

COMPATIBILITATE ELECTROMAGNETICĂ

Tema 5.

PROTECȚIA ÎN CONDUCTIE



Obiectivul cursului 7:

- ✓ **Descrierea tehnicilor de atenuare a interferențelor datorate cuplajelor prin conducție (filtre, simetrizoare și limitatoare de supratensiuni/supracurenți).**

Cuprinsul cursului 7:

7.1. Filtre electrice pasive

7.2. Filtre electrice active

7.3. Limitatoare de supratensiuni/supracurenți

7.4. Simetrizoare și rejecția de mod comun

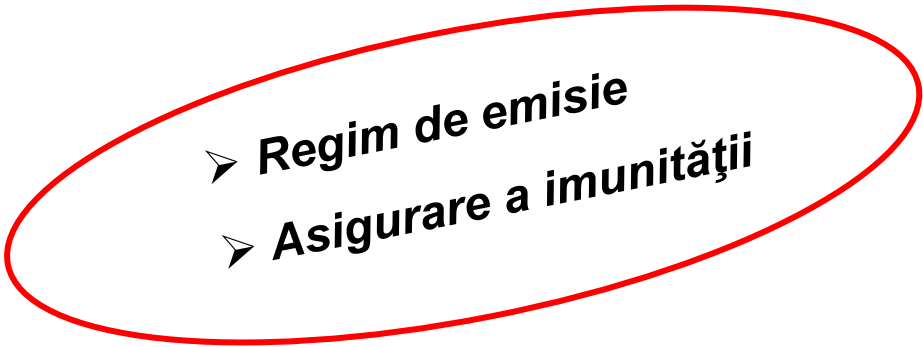
Majoritatea problemelor de CEM sunt cele de realizare a protecției în conducție. [1]

Tipuri de protecții în conducție:

- Circuite de separare galvanică**
- Amplificatoare diferențiale și sisteme simetrice**
- Tehnica ecranului de protecție (gardare)**
- Filtre (pasive, active)**
- Limitatoare de supratensiune/ supracurent**
- Simetrizoare și rejecția de mod comun**

Protecția în conducție trebuie să rezolve următoarele probleme:

- ✓ **Variațiile calitative** existente în rețeaua de alimentare cu energie electrică, inclusiv interferențele posibile cu componentele armonice din rețea (în gama 100Hz-2kHz, prin filtrare)
- ✓ **Regimurile tranzitorii** în gama de frecvențe de până la 300MHz (prin limitare de amplitudine și filtrare de tip trece jos)
- ✓ **Interferențe cu semnale sinusoidale** cu frecvența de până la 1GHz sau chiar mai mare (în special la circuite analogice)

- 
- Regim de emisie
 - Asigurare a imunității

Filtrele electrice = circuite care prelucrează în mod diferențiat semnalele în funcție de frecvența acestora și care au ca destinație principală reducerea interferențelor de conducție



Un filtru de CEM funcționează prin separarea componentelor spectrale ale semnalului util de componentele spectrale ale perturbațiilor.

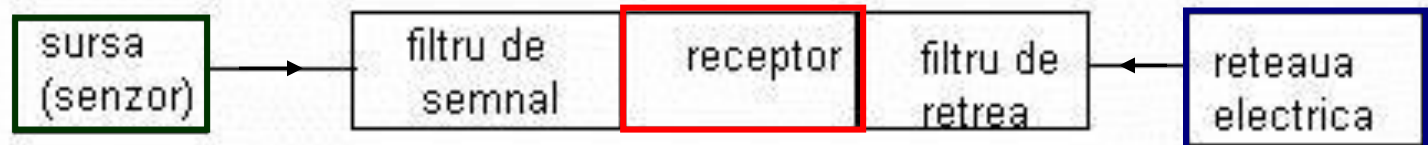
Clasificarea filtrelor electrice:

Din punct de vedere al caracteristicii de frecvență

- a) Trece-jos
- b) Trece-sus
- c) Trece bandă
- d) Taie bandă (oprește bandă)

în tehnica CEM:

- a) Filtre pentru căile de semnal
- b) Filtre de rețea



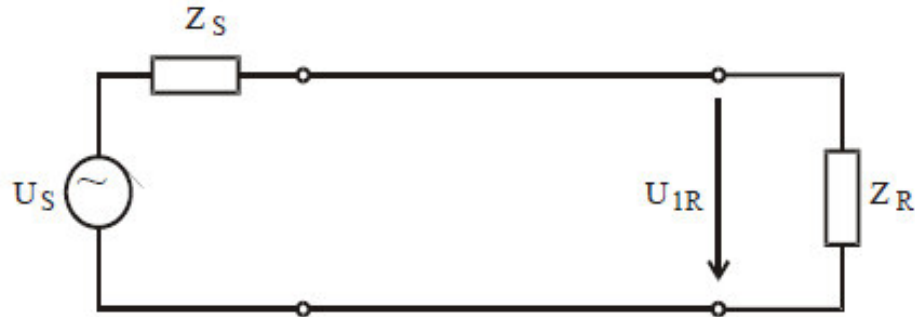
7.1.1. Filtre pentru căile de semnal

- Sunt proiectate să lucreze pe impedanțe de intrare și de ieșire cunoscute
- Dacă filtrul suportă pierderi mici (în rezistențele sau în miezurile sale feromagnetice), el funcționează, în principal, *prin dezadaptarea de impedanță*, adică prin reflexie → **filtru refulant**.
- Dacă filtrul suportă pierderi mari, el funcționează prin *absorbție* → **filtru absorbant**.

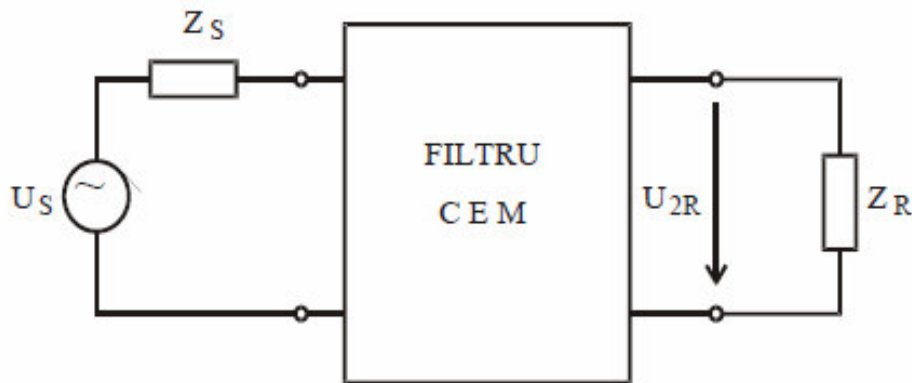
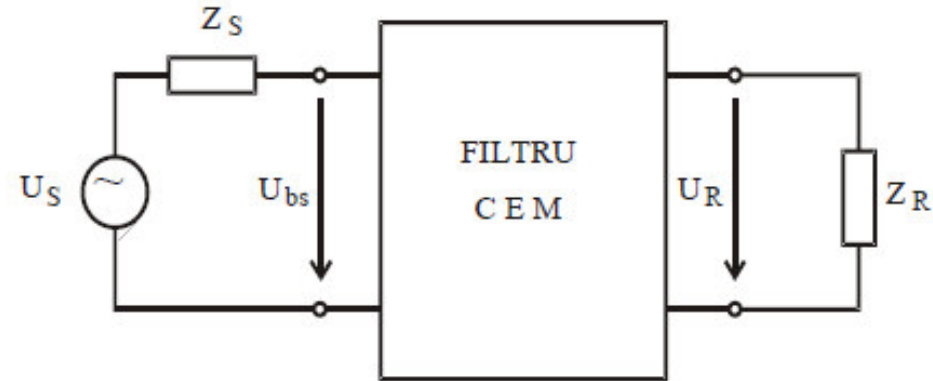
Atenuarea de inserție (eficacitatea filtrului) = raportul dintre nivelul semnalului rezidual măsurat după montarea filtrului față de nivelul semnalului măsurat fără filtru.

- depinde de impedanțele circuitelor amonte și aval de locul de montare

Funcția de transfer = amplitudinea semnalului la ieșire raportată la amplitudinea semnalului la intrarea filtrului.



Faza de etalonare fără filtru



Faza de comparare - cu filtru

Pierderea de inserție a filtrului = $\frac{U_{2R}}{U_{1R_s}}$

$$\text{Funcția de transfer} = \frac{U_R}{U_{bs}}$$

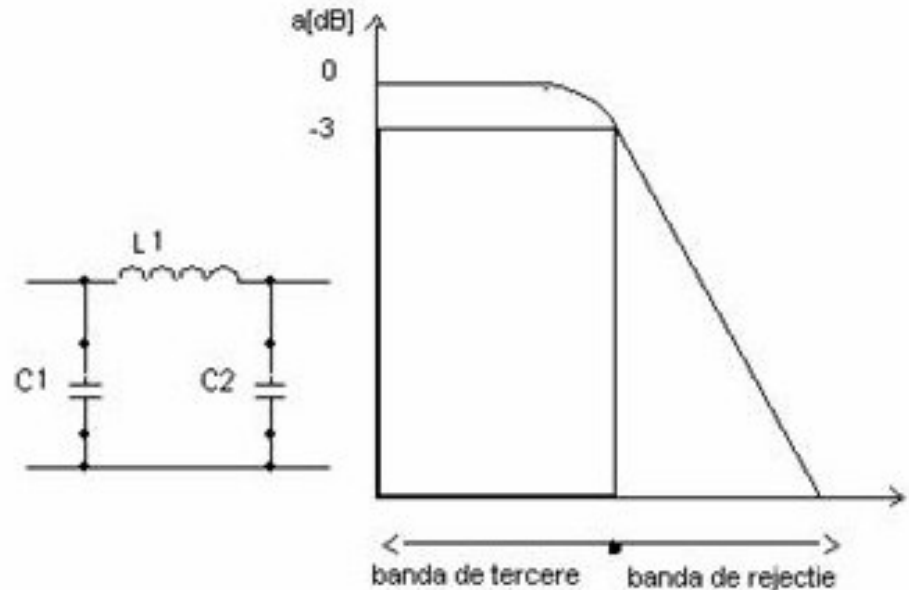
Factorul de atenuare de inserție al filtrului:

$$a_{Fi} = 20 \lg \frac{|U_{PR}^0|}{|U_{PR}|}$$

Tipuri de filtre electrice pasive (functie de caracteristica de frecventa)

□ Filtru trece-jos (FTJ)

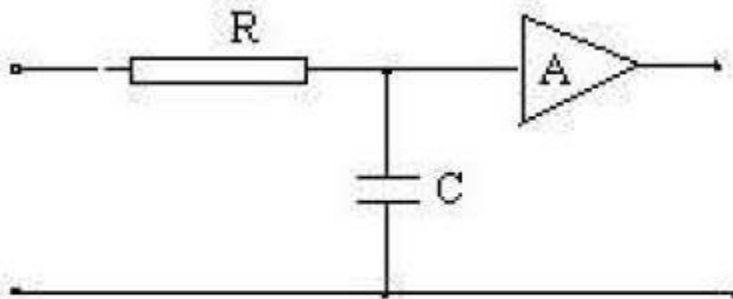
- Este cel mai utilizat tip de filtru în CEM (de tip R-C sau L-C).
- Cel mai simplu FTJ: condensator conectat între conductorul de semnal și masă (*Eficacitate mediocră, datorită prezenței inductivității parazite în serie cu condensatorul*).



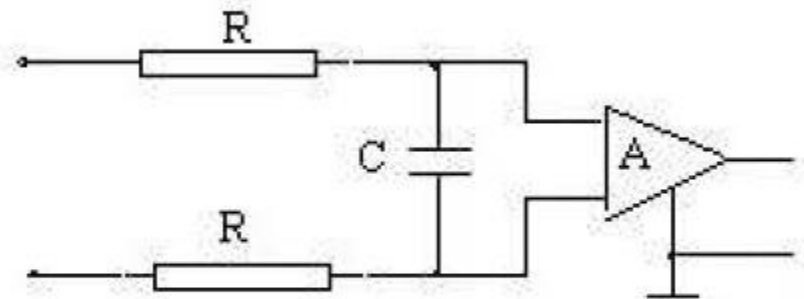
!!! O îmbunătățire a eficacității unui condensator se realizează montând, în amonte de acesta, o rezistență și obținând astfel un filtru R-C.

- **FTJ asimetrice** (cu un punct la masă) și **FTJ simetrice** (pentru semnale diferențiale)
- Toate **intrările analogice** trebuie să fie filtrate la înaltă frecvență printr-un FTJ pasiv de tip R-C (cel puțin) a cărui frecvență de tăiere și impedanță sunt alese în funcție de banda de trecere și de impedanța sursei.
- Toate **ieșirile analogice spre exterior** trebuie, de asemenea, să fie filtrate de un FTJ format dintr-un circuit de tip L-C.

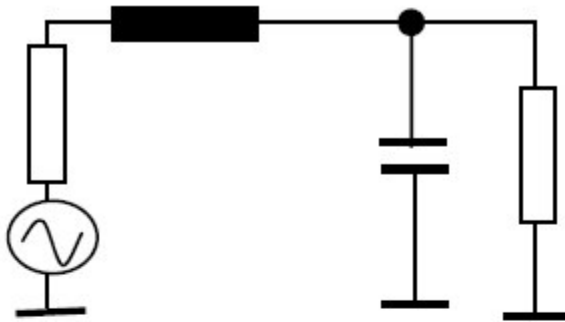
(Alegerea impedanței se face în funcție de curentul furnizat și de impedanța circuitului comandat).



