:

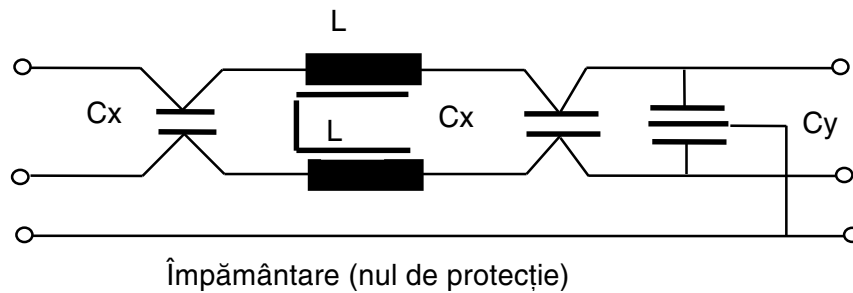


Figura 4.9

Condensatorii  $C_x$  au conexiunile direct la plăci pentru a minimiza inductivitățile parazite. Condensatorul  $C_y$  are un plan de separare la masă. Inductanțele  $L$  sunt parcurse de curenți în sensuri contrare pentru a se evita saturarea miezului. Menținerea nesaturată a miezului este importantă pentru a se putea filtra impulsuri de curent mare, suprapuse peste curentul absorbit de sarcină. La

filtrele de rețea este indicată forma toroidală a miezului, deoarece fluxul se menține în interiorul inelului și nu se radiază câmp electromagnetic în exterior.

Condensatorii  $C_x$  filtrează componentele de mod diferențial, iar condensatorii  $C_y$  componentele de mod comun.

Valori uzuale pentru componente (în general funcție de curentul absorbit de sarcină) sunt date în tabelul 4.3 (date la nivelul anului 1998):

Tabelul 4.3

|                    |   |
|--------------------|---|
| Filtru SIEMENS     | $L=12\text{mH}, C_x=1\mu\text{F}, C_y=10\text{nF}$  |
| Filtru BELLING LEE | $L=700\mu\text{H}, C_x=15\text{nF}$   |
| Filtru SCHAFFNER   | $L=2\text{mH} (3\text{A}), 0,8\text{mH} (6\text{A}), C_y=2 \times 2,2\text{nF}, C_x=15\text{nF}$                      |
| Filtru TIMONTA     | $C_x=47\text{nF}, L=10\text{mH}(1\text{A}), 4\text{mH}(2\text{A}), 1,5\text{mH}(4\text{A}), 0,2\text{mH}(10\text{A})$ |

Conectarea condensatoarelor  $C_y$  la împământare poate duce la perturbarea rețelei de la un potențial de împământare perturbat. Condensatorii nu se leagă la masa de referință. Conectarea în cascadă a filtrelor de rețea este favorabilă din punct de vedere EMC.

### Caracteristica de frecvență

În figura 4.10 se prezintă filtrul de rețea reactiv, de tipul unui diport în  $\Pi$  echilibrat (PAN98):

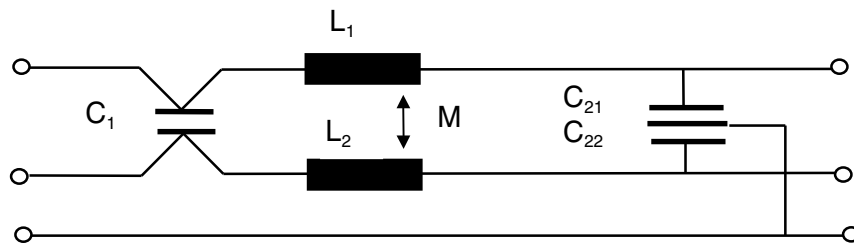


Figura 4.10

Pentru determinarea funcției de transfer se consideră capacitatea echivalentă  $C_2 = \frac{C_{21} \cdot C_{22}}{C_{21} + C_{22}}$  în loc de  $C_{21}$  și  $C_{22}$ , la bornele de ieșire se conectează rezistența de sarcină  $R_s$  iar  $R_s$  și  $C_2$  alcătuiesc impedanța de sarcină.

