

# C U R S U L 10

## 2. ELECTROKINETICA (6)

### 2.10. Elemente de circuit neliniare

Elementele de circuit neliniare sunt elementele la care parametrii lor sunt dependenți de valorile curentului sau a tensiunii, sau de sensul curentului prin ele. Dependența  $U = f(I)$  nu mai este o linie dreaptă.

După aspectul grafic al caracteristicii  $U = f(I)$ , elementele se clasifică în **elemente neliniare simetrice și elemente neliniare nesimetrice**. Elementele simetrice au curba caracteristică simetrică în raport cu originea axelor, adică rezistența acestor elemente depinde de valoarea intensității curentului, nu și de sensul curentului. Elemente simetrice sunt: descărcătoarele cu tirit, lămpile cu incandescență etc. Elementele nesimetrice au caracteristica nesimetrică față de origine, rezistența lor depinzând și de sensul curentului electric. Un exemplu de element neliniar nesimetric este dioda semiconductoare.

Se vor prezenta sumar în cele ce urmează câteva elemente neliniare mai des întâlnite în aplicații tehnice.

#### 2.10.1. Lămpile cu incandescență.

Sunt rezistoare care lucrează la temperatură mare (rezistoare termice). Din cauza încălzirii conductorului, rezistența lor variază sensibil de la starea de funcționare cu curenți mult mai mici decât curentul nominal (la rece), la starea de funcționare normală (rel.2.42). În figura 2.53a sunt reprezentate caracteristicile a două lămpi: cu filament metalic (1) și cu filament de cărbune (2). Lampa cu filament metalic are coeficientul de temperatură al rezistivității pozitiv, iar lampa cu filament de cărbune are coeficientul de temperatură al rezistivității negativ (vezi tabelul 2.2).

### 2.10.2. Tubul baretor.

Este format dintr-un balon de sticlă umplut cu hidrogen, în interiorul căruia se găsește un filament de fier legat la bornele exterioare. Caracteristica baretorului este reprezentată în figura 2.53b. Între limitele  $U$  și  $U'$ , curentul este practic constant. Tubul se utilizează ca stabilizator de curent.

### 2.10.3. Termistoarele.

Sunt rezistențe termice care se execută din materiale semiconductoare și au caracteristica reprezentată în figura 2.53c. Ele se utilizează în aparate pentru a compensa variația altor rezistențe cu temperatura, astfel încât rezistența totală să fie independentă de temperatură. Termistoarele se mai folosesc și pentru măsurarea temperaturii.

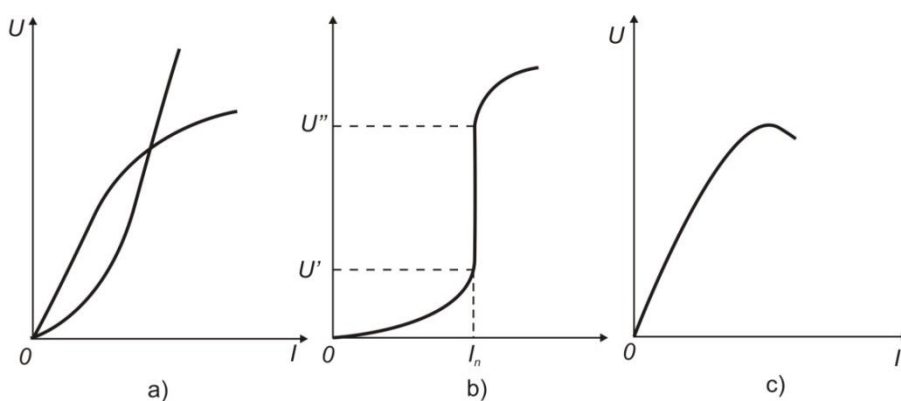


Fig.2.53. Caracteristica  $U = f(I)$  pentru: a) lămpile cu incandescență; b) tubul baretor; c) termistor.