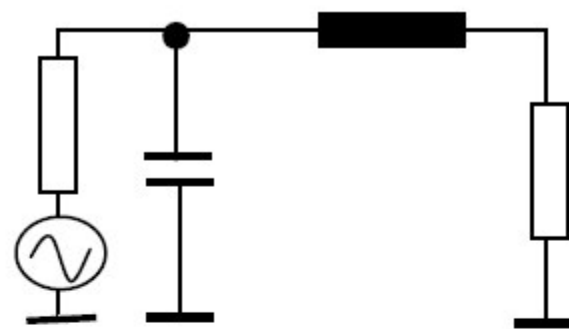
$$a) f_T = 1/2 \cdot \pi R \cdot C$$



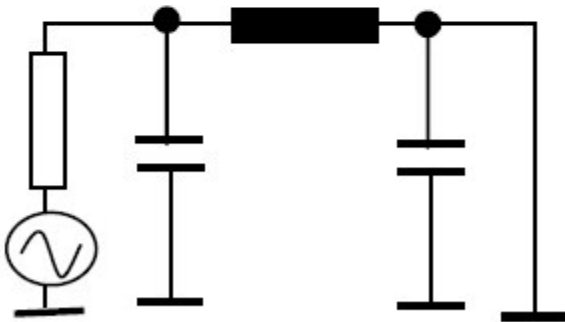
$$b) f_T = 1/4 \cdot \pi R \cdot C$$



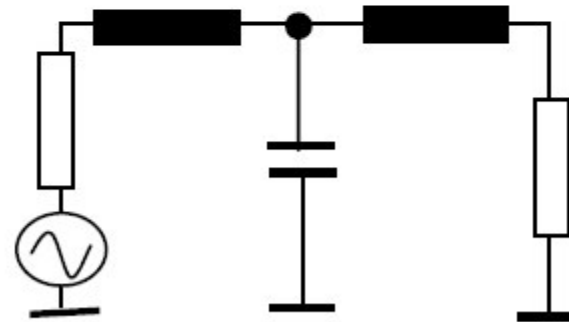
a) R_i – mică
 R_l - mare



b) R_i – mare
 R_l - mică



c) R_i – mare
 R_l - mare



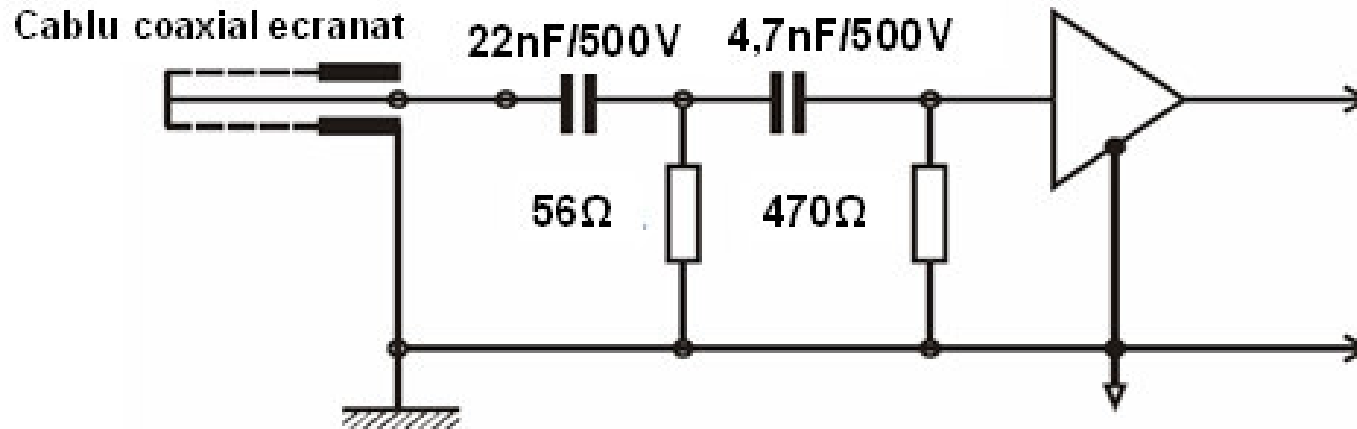
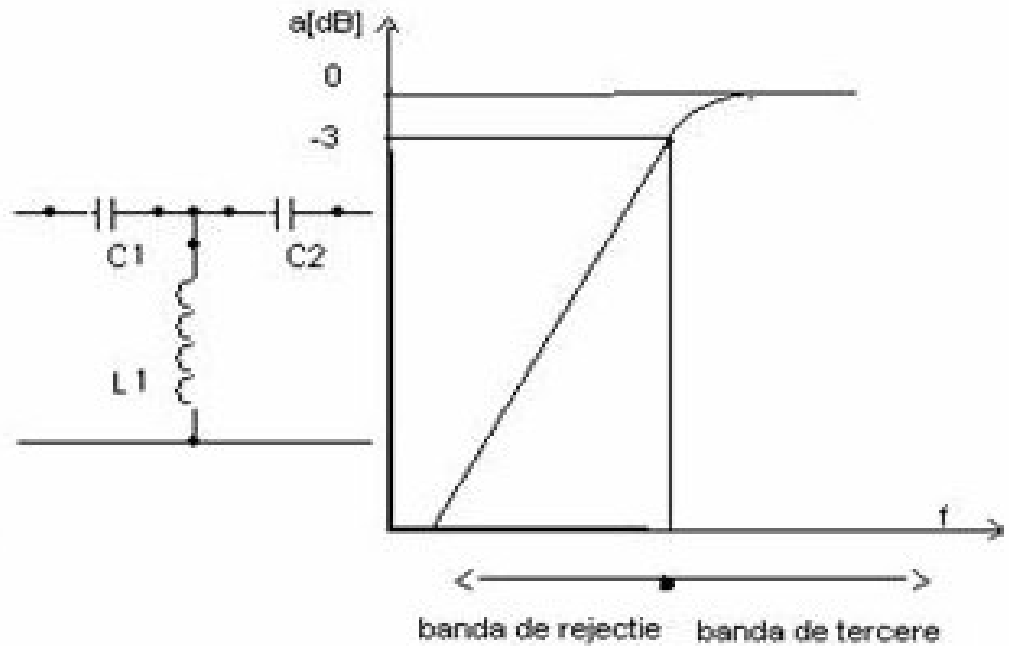
d) R_i – mică
 R_l - mică

➤ Circuitele cu inductivități introduc, în circuitele cu impedanță mică, atenuări de ordinul a 40dB, dar sunt practic inexistente în circuitele cu impedanță mare (efectul capacităților este exact invers).

➤ Deoarece filtrele L-C au proprietăți rezonante, la frecvența de rezonanță atenuarea de inserție se poate transforma în „castig” de inserție.

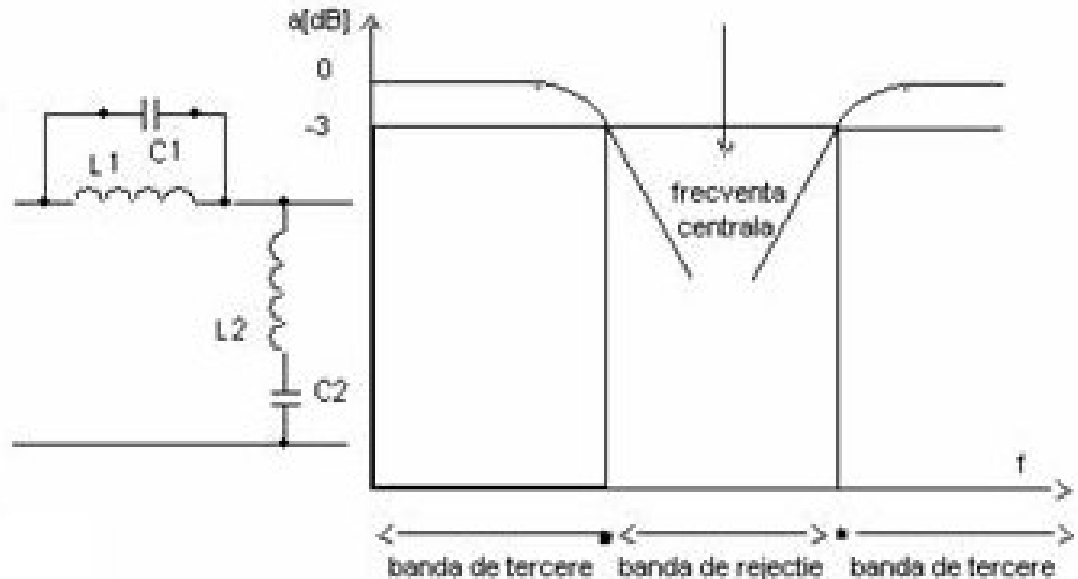
□ Filtru trece-sus (FTS)

- Se folosesc la ieșirea cablurilor coaxiale de ÎF pentru rejectarea semnalelor de JF.



□ Filtru oprește banda (FOB)

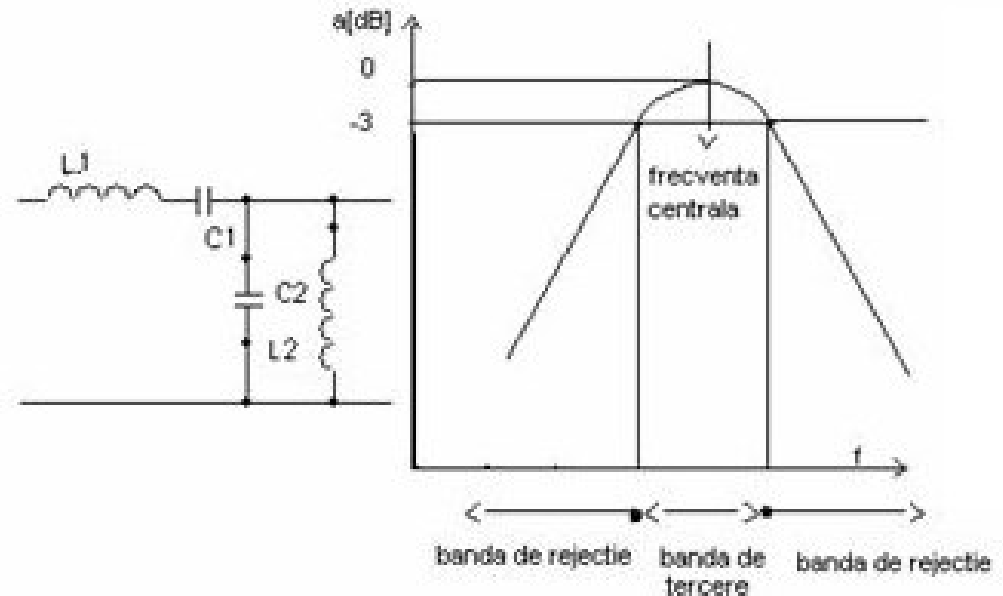
- Utilizat, în special, în emisia și recepția radio.
- Un FOB servește la eliminarea unei frecvențe parazite.
- Condenatoare folosite: ceramice, cu poliester sau polistiren în variantă subminiatură cu terminale cât mai scurte



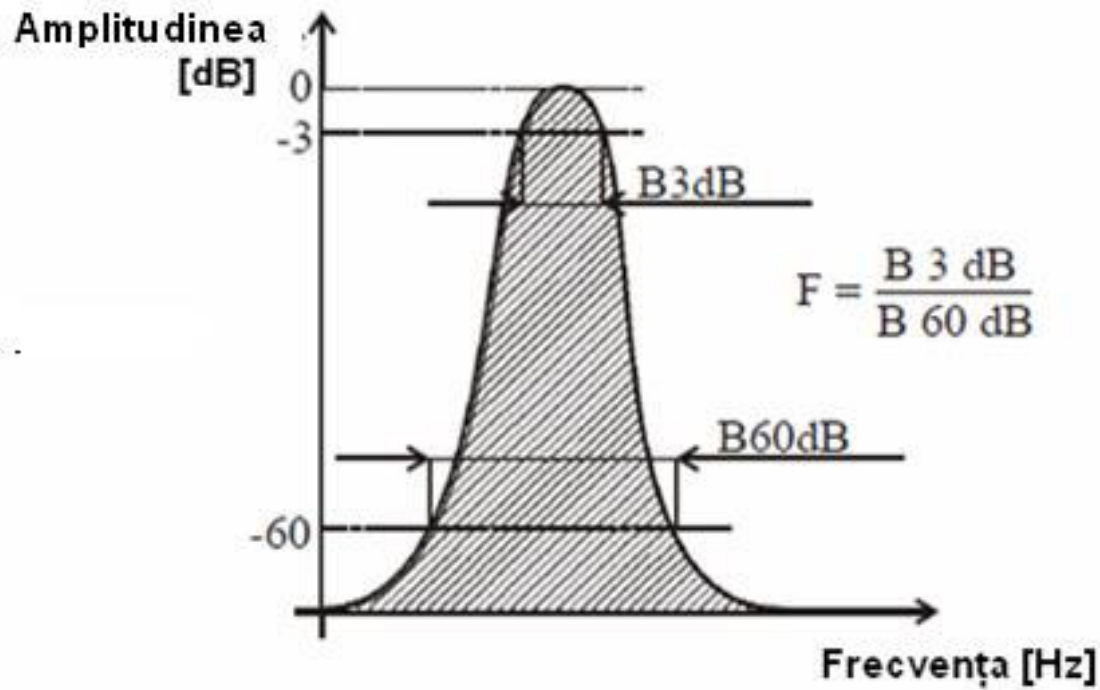
!!! Tipuri de FOB utilizate în mod curent în CEM sunt filtrele de FJF în MD (filtrele de armonice): compuse, în sistemul trifazat, din trei circuite L-C serie instalate direct între faze; scurtcircuitează, în general, armonicele de rang 5 și de rang 7 → utilizate cu succes în domeniul curenților tari.