Funcția de transfer este:

$$H(j\omega) = \frac{\frac{R_s}{1 + j\omega C_2 R_s}}{\frac{R_s}{1 + j\omega C_2 R_s} + j\omega(L_1 + L_2 + 2M)} \quad (4.2)$$

Dacă  $L_1 = L_2 = L$ ,  $M$  este inductanța mutuală iar  $k$  reprezintă coeficientul de cuplaj magnetic,

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 \cdot L_2}}$$

funcția de transfer se poate scrie:

$$H(j\omega) = \frac{R_s}{R_s - 2\omega^2 C_2 R_s L(1+k) + 2j\omega L(1+k)} \quad (4.3)$$

Frecvența de frângere a caracteristicii amplitudine-frecvență se determină din relația modulului funcției de transfer:



$$|H(j\omega)| = \frac{R_s}{\sqrt{[R_s - 2\omega^2 C_2 R_s L(1+k)]^2 + 4\omega^2 L^2(1+k)^2}} \quad (4.4)$$

Utilizând MATHCAD se poate arăta că termenul  $2\omega^2 C_2 R_s L(1+k)$  este mult mai mic decât  $R_s$ . Neglijând acest termen, pulsația de frângere (în radiani/secundă) va fi:

$$\omega_{-3dB} = \frac{R_s}{2L(1+k)} \quad (4.5)$$

Caracteristica de frecvență a fost ridicată ca urmare a unei simulări în SPICE, cu următoarele valori ale componentelor:  $R_s=484\Omega$ ,  $L=5\text{mH}$ ,  $C_2=5\text{nF}$ ,  $C_{21}=C_{22}=10\text{nF}$ ,  $k=0,99$  și este arătată în figura 4.11:

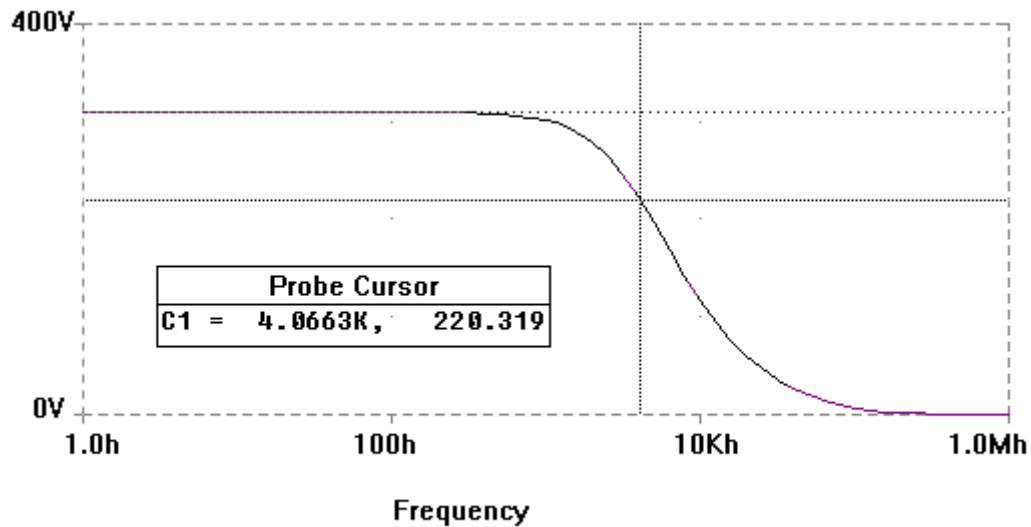


Figura 4.11

Semnalul perturbator (supratensiunea) poate avea o acțiune de tipul unui semnal de **mod diferențial** sau de **mod comun**, de aceea se studiază efectul ambelor tipuri de semnale perturbatoare. De asemenea este posibil ca la filtrul reactiv să se adauge un circuit de limitare a supratensiunilor care îmbunătățește rejecția perturbațiilor. În figura 4.12 se arată comportarea în timp a unui filtru la intrarea căruia se aplică un semnal sinusoidal cu o supratensiune suprapusă (a). La ieșirea filtrului se remarcă scăderea amplitudinii supratensiunii (b). Adăugarea unui circuit de limitare are efecte pozitive și amplitudinea scade drastic (c).