### 2.10.4. Rezistoarele din tirit.

Tiritul este un material ceramic (carbură de siliciu) a cărui rezistență are valori mari la tensiuni scăzute și valori mici la tensiuni ridicate (fig.2.54a). Ecuația aproximativă a caracteristicii este:  $U=AI^{2/7}$ . Elementele din tirit se folosesc la construcția decărcătoarelor cu rezistență pentru protecția instalațiilor de înaltă tensiune (stații electrice) la supratensiuni. În figura 2.54b este reprezentată o instalație **N** protejată cu descărcătorul cu tirit **T** conectat în paralel. Descărcătorul

**T** este format dintr-o coloană **T** de discuri de tirit în serie cu un eclator **A**. La tensiunea nominală, intervalul disruptiv al eclatorului **A** nu este străpuns și prin descărcător nu trece nici un curent. La creșterea tensiunii peste tensiunea nominală (ex. supratensiuni atmosferice), spațiul disruptiv al eclatorului **A** este străpuns, iar prin coloana de tirit trece un curent mare, deoarece cu creșterea tensiunii, rezistența tiritului scade foarte mult. Instalația **N** este protejată deoarece tensiunea la bornele ei nu crește excesiv. Odată cu scăderea tensiunii, crește rezistența descărcătorului și scade curentul care-l străbate; se întrerupe descărcarea în spațiul disruptiv **A** și situația redevine normală.

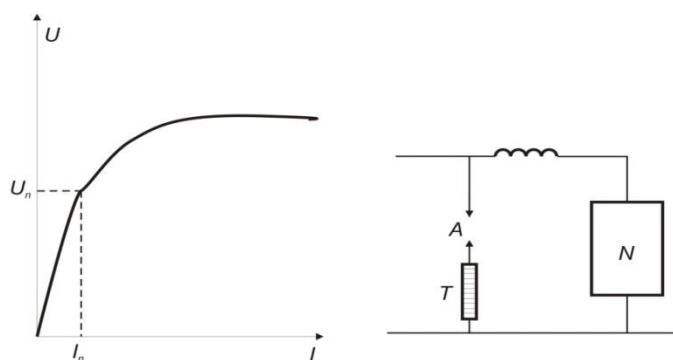


Fig. 2.54. Caracteristica  $U = f(I)$  pentru rezistorul cu tirit; b) instalație protejată la supratensiuni cu descărcătoare cu tirit.

### 2.10.5. Arcul electric.

Este o descărcare electrică autonomă însoțită de dezvoltare mare de căldură și lumină (vezi subcapitolul 2.8.5.). Caracteristica neliniară a arcului electric este redată în figura 2.55a. Se observă o scădere a tensiunii pe arc odată cu creșterea curentului electric.

### 2.10.6. Tuburile electronice cu vid.

Considerăm un tub electronic cu doi electrozi (o diodă cu vid) utilizat pentru redresarea curentului alternativ (kenotron). Catodul **K**, este încălzit cu ajutorul unei surse separate pentru a ușura emisia de electroni. Anodul **A** are o temperatură destul de joasă pentru a nu emite electroni. Caracteristica  $U = f(I)$  a kenotronului este redată în figura 2.55b. În porțiunea puternic ascendentă a caracteristicii, ecuația curbei este:  $U = k I^{2/3}$ . Când se ajunge la valoarea tensiunii pentru care toți

electronii emiși de catod sunt captați de anod, curentul a ajuns la saturație. Valoarea curentului de saturație  $I_s$  poate fi modificată prin modificarea temperaturii catodului (crește cu mărirea temperaturii).

### 2.10.7. Redresoare cu semiconductoare.

Caracteristica ideală  $U = f(I)$  a unei diode semiconductoare este redată în figura 2.55c. Se constată o mare conductibilitate a curentului electric într-un sens (sensul direct) și o foarte mică conductibilitate în sens contrar (sensul invers). Diodele semiconductoare au o utilizare extrem de largă în electronică, automatizări, aparate de măsură etc.