□ Filtru trece banda (FTB)

- Utilizat, în principal, în recepția radioelectrică sau la transmisiunile cu curenți purtători.
- Filtrele FOB se pun la intrarea echipamentului în cazul receptoarelor ori la ieșire în cazul emițătoarelor (adică în amonte de circuitul activ).



- Un FTB de emisie radio va fi amplasat, întotdeauna, la ieșire, în aval de circuitele de putere.
- Toate FTB trebuie să aibă, în plus, o bandă de trecere cât mai slabă, suficientă doar pentru a transmite numai semnalul util.

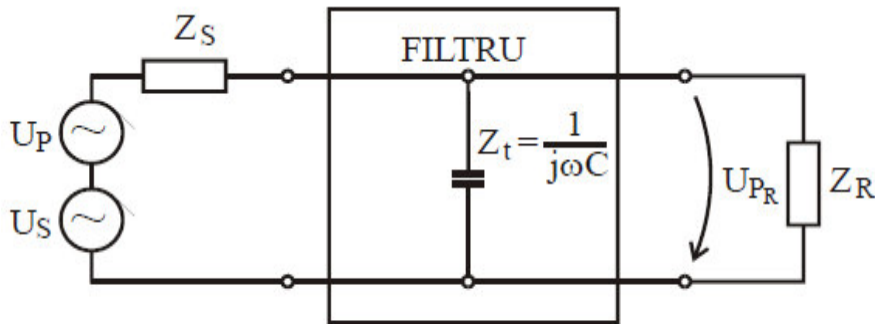


Factorul de formă: raportul dintre banda de frecvență a filtrului la o atenuare de 70dB și banda de frecvențe a filtrului la o atenuare de 3dB.

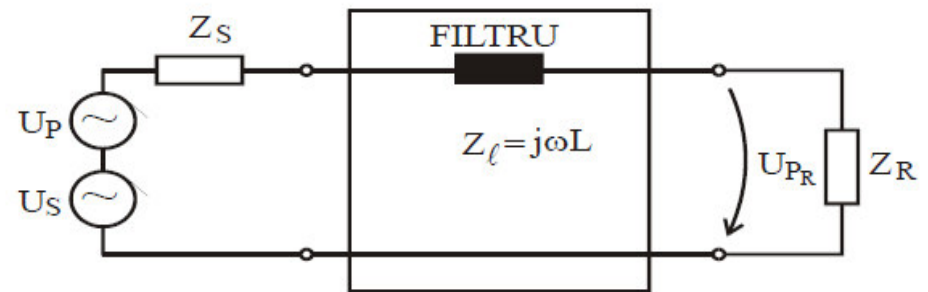


Cu cât un filtru este mai selectiv, cu atât factorul de formă este mai slab, adică se află în vecinătatea lui 1.

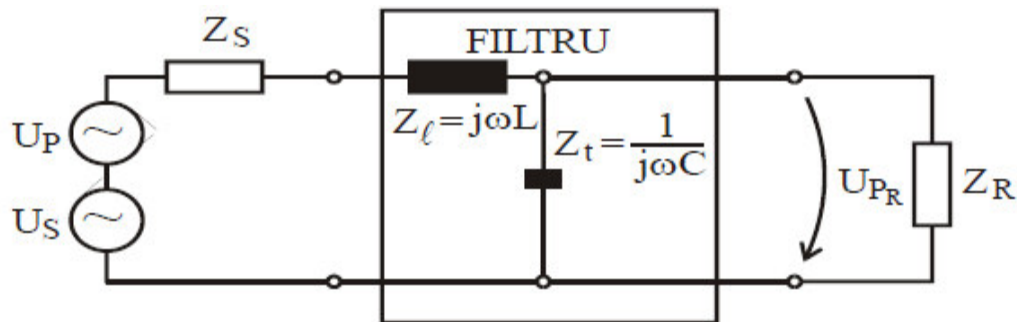
- Componentele pasive ale filtrelor formează, împreună cu impedanțele surselor și ale receptoarelor, divizoare de tensiune al căror raport de divizare, dependent de frecvență, se definește ca fiind **atenuarea reală a filtrelor**.



a) filtru cu impedanță transversală



b) filtru cu impedanță longitudinală



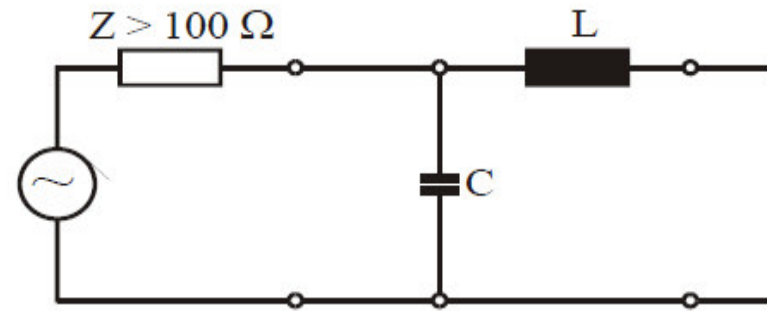
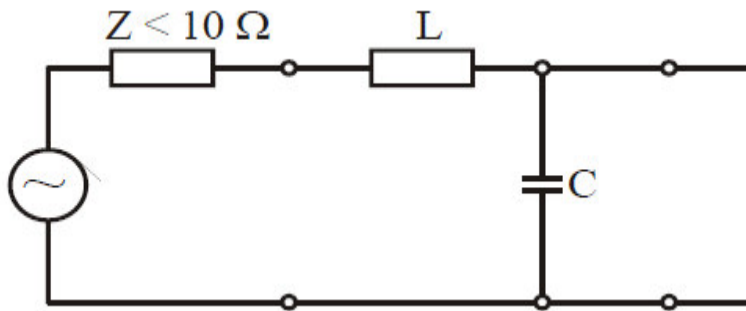
c) filtru cu impedanță transversală și longitudinală

➤ Un filtru trebuie să aibă o impedanță mult diferită de impedanțele circuitului în care el se montează.

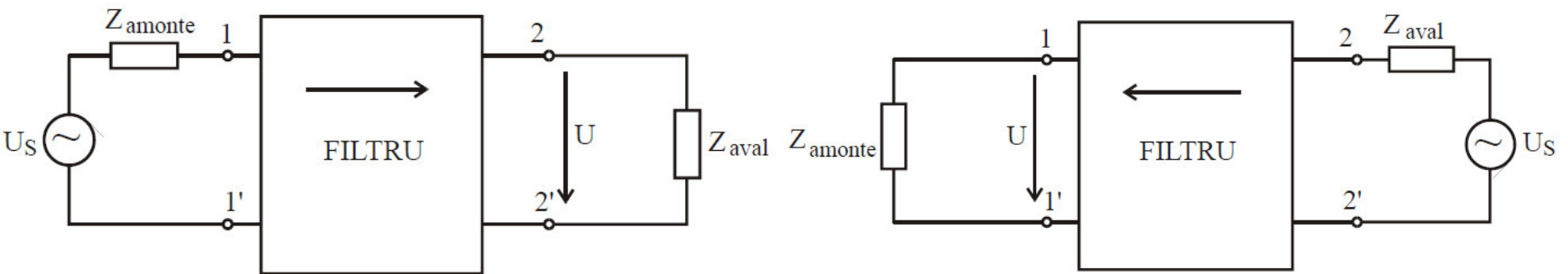
Valorile impedanțelor amonte și aval de locul de montare sunt esențiale pentru alegerea filtrului.

→ *un filtru instalat într-un circuit cu impedanță mică trebuie să aibă o impedanță mare;*

→ *pentru un circuit cu impedanță mare, filtrul trebuie să aibă o impedanță mică*



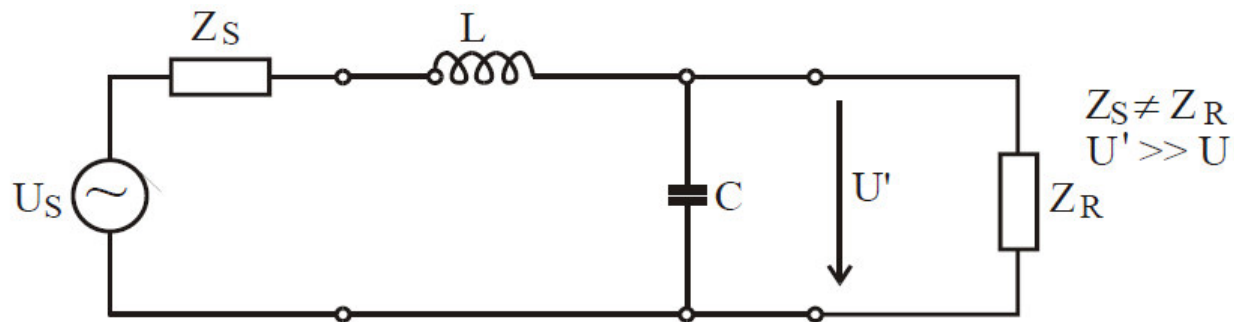
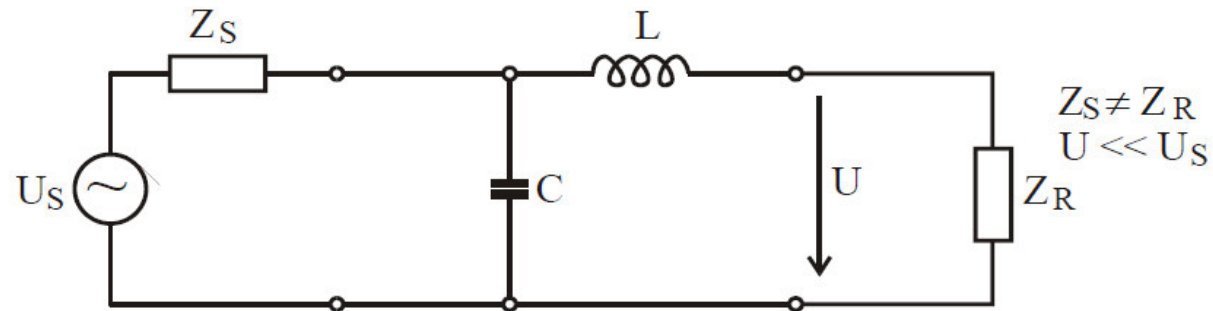
- Un filtru pasiv este **reciproc** atâta timp cât rămâne liniar → pentru impedanțe amonte și aval date, pierderea de inserție este aceeași atât de la intrare către ieșire, cât și de la ieșire către intrare.



Observație: Ca să fie liniar, un filtru trebuie să își conserve impedanța nesaturată.

- Un filtru este întotdeauna reciproc, dar nu este **reversibil** decât dacă are o structură simetrică sau dacă impedanțele amonte și aval sunt egale.

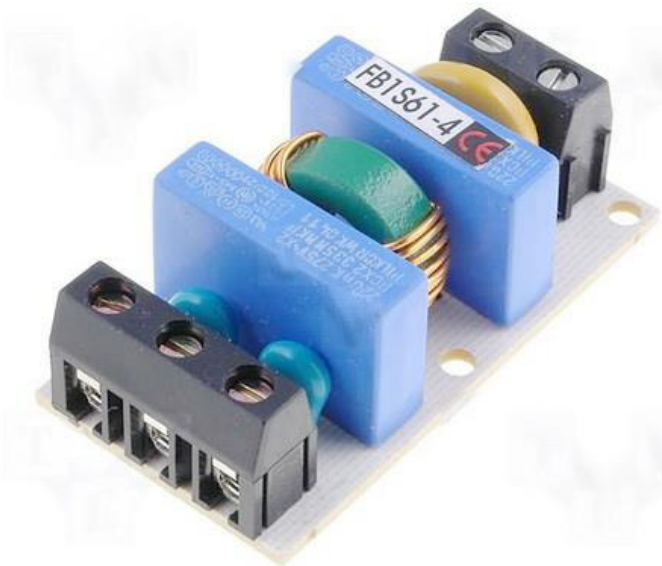
Observație: Un filtru este reversibil dacă are aceeași atenuare și dacă este montat invers.