Filtrul a fost analizat experimental cu ajutorul unui sistem de măsurare automată IEEE488 (PAN98). Controlerul a fost un calculator PC486DX, echipat cu interfață HAMEG-HO 80 IEEE488-GPIB. Programul de comandă se poate scrie în BASIC, PASCAL sau C, beneficiind de bibliotecile de subrutine oferite de producător. În cazul acestei măsurări, se trimit valorile necesare de frecvență la generatorul HAMEG HM8131 care generează la ieșirea sa un semnal cu nivel constant ce se aplică filtrului. Nivelele tensiunii de la ieșirea filtrului se citesc de la multimetrul HEWLETT-PACKARD HP34401A. Datele de ieșire se grupează în perechi frecvență-tensiune de ieșire de c.a. (valoare efectivă sau vârf-la-vârf) sub forma unei matrici cu două coloane. Matricea obținută se poate citi cu ajutorul mediului MATHCAD în vederea trasării de caracteristici și calculării unor mărimi relevante (cum ar fi de exemplu frecvența la -3dB).

Datele achiziționate au fost procesate în MATHCAD, obținându-se caracteristica de frecvență din figura 4.13. Rezultatele experimentale confirmă rezultatele teoretice obținute prin simulare în PSPICE. Configurațiile de măsură sunt cele descrise în capitolul 5.