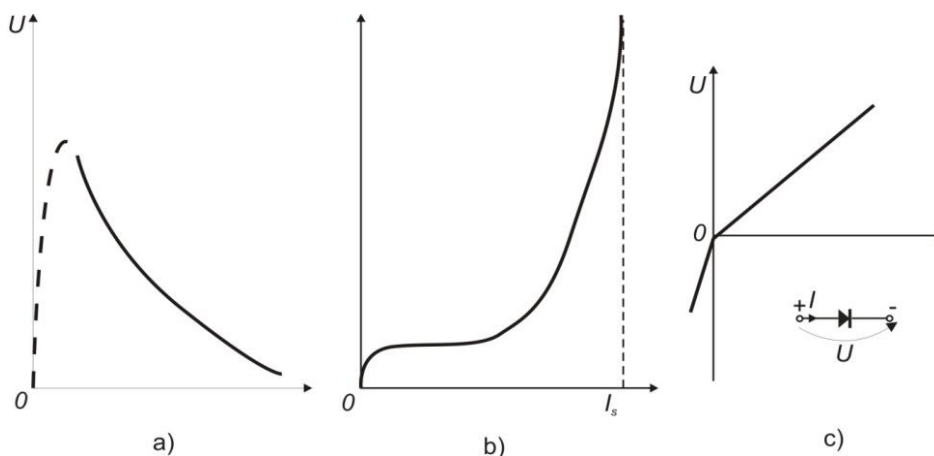


Fig.2.55. Caracteristica  $U=f(I)$  pentru: a) arcul electric; b) dioda cu vid; c) dioda semiconductoare ideală.

### 2.10.8. Caracteristicile rezistoarelor neliniare.

Pentru caracterizarea elementelor neliniare, se utilizează pe lângă caracteristica voltamper  $U = f(I)$  și anumiți parametri ca rezistența statică și rezistența dinamică.

**2.10.8.1. Caracteristica tensiune-curent  $U = f(I)$**  se mai numește și **caracteristica voltamper** a rezistorului. Ea dă dependența tensiunii la bornele elementului neliniar de curentul care trece prin el (fig.2.56a).

**2.10.8.2. Rezistența statică.** Rezistența statică se definește ca raportul dintre tensiunea la bornele elementului neliniar la un moment dat și intensitatea curentului electric ce trece prin element la acel moment. Această rezistență este proporțională cu tangenta unghiului de înclinare format de coarda care unește originea O cu punctul P de funcționare de pe caracteristică (având abscisa  $I$ ):

$$R_{st} = \frac{U}{I} = k \operatorname{tg} \alpha , \quad (2.87)$$

în care  $k$  este raportul între scările grafice ale tensiunii (V/mm) și curentului (A/mm). Pentru elementele neliniare pasive,  $R_{st} > 0$ . Rezistența statică variază dacă punctul de funcționare se modifică. În figura 2.56b, se indică numai calitativ variația rezistenței statice în funcție de curent pentru un redresor corespunzător caracteristicii din figura 2.55c. Cu  $R_d$  s-a notat rezistența directă, corespunzătoare sensului direct al curentului pentru care redresorul conduce, iar cu  $R_i$  s-a notat rezistența inversă, corespunzătoare trecerii curentului în sens invers. Redresoarele au de obicei raportul  $R_i/R_d$  mult mai mare decât cel care rezultă din figura 2.56b.

**2.10.8.3. Rezistența dinamică.** Rezistența dinamică se definește ca limita raportului dintre variația tensiunii și variația corespunzătoare a curentului, când aceasta din urmă tinde către zero:

$$R_d = \lim_{\Delta I \rightarrow 0} \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{dU}{dI} . \quad (2.88)$$

Rezistența dinamică este proporțională cu tangenta trigonometrică a unghiului de înclinare al tangentei trigonometrice duse în punctul P de funcționare al caracteristicii față de abscisă (fig. 2.56a):

$$R_d = \frac{dU}{dI} = k \operatorname{tg} \beta , \quad (2.89)$$

unde  $k$  este raportul dintre scările grafice ale tensiunii și curentului.

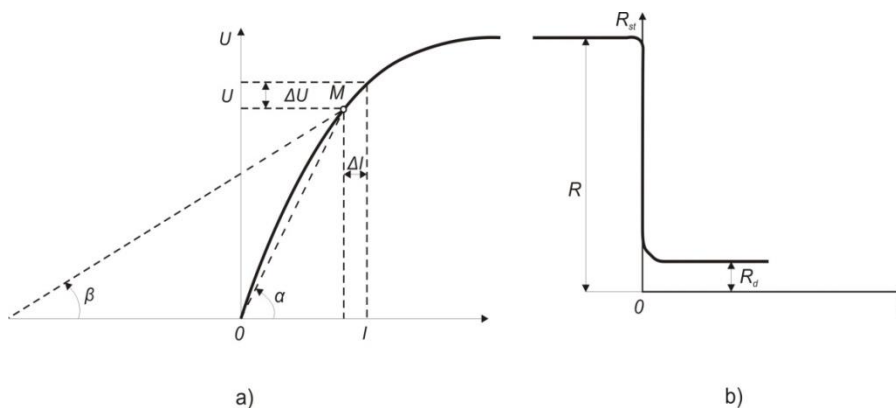


Fig.2.56. a) Explicativă la calculul rezistenței statice și dinamice;

b) dependența rezistenței statice de curent.