Filtru montat invers - mai multi paraziti decât fără filtru

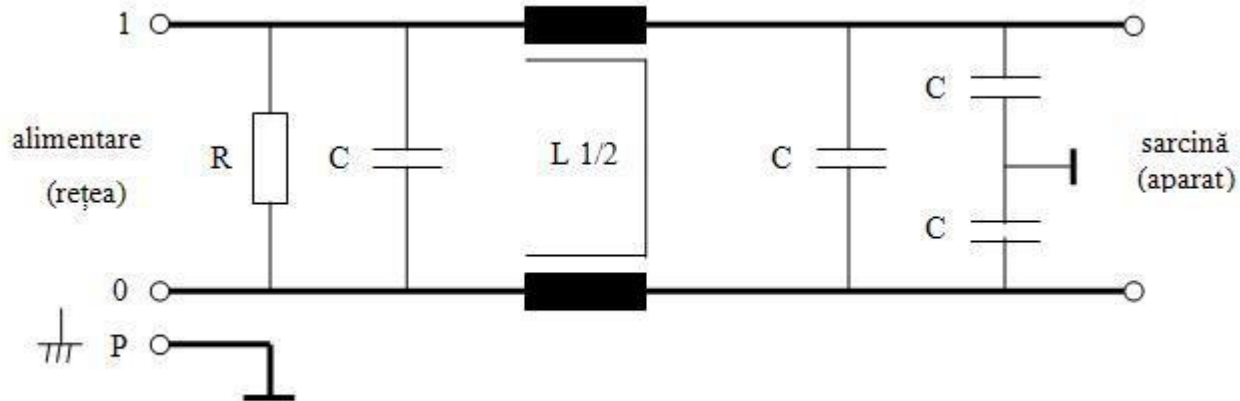
7.1.2. Filtre electrice de retea

- Se plaseaza intre retea electrica si receptor (aparatur electric/electronic).
- Rolul functional: de a opri SI sa patrunda din retea electrica de alimentare in aparatul electric/ electronic si de a opri SI produse de functionarea receptoarelor sa fie transmise in retea.
- Trebuie a fie eficiente si pentru SI de MD cat si pentru SI de MC



Filtru retea FB1S71-4





Inductivitatea $L^{1/2}$ este compensată la curentul absorbit de aparat de la rețea.

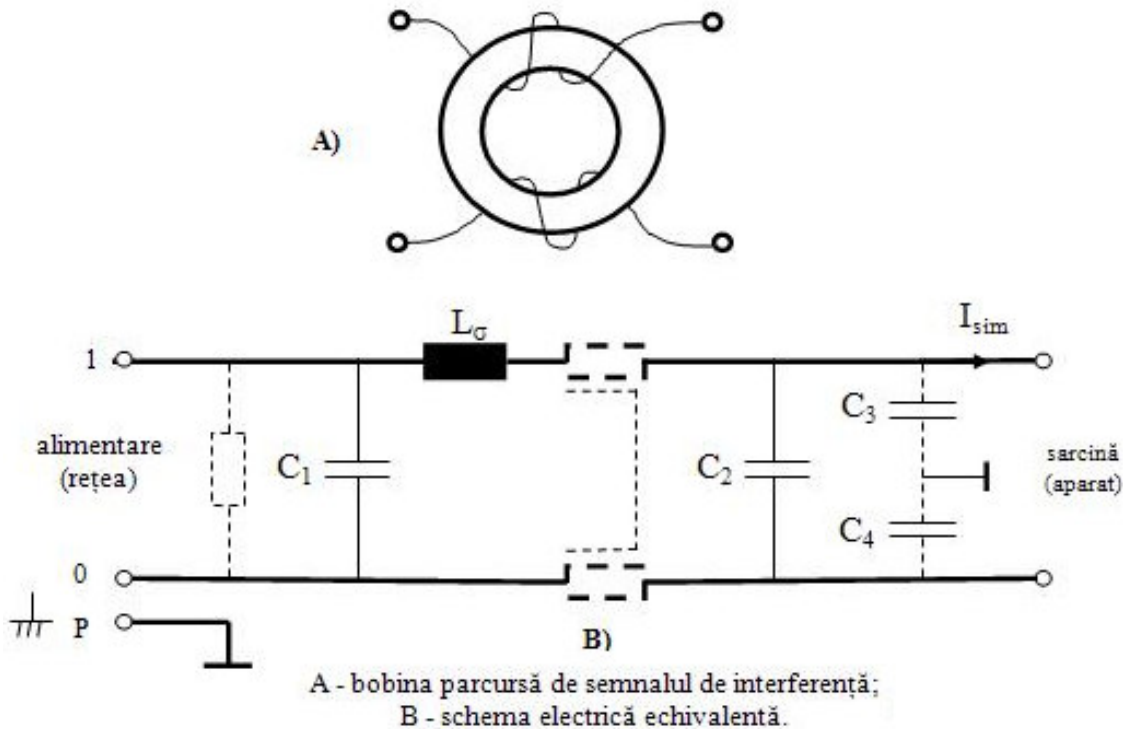
Pe un miez toroidal de ferită sunt bobinate două înfășurări, cu un număr egal de spire, astfel încât solenația curentului de ducere "anulează" pe aceea a curentului de întoarcere.

Anularea nu este totală din cauza câmpului magnetic local de dispersie.



Soclu alimentare tata IEC cu filtru rețea Yunpen, 2 x 0,7 mH, 7 A

□ Filtre electrice pentru perturbatii de mod diferential

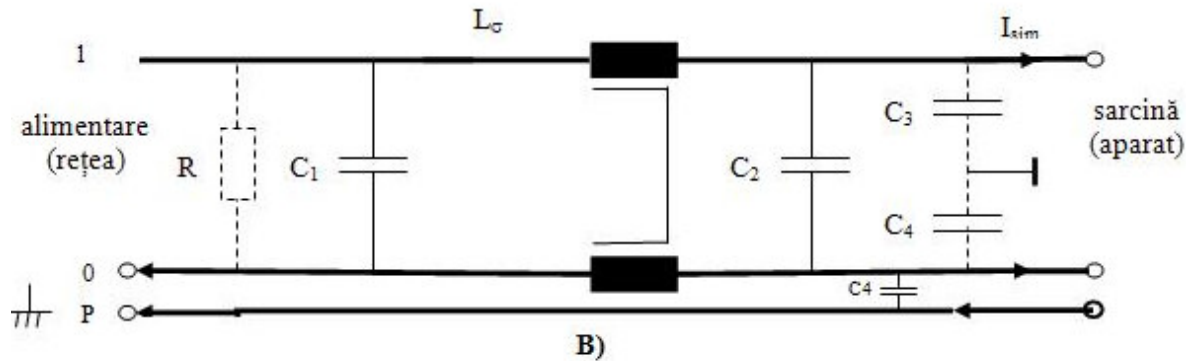
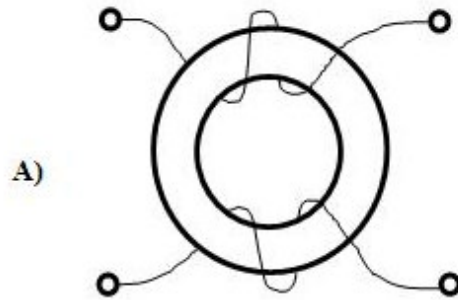


- Pentru frecvența de exploatare fluxurile magnetice Φ , produse de cele două bobine, se anulează cu excepția unui mic flux de dispersie Φ_σ .

→ efectul de filtrare este produs numai de condensatoarele C_1 și C_2 de capacitate mare (1..20 μF).

- Când filtrul nu este în serviciu descărcarea condensatoarelor C_1 și C_2 este asigurată de rezistența R (aproximativ 300 $\text{k}\Omega$).

□ Filtre electrice pentru perturbatii de mod comun

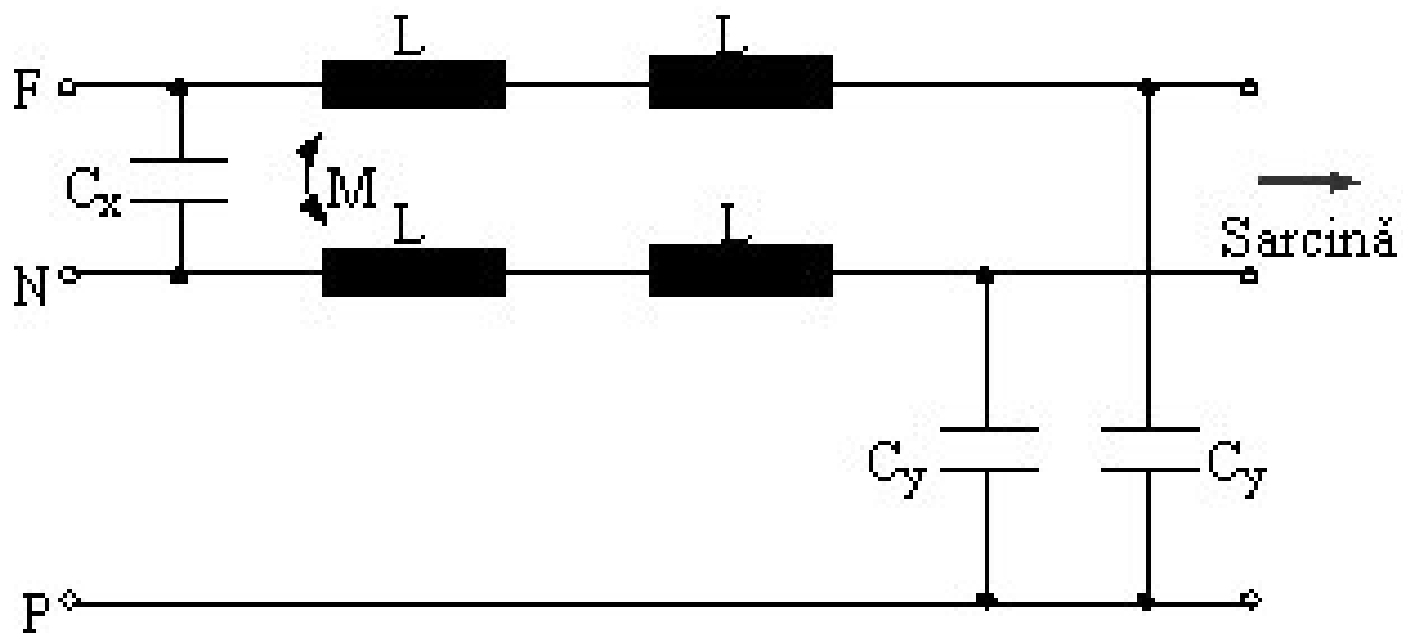


Funcționarea asimetrică: A - bobina parcursă de semnalul de interferență; B - schema electrică echivalentă.

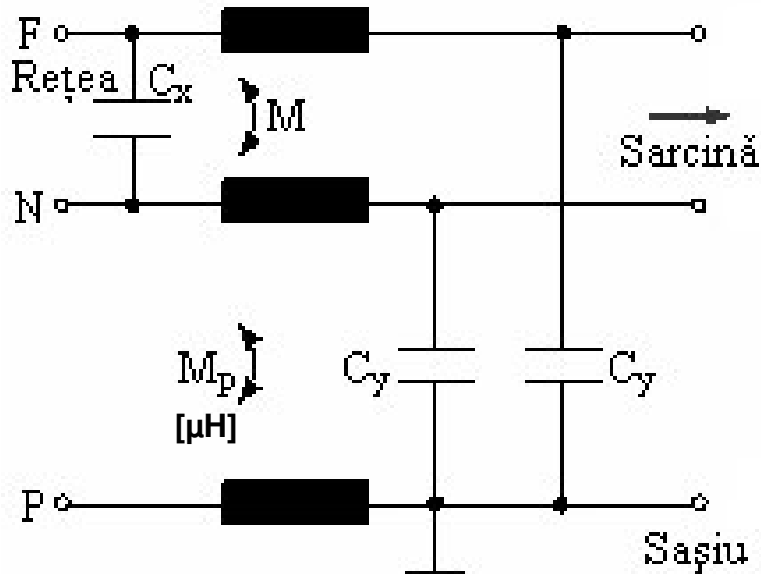
Interferența este de ÎF (100 kHz...1 GHz) și se datorează cuplajului prin radiație electromagnetică al liniei L și a conductorului neutru N , → conductorul L cât și conductorul neutru N primesc, practic, același potențial față de pământ.

Fluxurile magnetice generate în miezul de ferită al bobinei $L/2$ (5mH), de curenții i_1 și i_2 , sunt în același sens → bobina prezintă o reactanță proporțională cu frecvența curentului.

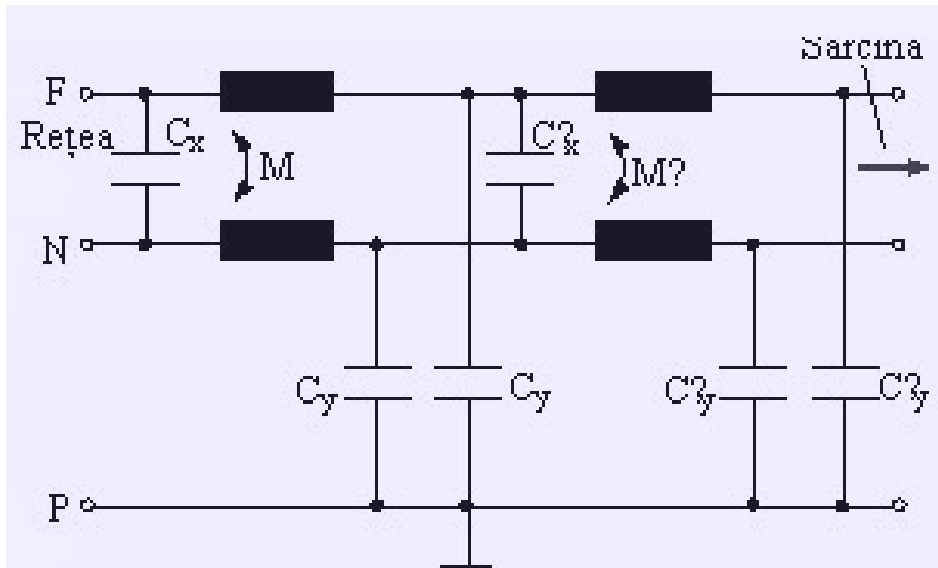
La frecvențe mai ridicate (>10 MHz) permeabilitatea miezului de ferită dispare, iar funcția de filtraj este preluată de condensatoarele C_3 și C_4 .