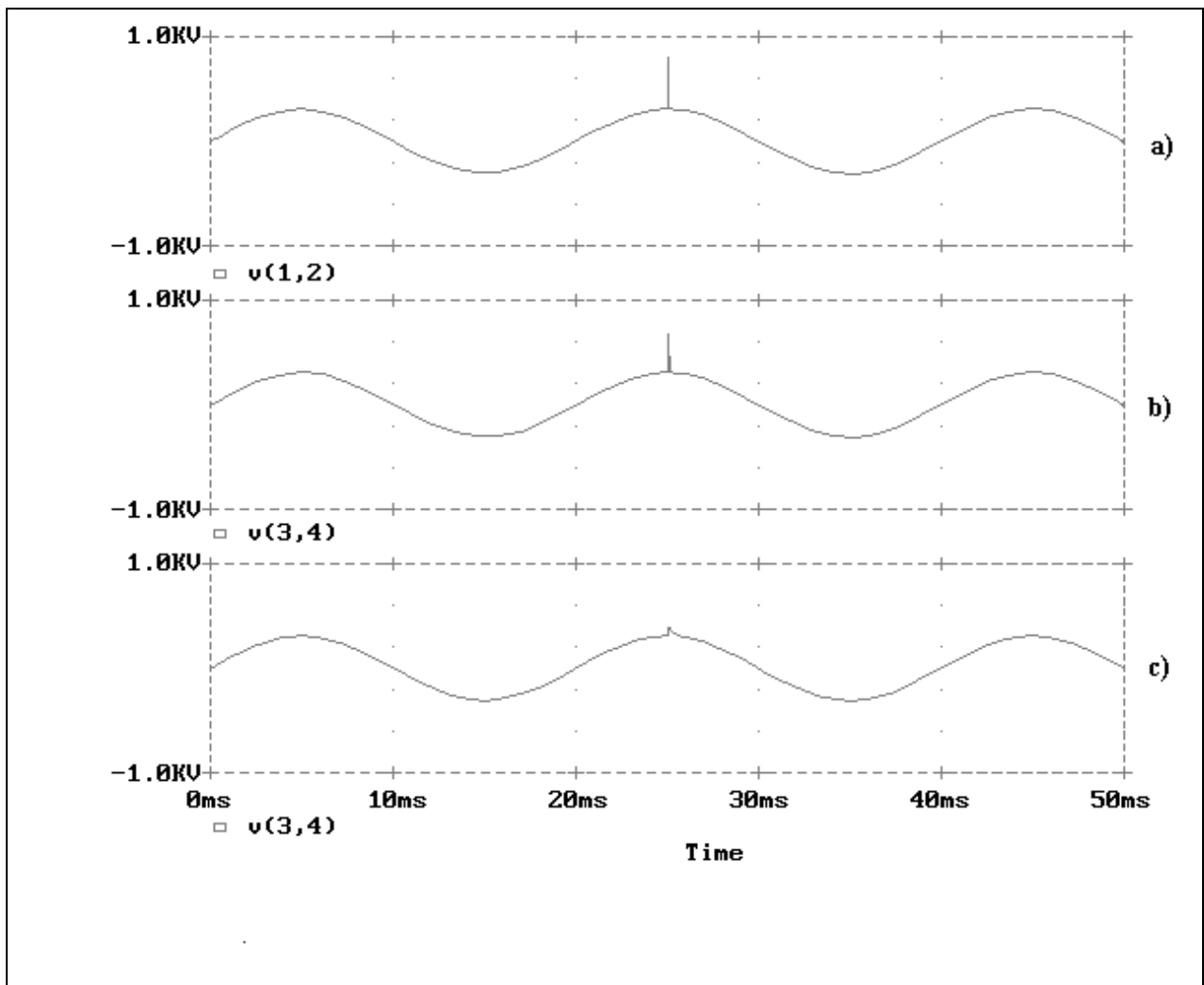


Figura 4.12

Figura 4.13

Sensul de înfășurare pe miezul toroidal are importanță pentru tipul de perturbație care va fi rejectată mai puternic, figura 4.14:

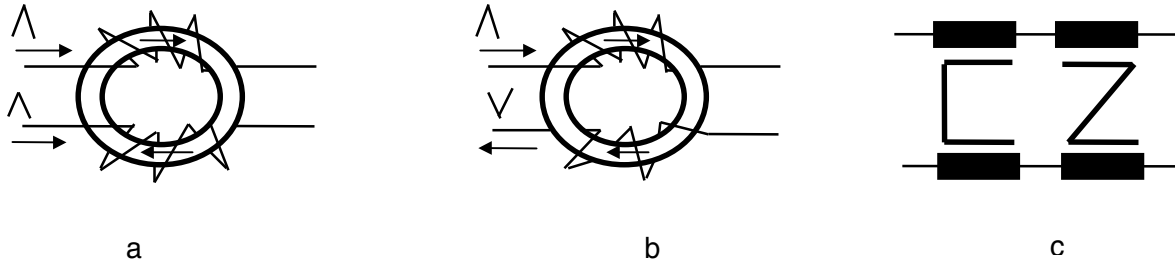


Figura 4.14

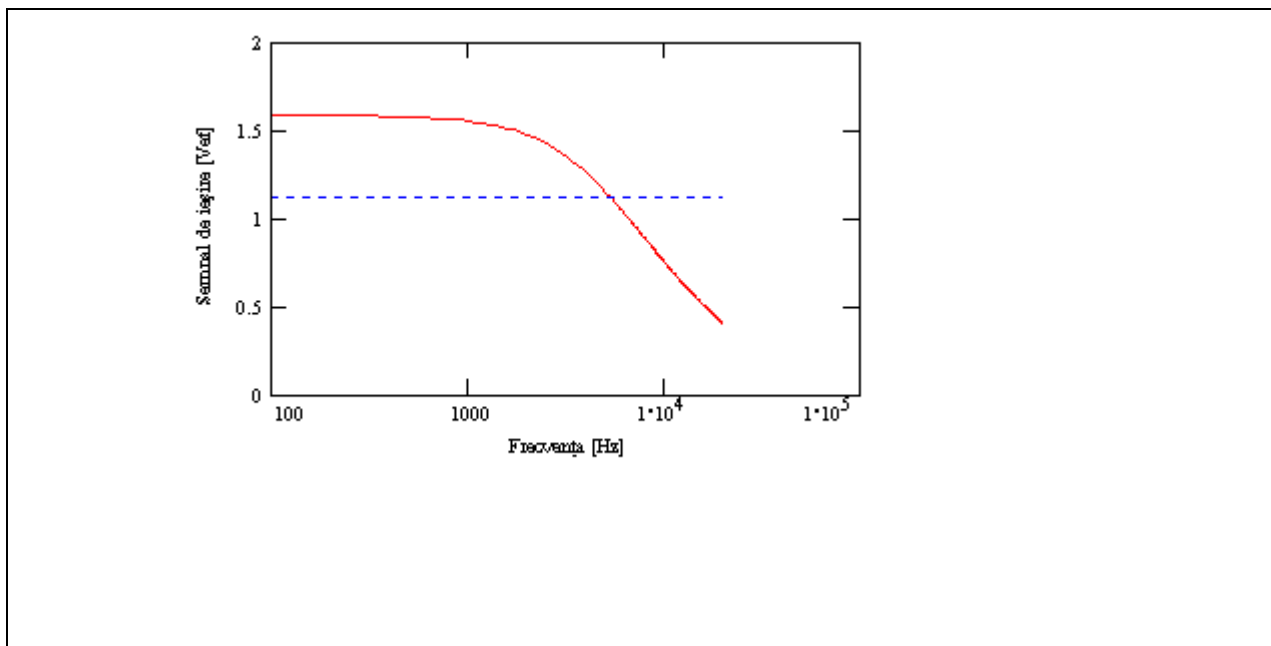
O perturbație de mod comun va determina apariția în miez a unor câmpuri magnetice de același sens și astfel filtrul va prezenta o inductivitate mare (a). Această configurație se numește cu curent compensat și este preferabilă deoarece curentul util absorbit de sarcină nu duce miezul către saturație. În figura 14 b perturbația de mod diferențial este cea mai bine filtrată. Unele firme produc filtre cu inductanțe pentru ambele componente, exemplu fiind configurația din (c), folosită în unele filtre SIEMENS.