### 2.10.9. Teoremele lui Kirchhoff aplicate circuitelor electrice neliniare.

Rezolvarea circuitelor neliniare este dificilă, deoarece rezistența statică a elementelor neliniare este funcție de curent. Teorema a doua a lui Kirchhoff ar fi o ecuație neliniară. Din acest motiv în locul sumelor  $R_k I_k$  se introduce suma tensiunilor la bornele elementelor neliniare care depind de curenții respectivi după caracteristicile voltamper:

$$U_k = f(I_k) = U_k(I_k). \quad (2.90)$$

Pentru circuitele neliniare vor fi valabile relațiile:

$$\sum_{k \in N} I_k = 0, \text{ (pentru fiecare nod: } k = 1, 2, \dots, N-1) \quad (2.91)$$

$$\sum_{k \in q} U_{ek} = \sum_{k \in q} U_k, \text{ (pentru fiecare ochi independent: } k = 1, 2, \dots, O). \quad (2.92)$$

Pentru un circuit cu toate elementele neliniare, ecuațiile vor fi de forma:

$$\sum_{k \in q} U_{ek} = \sum_{k \in q} U_k(I_k), \quad (2.93)$$

iar pentru un circuit cu elemente liniare și neliniare, ecuațiile vor cuprinde atât sume de forma  $U_k(I_k)$  (pentru elementele neliniare), cât și sume de produse  $R_k I_k$  (pentru elementele liniare ale ochiului respectiv).

La rezolvarea circuitelor cu elemente neliniare, trebuie să considerăm ecuațiile date de relațiile (2.92) și (2.93) împreună cu caracteristicile elementelor neliniare (2.89). În cazul în care se cunoaște ecuația caracteristicii, este posibilă o rezolvare analitică a sistemului de ecuații rezultate din aplicarea teoremelor lui Kirchhoff. Rezolvarea sistemului de ecuații este însă dificilă pentru că ecuațiile nu mai sunt liniare ci ecuații transcendente sau de grad superior. Din aceste motive cea mai utilizată metodă de rezolvare a circuitelor cu elemente neliniare este metoda grafo-analitică.

### Aplicație

Un rezistor liniar este conectat în serie cu un rezistor neliniar (o lampă cu incandescență cu filament metalic) ca în figura 2.57a. Se dau: rezistența  $R$  a rezistorului, t.e.m. a sursei  $U_e$  și caracteristica voltamper a rezistorului neliniar. Se cere intensitatea curentului prin circuit.

### Rezolvare

Se va folosi metoda grafică deoarece nu se cunoaște ecuația caracteristicii  $U=f(I)$ . Ecuația circuitului rezultă din aplicarea teoremei a doua a lui Kirchhoff ochiului format de circuitul din figura 2.57a:

$$U_e = RI + U, \text{ sau } U = U_e - RI.$$

Se trasează curba (2)  $U = f(I)$  cunoscută, cât și dreapta (1) care reprezintă relația  $U = U_e - RI$ . Soluția este dată de abscisa punctului lor de intersecție **P**, care indică curentul  $I_n$  pentru care sunt satisfăcute ambele ecuații (fig. 2.57b).