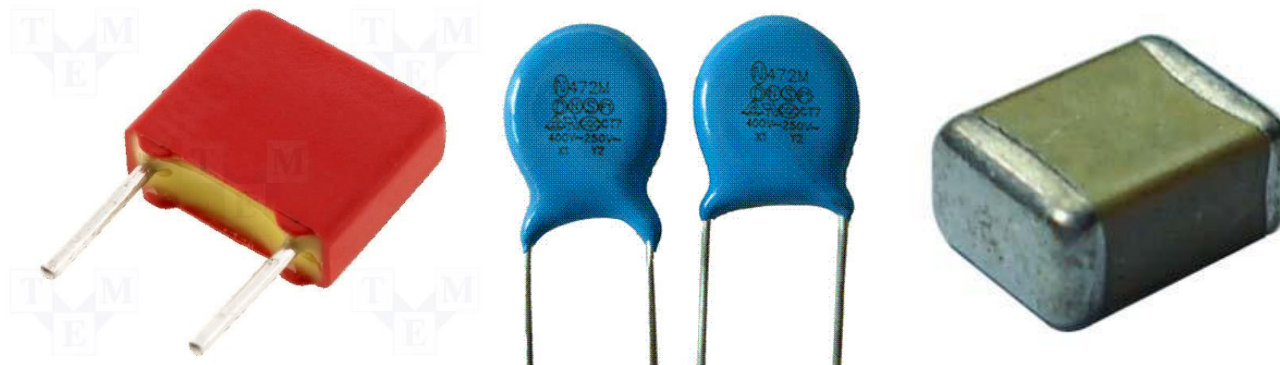
I_{ef}	C_x	M	L	C_y
1 A	100 nF	10 mH	100 μ H	2,2 nF
10 A	330 nF	1 mH	10 μ H	4,7 nF



Filtru de rețea cu cuplaj mutual.



Filtre de rețea înseriate.



- **Materiale utilizate pentru constructia condensatoarelor: ceramica, poliester sau polistiren.**
- **Terminalele condensatoarelor trebuie sa fie cat mai scurte.**
- **In cazul bobinelor: pentru reducerea capacitatii parazite a bobinelor se recomanda ca inceputul si sfarsitul infasurarii sa fie plasate pe parti opuse, bobinarea pe galeti, iar ca tip de bobinare se foloseste bobinarea progresiva (13 25 47...).**
- **Utilizarea feritelor sub forma de margele sau mansoane in scopul de a concentra campul magnetic in jurul conductorului conduce la cresterea inductivitatii proprii a conductorului de cateva sute de ori si de obicei, nu implica reproiectarea circuitului**
- **Asigurarea simetriei**
- **Montarea filtrelor de retea, trebuie sa se tina seama de faptul ca ele se plaseaza direct pe placa de referinta a potentialului, cu montarea cablurilor (de intrare si de iesire) la 180°, iar cablurile trebuie sa fie plasate pe placa de referinta a potentialului.**

❑ Filtre industriale de armonici

Sunt utilizate acolo unde se impune reducerea armonicilor generate pentru incadrarea in limitele impuse de normative sau acolo unde este perturbata functionarea unor consumatori sensibili.



Regimurile deformante (nesinusoidale) ale sistemelor electroenergetice produc o serie de efecte nedorite care afectează buna funcționare a echipamentelor energetice.

- creșterea pierderilor de putere în materialele conductoare dielectrice și magnetice din componența echipamentelor electrice;
- apariția supratensiunilor și supracurenților de rezonanță armonică în rețelele electrice;
- creșterea solicitărilor de durată a bateriilor de condensatoare;
- creșterea pierderilor tehnologice în rețelele electrice de transport și de distribuție;
- apariția de pierderi suplimentare, de cupluri parazite și micșorarea randamentelor mașinilor electrice asincrone și sincrone;
- accentuarea fenomenului de saturație și apariția unor pierderi suplimentare în transformatoare;
- perturbații în funcționarea convertoarelor, punților redresoare și a tehnicii de calcul;
- producerea unor declanșări intempestive ale circuitelor de protecție;
- micșorarea sensibilității și degradarea clasei de precizie a contoarelor de inducție și a altor instrumente de măsură.

□ Măsuri pentru limitarea regimului deformant

- reducerea curenților armonici produși de anumiți consumatori neliniari;
- modificarea răspunsului în frecvență a sistemului în nodurile în care sunt racordați consumatorii neliniari, prin realizarea unor scheme electrice de alimentare speciale;
- limitarea circulației curenților armonici prin utilizarea unor instalații specializate în reducerea sau chiar eliminarea acestor curenți.

Dintre aceste instalații cele mai eficiente sunt filtrele de armonice.

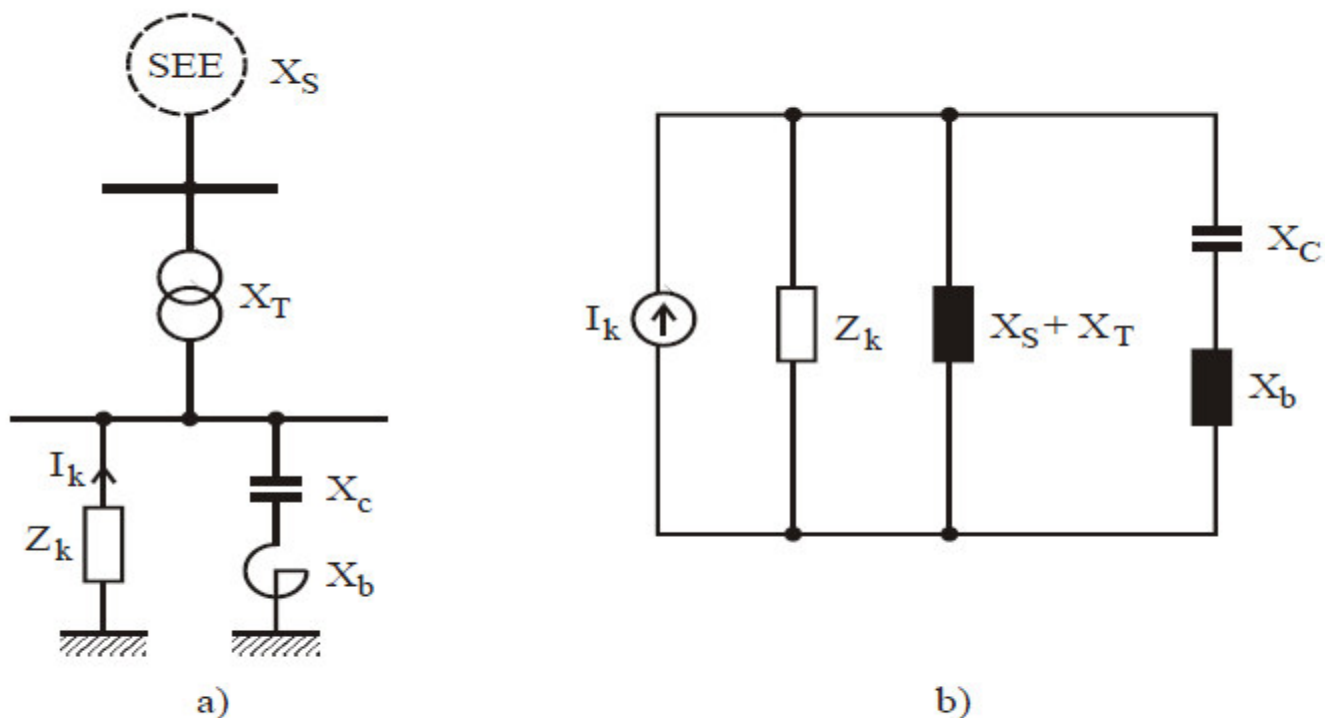


- **Filtrele de armonice sunt filtre de tip taie-bandă**, formate din baterii de condensatoare montate în serie cu o bobină și aduse la rezonanță pe frecvența anumitor armonice care urmează a fi diminuate sau chiar eliminate.
- **Un filtru acordat pe frecvența unei armonice constituie un scurtcircuit trifazat pentru curentul armonic respectiv, în punctul în care este montat filtrul. Deoarece filtrul realizează în punctul în care este montat, un potențial nul, el anulează și armonica de tensiune generată de curentul armonic respectiv.**



www.eliness.ro

- Filtrele de armonice se montează în paralel cu consumatorul deformant



Montarea unui filtru de armonice pentru limitarea curentului deformant:

- montarea în paralel a filtrului de armonice cu consumatorul deformant;
- schema electrică echivalentă.

- La rezonanță, pentru armonica de rang k , filtrul trebuie să satisfacă relația:

$$X_{bk} - X_{ck} = 0$$

sau

$$k \omega L = \frac{1}{k \omega C}$$

unde: L – inductivitatea bobinei, determinată pentru frecvența fundamentale;
 C – capacitatea condensatorului (bateriei de condensatoare).
 $\omega = 2\pi f_1$ - pulsația undei de curent la frecvența, f_1 , a fundamentalei.

- În practică, interesează cum se comportă un filtru acordat pe frecvența armonice de rang k față de o altă armonică, de rang m , adică pentru o undă de curent armonic de frecvență mai mică sau mai mare decât frecvența armonice de rang k .
- Față de armonica de rang m , un filtru rezonant pe armonica de rang k va avea:

$$m \omega L \neq \frac{1}{m \omega C}$$

$$m \omega L - \frac{1}{m \omega C} = A \neq 0$$

- Exprimând capacitatea filtrului în funcție de inductivitatea sa și introducând-o în relația de mai sus, avem:

$$C = \frac{1}{k^2 \omega^2 L}$$

și, după înlocuire:

$$A = \omega L \left(m - \frac{k^2}{m} \right)$$

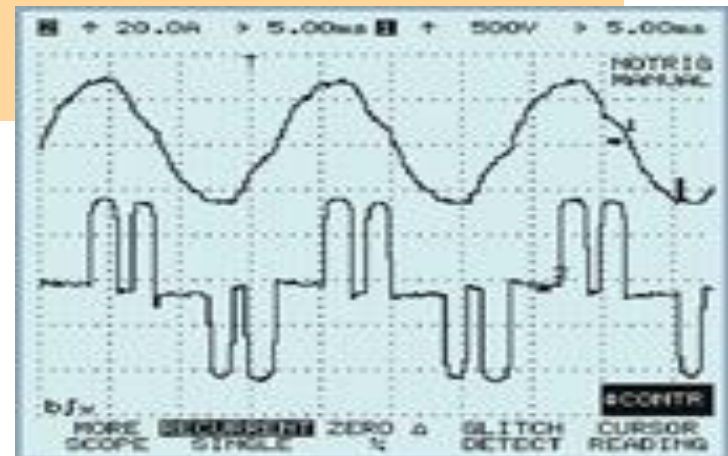
- Analizând această expresie se constată următoarele:
 - Pentru $m < k$, rezultă $A < 0$, adică pentru armonice de rang mai mic, care au frecvențe mai reduse decât frecvența pe care a fost acordat filtrul, acesta se comportă ca un condensator (are caracter capacitiv);
 - Pentru $m > k$, rezultă $A > 0$, adică pentru armonica de rang mai mare, care au frecvențe mai mari decât frecvența pe care a fost acordat filtrul, el se comportă ca o bobină (are caracter inductiv).

- Rezultă că orice filtru rezonant pe o anumită frecvență va amplifica armonicile de frecvență mai mici și va absorbi, parțial, armonicile de frecvențe mai mari decât frecvența pe care a fost acordat.
- Cum fundamentală are rangul 1, adică are frecvența cea mai mică, orice filtru se va comporta ca un condensator față de fundamentală, adică va produce putere reactivă inductivă contribuind la compensarea necesarului de putere reactivă a consumatorului deformant.
- Filtrul va descărca rețeaua de alimentare de o parte din puterea reactivă cu care ar fi trebuit să se încarce reducând, astfel, pierderile de putere și de tensiune pe rețeaua de alimentare și măbind tensiunea la bornele consumatorului.