#### 4.1.2. Elemente de limitare (Surge Arrester)

Elementele de limitare sunt elemente de circuit neliniare care taie vârfurile de tensiune. Filtrele echipate cu elemente de limitare se numesc și filtre cu absorbție deoarece convertesc energia perturbatoare în energie calorică. Un filtru de rețea obișnuit, fiind reactiv, returnează în rețea energia perturbației.

##### 1. Varistorul MOV (Metal Oxid Varistor)

Caracteristica tipică a unui varistor (Voltage Dependent Resistor) este dată în figura 4.15.



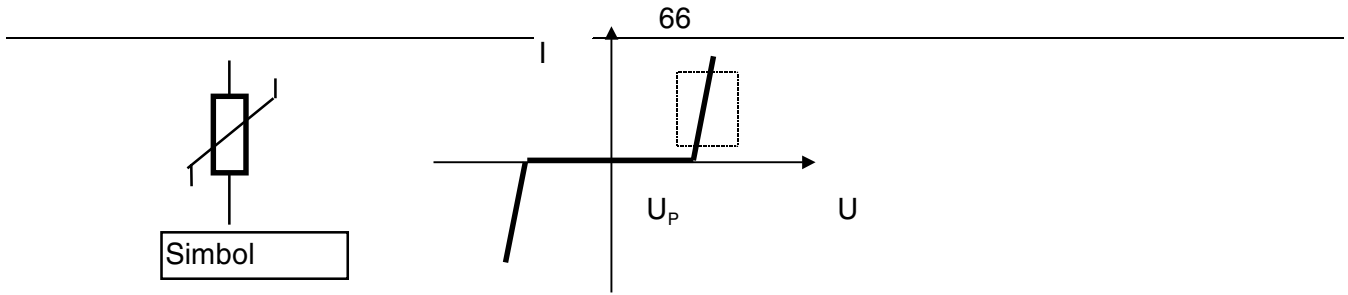


Figura 4.15

Pe porțiunea de caracteristică marcată cu linie punctată:

$$I = KU^\alpha;$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{1}{K}U^{1-\alpha} \quad (4.6)$$

Varistorul intră în acțiune în timpi de ordinul sute ns, și poate disipa doar cantități mici de energie (20-40J).

### 2. Trans Zorb (Transient Zener Absorber)

Este denumirea dată de General Semiconductor Industries la două diode Zener înseriate în sensuri contrare, figura 4.16:

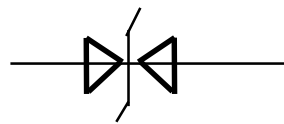


Figura 4.16

Din punct de vedere constructiv tranzorbul este o diodă de siliciu cu avalanșă, care poate să conducă un curent mare în perioada de străpungere. Tranzorbul este un element foarte rapid, răspunde în ns, dar poate disipa energii foarte mici- 1,5J.

Varistorul și tranzorbul limitează supratensiunile ca în figura 4.12 (simulările sunt în mare parte valabile).