- Totodată, filtrul va crește și valoarea factorului de putere al consumatorului.
- Altfel spus, orice filtru va juca, față de fundamentală, rolul unei baterii de condensatoare pentru compensarea necesarului de putere reactivă a consumatorului.
- De aceea, când se montează un filtru de armonice într-un nod de consum din sistemul electroenergetic, **trebuie să se facă o corelare a capacității sale de a debita putere reactivă cu celelalte măsuri adoptate în acel nod pentru îmbunătățirea factorului de putere.**

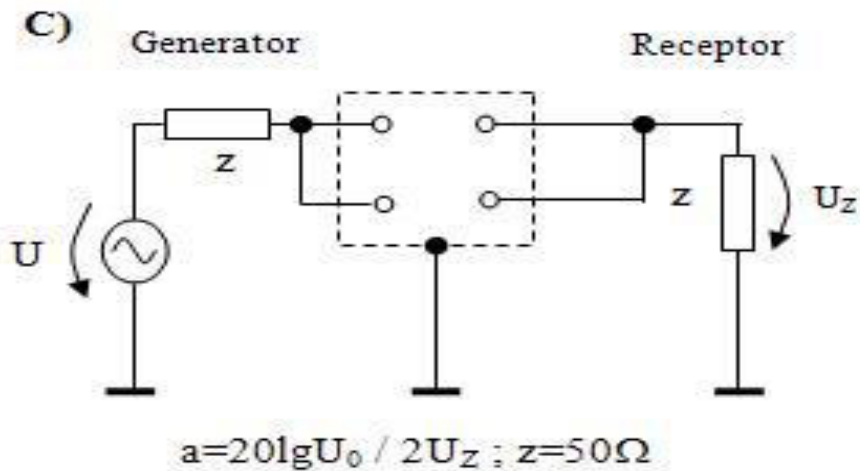
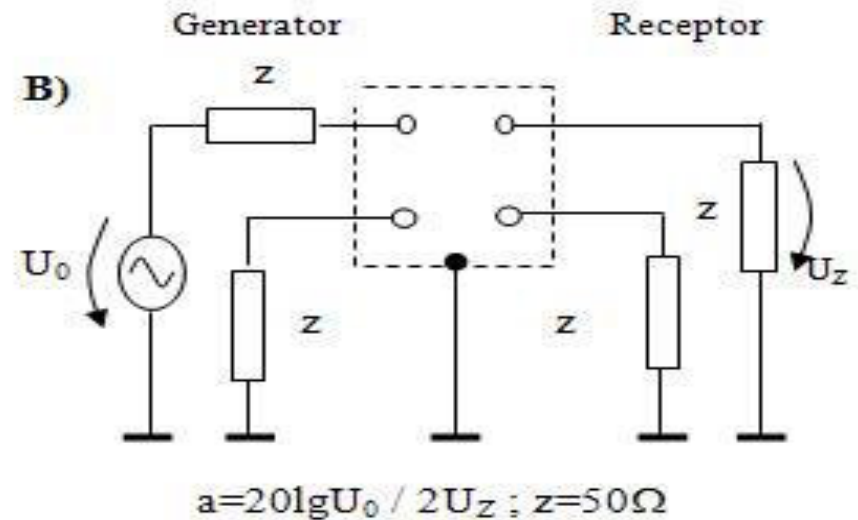
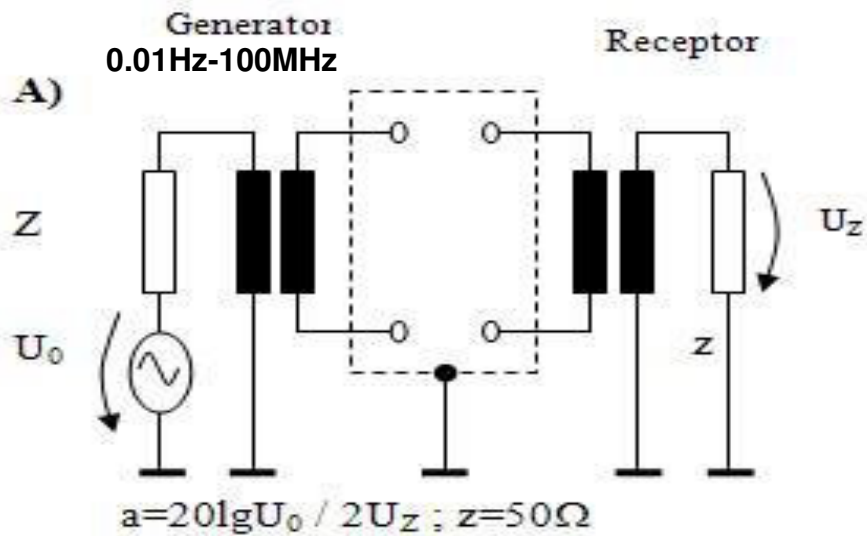
Avantajele optimizarii retelei cu filtre de armonice:

- ✓ Evitarea problemelor de legate de producerea fenomenului de rezonanta;
- ✓ Îmbunatatirea calitatii generale a energiei
- ✓ Economisirea costurilor de intretinere;
- ✓ Reducerea facturilor de electricitate
- ✓ Reducerea facturilor de electricitate prin eliminare puterii reactive si prin reducerea pierderilor de kWh
- ✓ Întarzierea sau chiar evitarea de noi investitii prin imbunatatirea utilizarii sistemelor de distributie de energie si a echipamentelor;
- ✓ Stabilizarea proceselor de productie;
- ✓ Stabilizarea tensiunii de alimentare.



www.alfaenerg.ro

Conexiuni de încercare

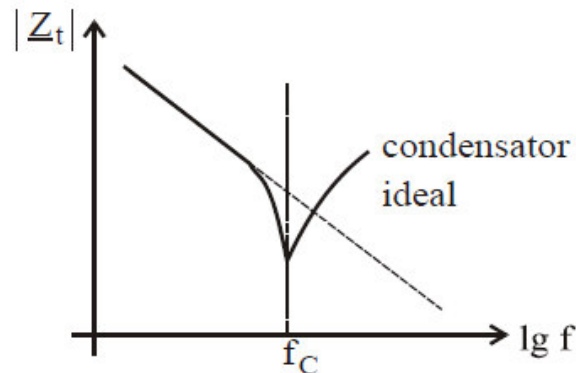
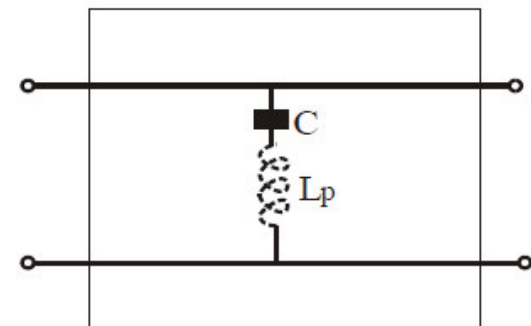
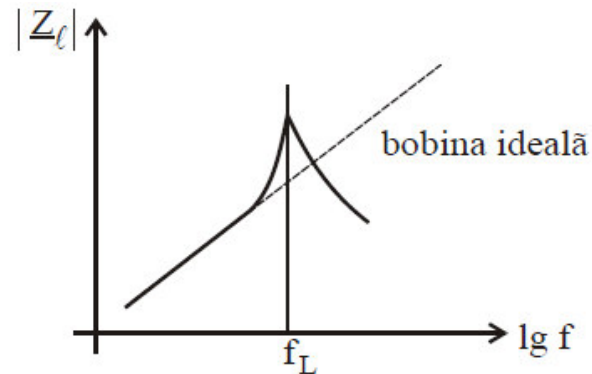
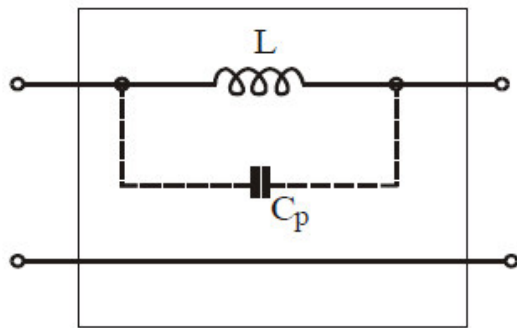


Schema de verificare a atenuării filtrelor:

- A) - excitația simetrică;
- B) - excitația nesimetrică;
- C) - excitația asimetrică.

□ Rezonanța componentelor pasive

➤ Prezența componentelor de tip reactiv (bobine și condensatoare) în structura unui filtru creează un sistem oscilant care, în apropierea frecvenței proprii de rezonanță, poate să producă o atenuare negativă → **amplificare de inserție.**



- ↓
- ✓ Deplasarea rezonanțelor proprii într-un domeniu de frecvență fără probleme
 - ✓ Amortizarea rezonanțelor cu ajutorul unor rezistoare
 - ✓ Utilizarea unor bobine și condensatoare cu pierderi mari

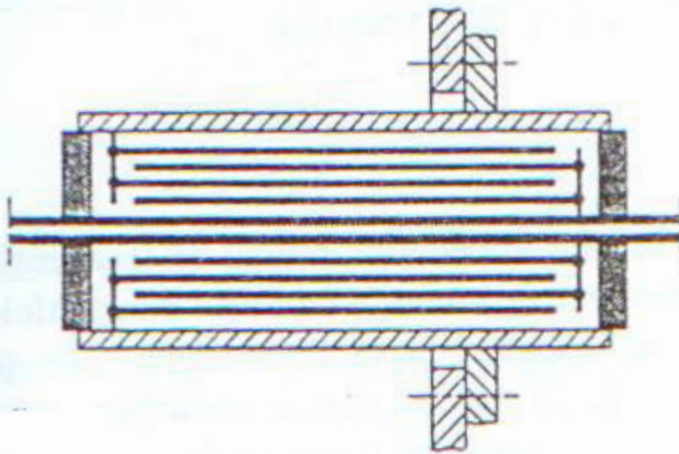
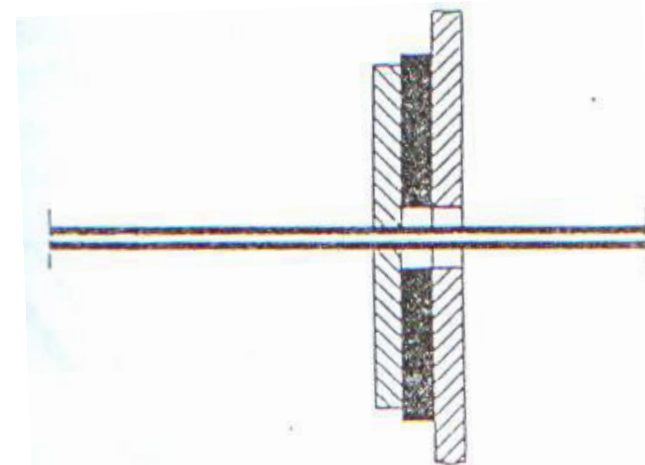
- Condensatoarele de trecere coaxiale se utilizeaza numai pentru perturbatiile de MC, pe cand condensatoarele de trecere necoaxiale se utilizeaza si pentru perturbatiile de MD.



Condensator bipolar

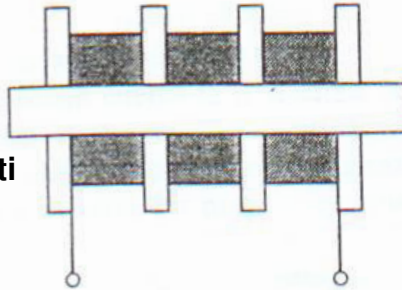


Condensator tripolar

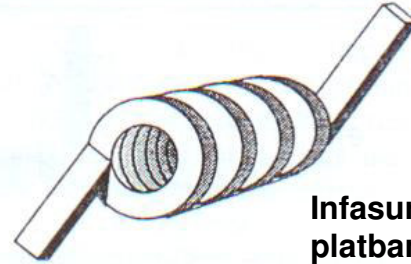
Condensator cu patru borne
("Condensator de trecere"
necoaxial)"Condensator de trecere"
coaxial
(de tip bobinat)Condensator de trecere
(de tip disc)

- Bobinele se utilizează în cazul în care impedanța internă de IF a unei surse este prea mică pentru ca singura cu condensatoarele montate să asigure o divizare suficientă a tensiunii.

Bobinaj în galetă multistrat

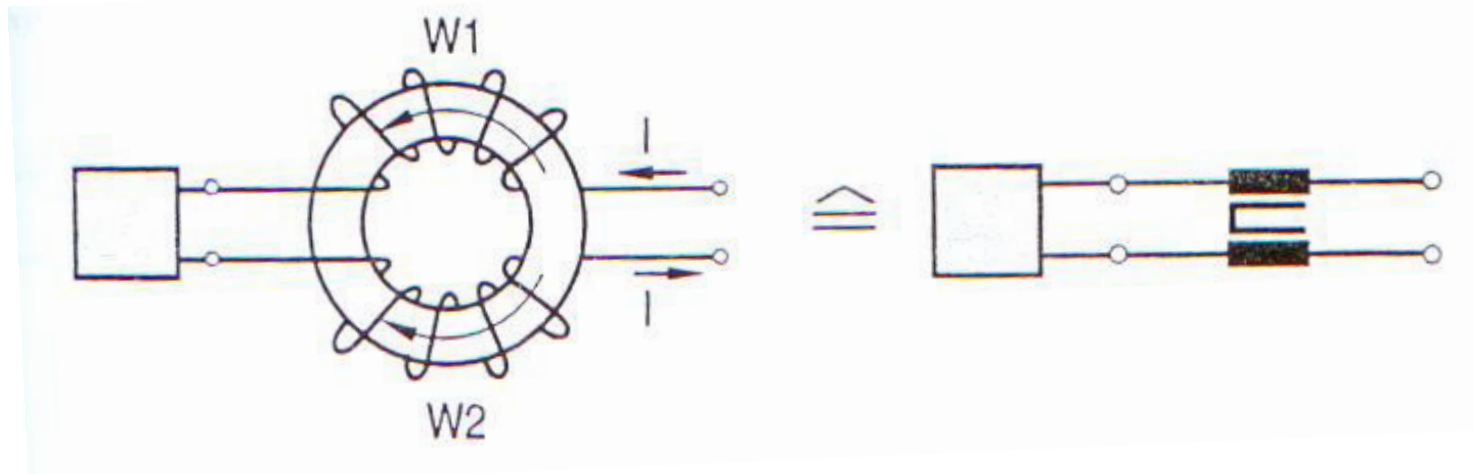


Infasurare din platbandat



Cresterea de inductivitate obținută ca urmare a miezului din material feromagnetic are un efect pozitiv asupra acțiunii de antiparazitare numai în situația în care miezul nu este premagnetizat până la saturație de curentul de lucru.

Bobina de filtrare cu compensare de curent:



7.2. Filtre electrice active

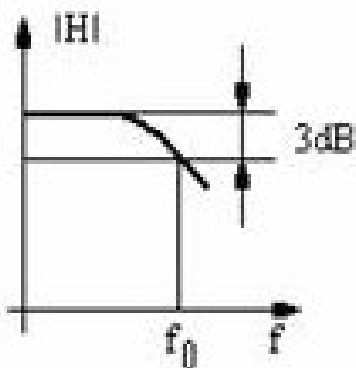
➤ *Sunt folosite in principal in aplicatii unde distorsiunile de armonici sunt deosebit de mari, in instalatiile care prezinta curenti mari in neutrul conductoarelor sau in instalatii unde se semnaleaza consecintele functionarii in regim nesinusoidal pronuntat.*



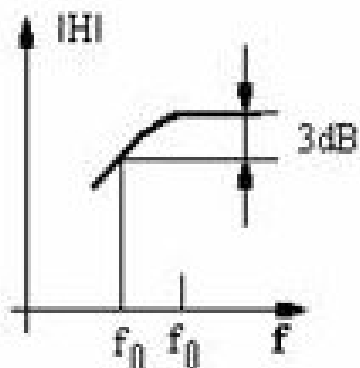
www.alfaenerg.ro

Aplicatii tipice:

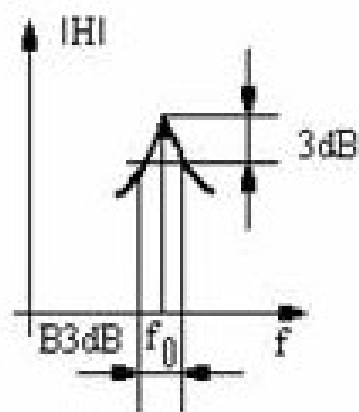
- *IT si centru de date;*
- *industria de gaz si petrol;*
- *banci si companii de asigurare;*
- *telegondole;*
- *cladiri de birouri;*
- *echipamente UPS;*
- *industria semiconductoare;*
- *industria de otel;*
- *industria auto;*
- *fabrici cu procese continue...*



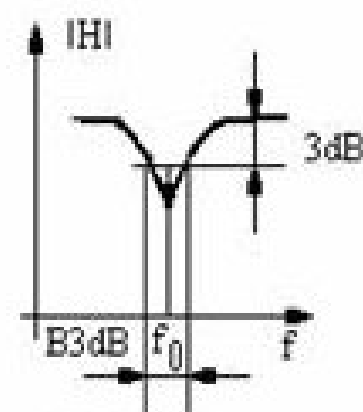
T.J.



T.S.



T.B.



O.B.

Amplificatoare operationale + rețele RC (JF)

Amplificatoare operationale + rețele RC sau LC (FTB sau FOB)

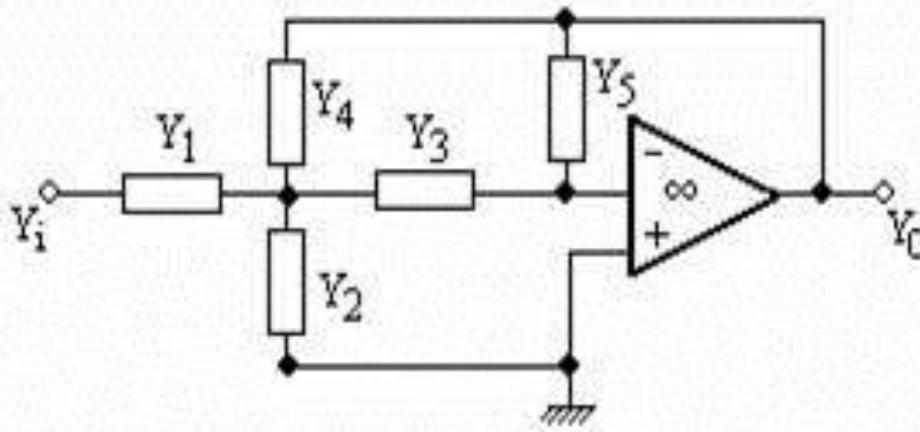
Amplificatoare operationale rețele LC (FTJ sau FTS)

Avantaj: Independenta caracteristicii de transfer si a parametrilor filtrelor de parametrii elementelor active utilizate si, implicit, de variatia acestora la modificari ale mediului ambiant.

Filtrele active RC

Amplificatoarele folosite sunt in majoritatea cazurilor operationale, in special integrate.

Folosite in distorsiometre si voltmetre selective de joasa frecventa (5 Hz - 1 MHz) , in oscilatoare interferentiale sau sintetizoare, etc.



7.3. Limitatoare (descărcătoare) de supratensiuni/supracurenți

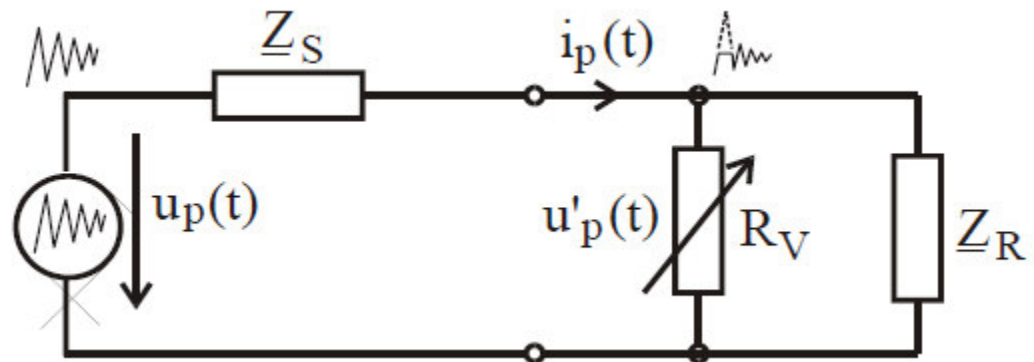
➤ Au rolul de a proteja echipamentele electrice și electronice “agresate” prin conducție de către supratensiuni de mare energie (adică de relativ lungă durată și mare amplitudine).

Caracteristicile limitatoarelor de supratensiuni:

- tensiunea de strapungere (amorsare);
- tensiunea reziduala dupa strapungere;
- timpul de raspuns;
- curentul de pierderi la tensiune normala;
- capacitatea parazita;
- robustetea la perturbatiile energetice;
- modul de revenire la disparitia supratensiunii;
- pretul de cost.

- Sunt protecții de tip paralel.
- Constituție robustă pentru a permite să fie parcurse de curenți electrici de valori foarte mari în intervale de timp relativ mari, uneori de ordinul *ms*.
- Reprezintă rezistoare puternic neliniare, care în domeniul tensiunilor de lucru au valori foarte mari, astfel încât pot fi considerate, practic, că nu există în schemele electrice, iar în timpul manifestării supratensiunilor rezistența lor scade rapid până la valori foarte mici.
- Formează împreună cu impedanța sursei de perturbații un divizor de tensiune cu raport de divizor neliniar care reduce supratensiunile la valori sub rigiditatea dielectrică a izolației echipamentului care trebuie protejat.

$$u'_p(t) = u_p(t) - i_p(t) \cdot Z_s$$



Există trei tipuri importante de limitatoare de supratensiuni:

- eclatoare**
- diode în avalanșă;**
- varistoare;**

□ Eclatoare

- Dispozitive cu descarcare in aer sau in gaze inerte
- Au un domeniu foarte larg de utilizare. Ele protejează atât echipamentele și instalațiile sistemului electroenergetic împotriva loviturilor directe de trăsnet, cât și rețelele de curenți slabi (la tensiuni de amorsare de peste 80 V).
- Considerate descărcătoare “hard”, deoarece comportarea lor în funcție de tensiune este asemănătoare cu cea a unui comutator.



Eclator cablu coaxial KO-9P



Eclatoare (paratresnet) casnice

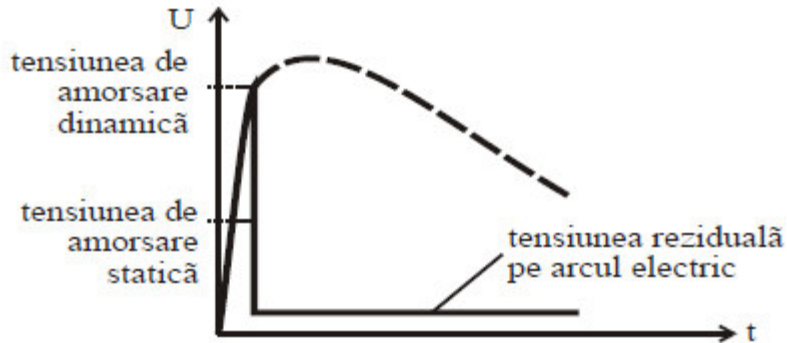
➤ Tensiunea de amorsare a eclatorului depășește cu mult tensiunea de amorsare statică (tensiune de amorsare statică = tensiunea măsurată la o viteză de creștere a tensiune de 100V/s).

➤ După un timp de la apariția supratensiunii, eclatorul amorsează și rezistența sa se reduce cu aproximativ zece ordine de mărime, iar tensiunea scade la $U = (70 \div 130)V$, corespunzătoare tensiunii de menținere a descărcării luminescente.

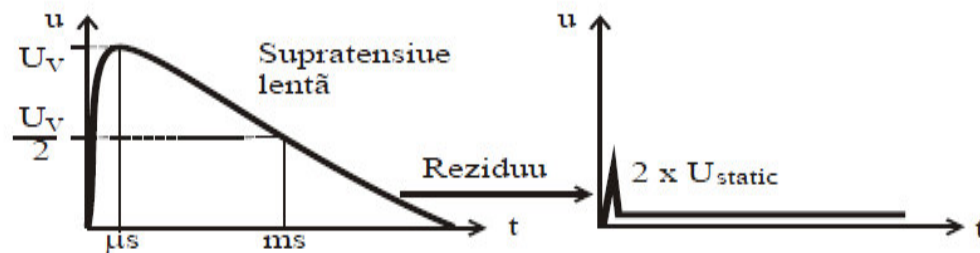
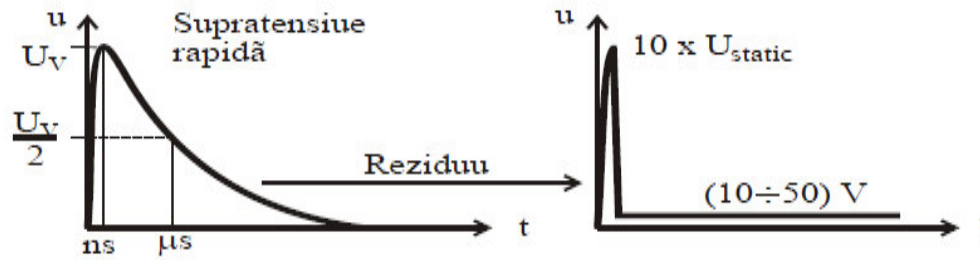
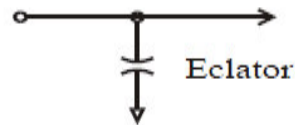
Dacă sursa de perturbații are o impedanță internă suficient de mică, tensiunea scade în continuare până la tensiunea de arc electric $U_{arc} \leq (20 \div 25)V$.

➤ Capacitate mare de trecere a curentului;

➤ Influența neglijabilă atât rezistivă, cât și capacitivă asupra rețelei, în regim normal de funcționare a sistemului electric în care este montat.