### 3. Tub cu descărcare în gaze de tip ARRESTOR (Eclator)

La deschidere, tensiunea la borne se limitează la 30V (funcționarea este asemănătoare cu a diacului). Caracteristica tipică a arrestorului este dată în figura 4.17:

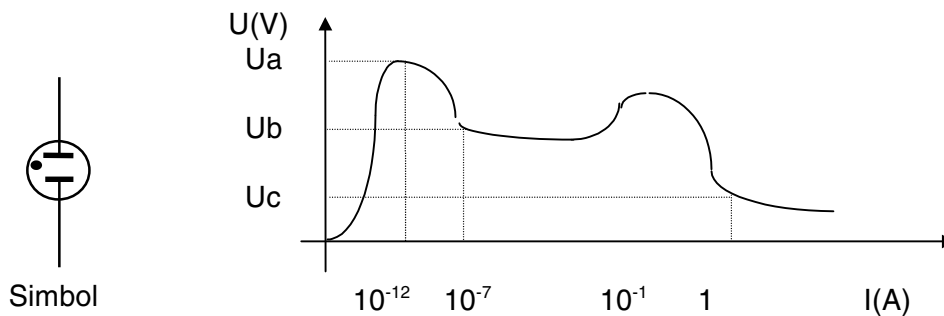
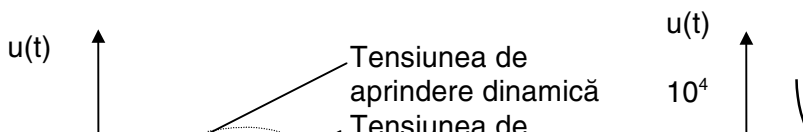


Figura 4.17

Ua este tensiunea de aprindere, Ub este tensiunea pe tubul aprins iar Uc tensiunea de apariție a arcului electric. Variația în timp a tensiunii este dată în figura 4.18 a cu punerea în evidență a diferenței între tensiunea de aprindere statică și cea dinamică. Graficul tensiune- timp (Voltage Time Curve) din figura 4.18 b arată că, la creșterea vitezei frontului este nevoie de o tensiune mai mare de deschidere, sau de un impuls mai larg.



Arrestorul răspunde în timpi de ordinul microsecundelor, dar poate disipa energii de ordinul sute de j. La aprindere se creează o depresiune în forma tensiunii, figura 4.18 a. Tubul arrestor este un element de limitare superior din punct de vedere al perturbațiilor retrimise în rețea (retrimite o mică parte din perturbația aplicată). În stare blocată are o capacitate mai mică de  $10\mu\text{F}$  și o rezistență mai mare de  $10^{10}\ \Omega$ .

### Filtru cu varistor, tranzorb și tub arrestor

Un sistem de protecție conține toate aceste elemente de limitare, cu pragurile de declanșare stabilite ca: primul să declanșeze Trans Zorbul, fiind cel mai rapid, apoi varistorul și apoi arrestorul. Fiecare, prin intrarea în acțiune dacă tensiunea continuă să crească, protejează elementul care a declanșat înaintea lui. O astfel de schemă este dată în figura 4.19:

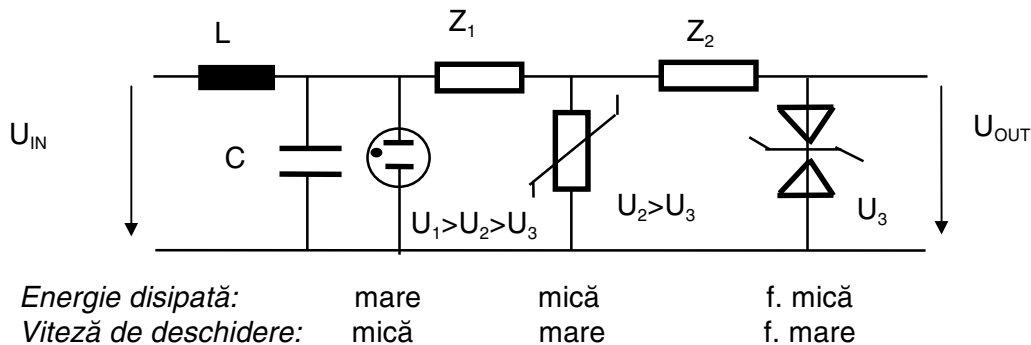
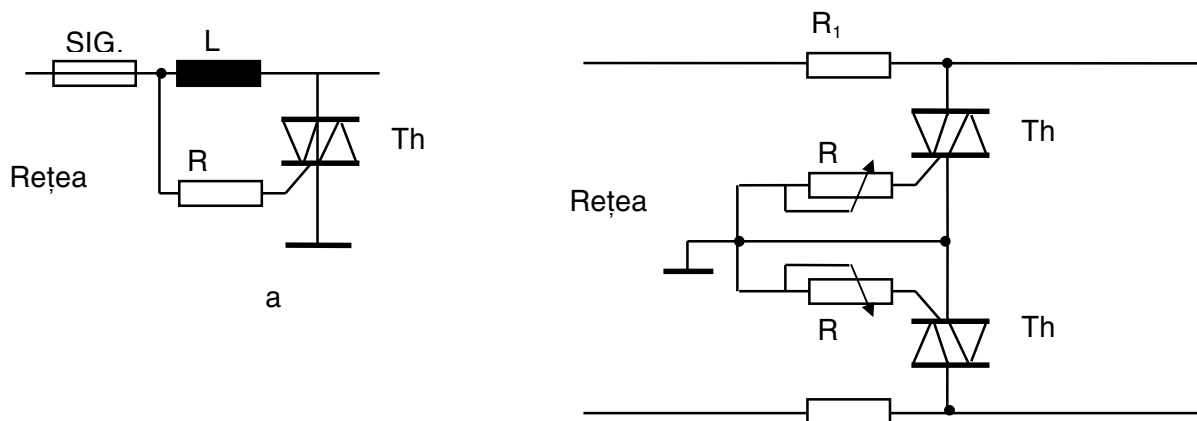