Caracteristica de tensiune la funcționarea eclatorului



Comportarea unui eclator la impulsuri de supratensiuni

□ Diode în avalanșă

- Diode cu siliciu în avalanșă de tip Zener cu joncțiuni pn de suprafață mare pentru curenții de blocare foarte mari. (TRANSZORB, TRANSIL)
- Prezintă un timp de amorsare foarte mic de sub 1ns, dar care, în practică, crește la valori de ordinul nano secundelor din cauza inductivităților conexiunilor.
- Au capacități de valori mari (până la 15.000pF), fapt ce exclude posibilitatea utilizării lor la sistemele de înaltă frecvență.
- Tensiunea de strapungere pentru o joncțiune: 5,7-200V

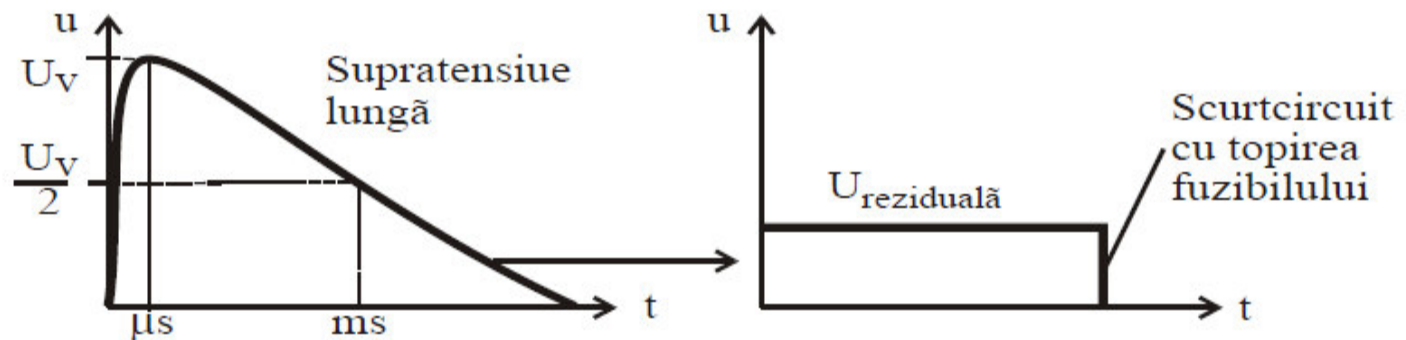
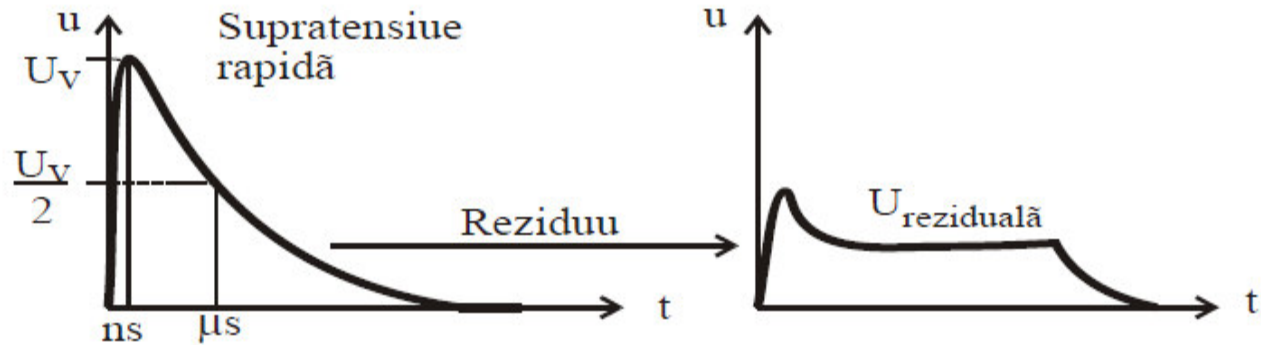
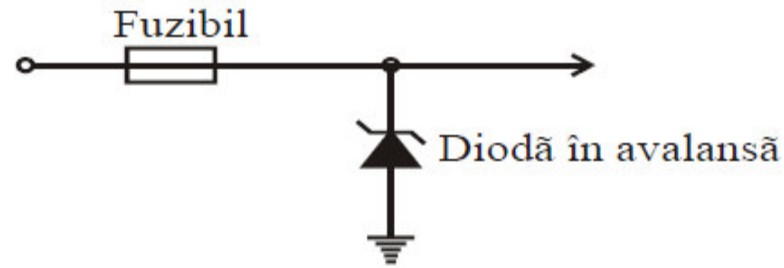


40HF70 dioda avalansa 700V/40A DO-5



AR3PG-M3/87A dioda avalansa 400V/3A SMPC

- Sunt în mod obișnuit, elemente unipolare, dar prin conectarea câte două în serie – opoziția se obține o caracteristică simetrică.
- Sunt ușor de montat pe circuitele imprimate din electronică. Ele protejează liniile de semnal sau sunt utilizate ca protecții secundare în aval de eclatoare.
- Pentru protecția semnalelor rapide, capacitatea lor mare impune adăugare în schemă a unei diode de redresare de mică capacitate polarizată invers.



Comportarea unei diode în avalanșă la impulsuri de supratensiuni

□ Varistoare

- Sunt rezistoare neliniare puternic dependente de tensiune, realizate din oxizi metalici (în principal din ZnO) → VDR (Voltage Dependent Resistors) sau MOV (Metal Oxid Varistors).
- Au o caracteristică curent-tensiune care se poate aproxima, în domeniul de funcționare, prin relația :

$$I = KU^\alpha$$

K – factor care ține seama de geometria pastilei ceramice care formează varistorul (diametrul discului și grosimea sa)

$\alpha > 2$ - exponent dependent de materialul din care este constituit varistorul.

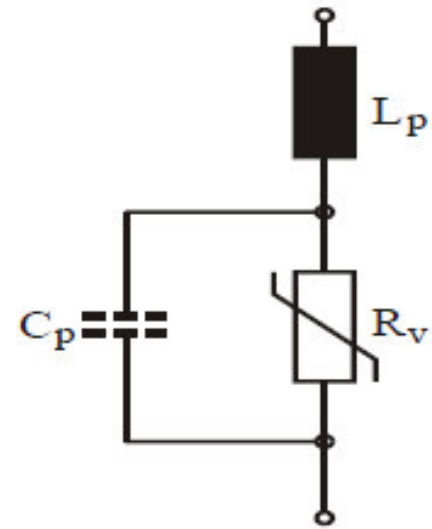
- Variația în funcție de tensiune a rezistenței varistorului:

$$R_v = \frac{U}{I(u)} = \frac{U}{KU^\alpha} = \frac{1}{K} \cdot U^{1-\alpha}$$



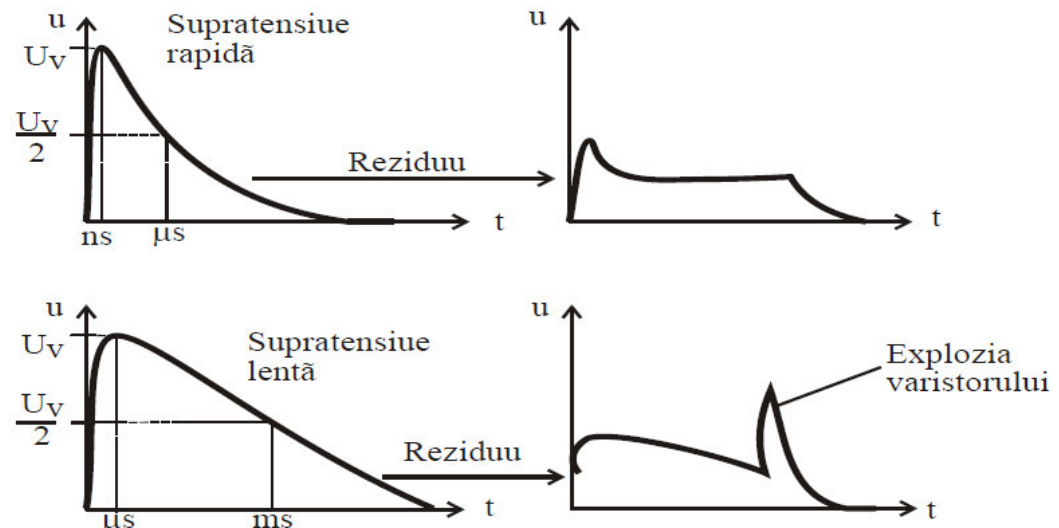
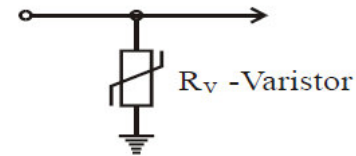
- Schema electrică echivalentă unui varistor ia în considerare atât inductivitățile parazite ale conexiunilor, cât și capacitatea parazită a discurilor,

➤ Capacitatea parazită, C_p la $\epsilon_r = 1200$ este cuprinsă între 100pF și câteva zeci de mii de pF. Datorită capacității proprii de valoare mare varistoarele nu pot fi utilizate la sistemele de înaltă frecvență.



➤ Pentru protecția la supratensiuni capacitatea mare a varistoarelor reprezintă un avantaj.

Comportarea unui MOV la impulsuri de supratensiuni rapide și lente



Dezavantaje ale utilizării varistoarelor:

- Îmbătrânesc în funcție de numărul și de energia impulsurilor de supratensiuni pe care le limitează.

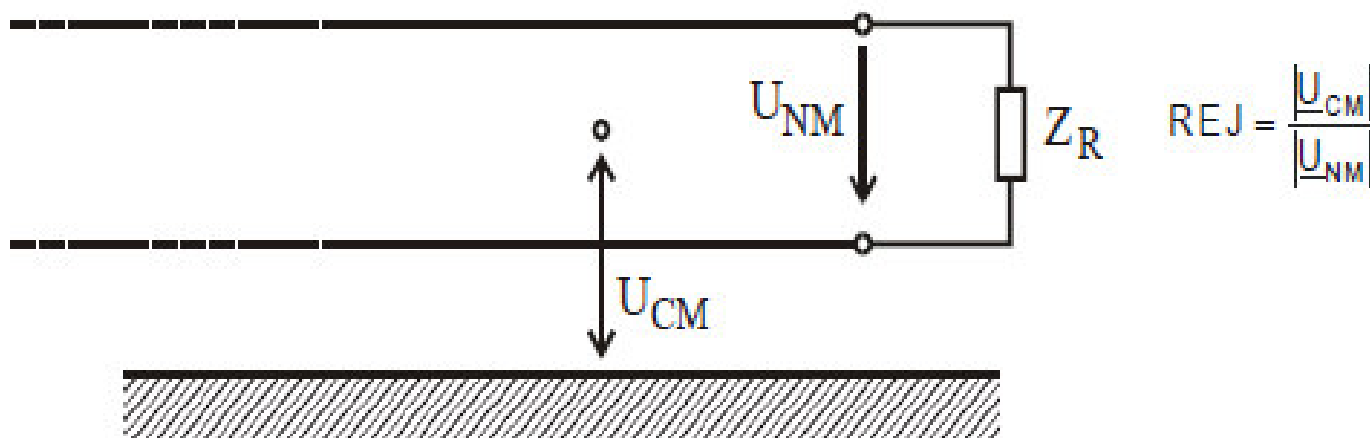
Exemplu: un varistor poate rezista la 1 impuls de 100J sau la 100 de impulsuri de 30J, după care se distruge prin explozie.

- Când un varistor îmbătrânește se comportă tot mai mult ca o rezistență liniară sfârșind prin a lua foc datorită curentului mare care îl parcurge.
- Majoritatea varistoarelor sunt realizate din ZnO, dar există și varistoare din carbură de siliciu (SiC) utilizate la protecția de MT și ÎT.

Carbura de siliciu prezintă avantajul unei călduri masice mai ridicate, dar nu are o comportare atât de fermă ca ZnO, la tăierea supratensiunilor.

7.4. Simetrizoare și rejecția de mod comun

Rejecție de mod comun = raportul dintre tensiunea aplicată unei intrări de mod comun și tensiunea aparent “văzută”, de mod normal (diferențial)



- **Cu cât rejecția de mod comun are valoare mai mare cu atât conversia MC/MN este mai redusă, adică cu atât mai puțin se transformă tensiunea perturbatoare în tensiune de semnal util la receptor.**
- **În cazul circuitelor de JF eliminarea conversiei CM/NM se poate face relativ simplu prin simetrizarea circuitului (impedanțele conductoarelor de dus și de întors egale) sau prin separare (izolare) galvanică.**
- **La înaltă frecvență, rejecția de MC poate fi îmbunătățită prin utilizarea efectului reductor al cablurilor blindate (ecranate) sau utilizând o inductivitate cuplată în mod comun.**

CONCLUZII:

- ✓ Filtrele electrice sunt circuite care prelucrează în mod diferențiat semnalele în funcție de frecvența acestora și care au ca destinație principală reducerea interferențelor de conducție
- ✓ Un filtru de CEM funcționează prin separarea componentelor spectrale ale semnalului util de componentele spectrale ale perturbațiilor.
- ✓ **Filtrele electrice active** sunt folosite în principal în aplicații unde distorsiunile de armonici sunt deosebit de mari.
- ✓ **Limitatoarele (descărcătoarele) de supratensiuni/supracurenți** au rolul de a proteja echipamentele electrice și electronice “agresate” prin conducție de către supratensiuni de mare energie.
- ✓ **Simetrizoare și rejecția de mod comun** sunt utilizate în cazul în care raportul dintre tensiunea aplicată unei intrări de mod comun și tensiunea aparent “văzută”, de mod normal (diferențial) depășește valorile dorite.

Bibliografie

1. A. Ignea, “*Compatibilitatea electromagnetica*”, Editura de Vest, Timișoara, 2007;
2. G. Hortopan, “*Principii si tehnici de compatibilitate electromagnetica*”, Editura Tehnica, Bucuresti, 1998;
3. A. J. Schwab, “*Compatibilitatea electromagnetica*”, Editura Tehnica, 1997
3. F.D. Surianu, “*Compatibilitate electromagnetica. Aplicatii in ingineria sistemelor electroenergetice*”, Editura Orizonturi Universitare, Timisoara, 2005;
4. <http://www.et.upt.ro/admin/tmpfile/fileA1318247974file4e92de277907e.pdf>



- 1. Dati exemple de dispozitive electrice/electronice utilizate pentru atenuarea perturbatiilor ce apar in cazul cuplajelor prin conducție.**
- 2. Care este rolul functional al filtrelor electrice?**
- 3. Clasificarea filtrelor electrice.**
- 4. Prin ce se caracterizeaza eficacitatea unui filtru?**
- 5. Tipuri de filtre in functie de caracteristica de frecventa.**
- 6. Filtre pentru semnal.**
- 7. Filtre electrice de retea (Filtre electrice pentru perturbatii de mod diferential, Filtre electrice pentru perturbatii de mod comun,**
- 8. Filtre industriale de armonici. Măsurii pentru limitarea regimului deformant.**
- 9. Frecvența de rezonanță a filtrelor**
- 10. Limitatoare de supratensiuni (rol functional, tipuri, caracteristici principalele avantaje/dezavantaje in utilizare)**
- 11. Simetrizoare și rejectia de mod comun**
- 12. Izolarea galvanică (dispozitive care asigura izolarea galvanica)**