Figura 4.19

Elementele de limitare pot echipa și alte tipuri de filtre, cum ar fi:

- filtru cu limitare pentru antene de recepție;
- element de limitare pentru rețea Ethernet pe cablu coaxial, montat în cuplă BNC;
- element de limitare în cablurile de transfer serial RS232.

În lipsa unor componente specializate pentru limitare, se pot folosi diferite montaje. Două montaje simple cu triac se pot vedea în figura 4.20:



În figura 4.20 a, la apariția unei supratensiuni triacul intră în conducție și siguranța se arde. Inductanța  $L$  se pune pentru limitarea vitezei de creștere a tensiunii pe triac care ar putea produce amorsări parazite. În figura 4.20 b intrarea în conducție a unui triac se produce dacă variația tensiunii anodice este mare (la impulsuri parazite) sau la apariția unor impulsuri pe linia de împământare. Energia este disipată pe rezistențele  $R_1$  și triaci.

Limitarea supratensiunilor se poate face simplu la o punte redresoare prin înlocuirea a două diode cu diode Zener, ca în figura 4.21. Diodele Zener sunt folosite ca diode redresoare. Un impuls care depășește tensiunea de străpungere va fi micșorat.

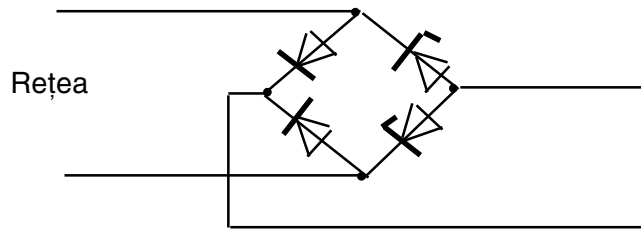


Figura 4.21

#### 4.1.3. Alte elemente antiperturbative

##### Transformatoare antiperturbative

1. Transformator cu prize comutate automat, figura 4.22 a.

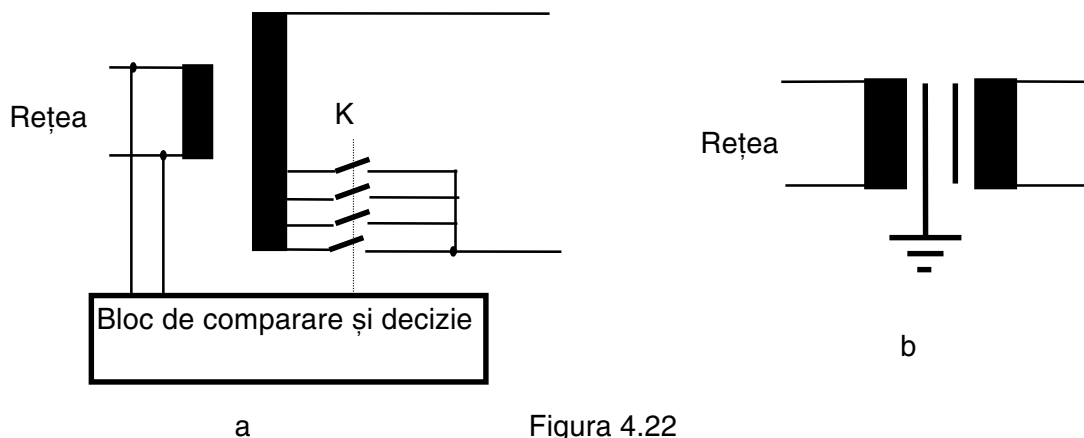


Figura 4.22

Timpul de intrare în acțiune este determinat de tipul comutatoarelor K folosite- relee, triaci, tranzistori.

2.Transformator ultraizolator, figura 4.22 b.

Suplimentar față de alte metode de suprimare a perturbațiilor, un efect favorabil EMC îl are utilizarea transformatoarelor ultraizolatoare, care conțin o izolare suplimentară (ecran) între primar și secundar. Ecranul cel mai eficient este format din tablă de cupru sau aluminiu, dar se poate folosi și o înfășurare pe un singur strat, legat la împământare. Aceste transformatoare ultraizolatoare realizează o capacitate de cuplaj între înfășurări de 10- 0,01pF și rezistențe de peste 10.000 MΩ. Se pot folosi distanțări, ecranări suplimentare, ecranări multiple, ecranări ermetizate antiperturbative.

### Surse neîntreruptibile

În general rețeaua are căderi dese cu durata de zeci-sute de ms, datorate în principal scurtcircuitelor. Defecte ale echipamentelor de distribuție pot provoca căderi de lungă durată. Soluția cea mai potrivită, mai ales pentru server-ul de rețea este sursa neîntreruptibilă (UPS) (Uninterruptable Power Supply).

Clasificare:

-UPS on-line, sunt introduse în rețeaua de alimentare și transformă permanent tensiunea, indiferent dacă există defecțiuni de alimentare sau nu.

-UPS off-line, sunt conectate în paralel cu rețeaua și se conectează numai când există avarii, durata de conectare fiind 1-10ms.

UPS off-line se clasifică după capacitatea de a reda la sarcină în momentul întreruperii o valoare a tensiunii cât mai apropiată de cea a tensiunii dispărute:

-cu maxim/minim care redă polaritatea corectă

-cu ieșire sincronizată, care redă și panta corectă a tensiunii dispărute.

În perioada în care UPS off-line comută, rezerva de energie trebuie furnizată de condensatoarele din sursa de alimentare a sistemului.

Sursa UPS on-line are suplimentar avantajul că elimină vârfurile de tensiune din tensiunea de alimentare, din cauza bateriei- tampon de energie.

### Realizări actuale

În (\*COM92) sunt prezentate ultimele realizări în domeniul supresării perturbațiilor din rețea spre echipament și de la echipament spre rețea. Sunt prezentate astfel:

-LINE CONDITIONERS

- LS600 care conține filtre de rețea și un regulator care menține tensiunea de alimentare a echipamentului constantă la creșterea tensiunii rețelei

- LS604, LC1200 conțin filtre de rețea și regulator care menține

tensiunea de alimentare a echipamentului indiferent de variația tensiunii rețelei

-Six Outlet Spike Bar suprăsează vârfuri cu energie de până la 140 jouli

-Isobar Surge Supressor și Isotel Surge Supressor conțin filtre de rețea și elemente de limitare a vârfurilor

Aceste realizări sunt anunțate de firma TRIPP LITE sub forma unor prize cu siguranțe rapide care au înglobate și elementele de supresare.

În (\*TMC92) firma Fluke Philips descrie condiționere de rețea din seria PE 1411...1419, dând următoarele caracteristici:

-la o variație a tensiunii de intrare de la 198V la 242V, o variație de +/- 1% a tensiunii de ieșire;

-la aceeași variație a tensiunii de intrare, dar și o variație a sarcinii de la 0 la sarcina maximă, o variație de maxim +/- 3%;

-rezerva de energie este de 10ms la sarcina maximă;

-protecție la scurtcircuit în sarcină, curentul se limitează la 200% din valoarea maximă;

-sunt posibile variante cu decuplare galvanică și variante trifazate;

-greutate 7-143kg.