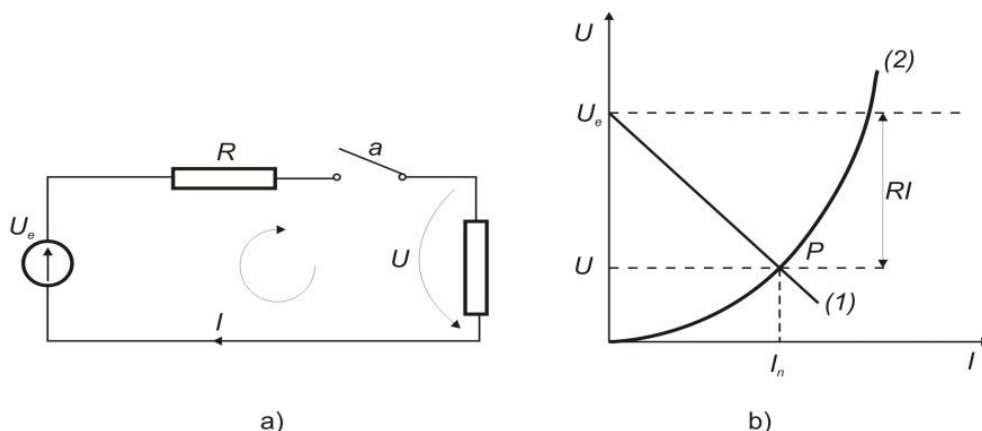


Fig. 2.57 a) Circuitul electric neliniar; b) caracteristica voltamper și dreapta de ecuație  $U = U_e - RI$ .

*Observație.* Se putea pune problema și invers, cerându-se să se determine rezistența  $R$  pentru un anumit curent  $I_n$  când se cunoaște tensiunea electromotoare a circuitului și curba caracteristică a elementului neliniar  $U = f(I)$ . În acest caz se găsește punctul de funcționare **P** de pe caracteristică corespunzător curentului  $I_n$  cunoscut.

Valoarea rezistenței **R** se obține cu relația:

$$R = \frac{U_e - U}{I_n}.$$

## 2.11. Diodele redresoare și aplicațiile lor

Cele mai utilizate diode sunt așa-numitele diode redresoare iar aplicațiile mai importante ale acestora sunt: redresoarele, limitatoarele și circuitele de refacere a nivelului de *cc*.

Redresoarele transformă energia de curent alternativ în energie de curent continuu și pot fi utilizate ca circuite de conversie a puterii electrice sau ca circuite de prelucrare a semnalelor. Redresoarele vor fi analizate pornind de la cel mai simplu circuit, redresorul monoalternanță fără filtru până la redresorul în punte cu filtru capacitiv (redresorul tipic al circuitelor de alimentare al sistemelor electronice). O categorie aparte de redresoare sunt unele multiplicatoare de tensiune.



### **2.11.1. Clasificarea redresoarelor.**

Redresoarele se clasifică după numeroase criterii, cele mai importante fiind numărul de faze, tipul schemei, posibilitatea reglării tensiunii de ieșire, dar și altele așa cum se va vedea în continuare.

- după numărul de faze ale sursei, care este de obicei rețeaua electrică:
  - redresoare monofazate,
  - redresoare polifazate.
- după posibilitatea reglării tensiunii:
  - redresoare necomandate ( cu diode),
  - redresoare semicomandate,
  - redresoare comandate.
- după tipul schemei:
  - redresoare monoalternanță,
  - redresoare dublă alternanță (bialternanță): - cu punct median
    - în punte.
- după tipul consumatorului ( sarcinii):
  - redresoare cu sarcină rezistivă,
  - redresoare cu sarcină inductivă,
  - redresoare cu sarcină capacitivă.

Un redresor particular corespunde fiecărui criteriu de clasificare, astfel că denumire sa completă are obișnuit mai mulți termeni, câte unul din fiecare clasă de criterii. De exemplu: redresor monofazat, necomandat, monoalternanțat, cu sarcină rezistivă.

### **2.11.2. Schema bloc a redresării c.a pentru obținerea unei surse de c.c.**

Un redresor este compus în cazul general din 3 părți, figura 2.58 și anume:

1. Transformator TR
2. Bloc redresor R

### 3. Filtru F

Acestora li se adaugă sursa de energie electrică alternativă și consumatorul (sarcina) care trebuie alimentată cu energie electrică de curent continuu. Fluxul de energie parcurge redresorul de la intrare, unde este conectată sursa de tensiune alternativă și după redresare ajunge la sarcina care poate fi pur rezistivă, dar în multe are și o componentă inductivă. În cazuri particulare pot lipsi atât transformatorul cât și filtrul. În figura 1 sunt prezentate și formele tensiunilor în principalele puncte ale unui redresor.

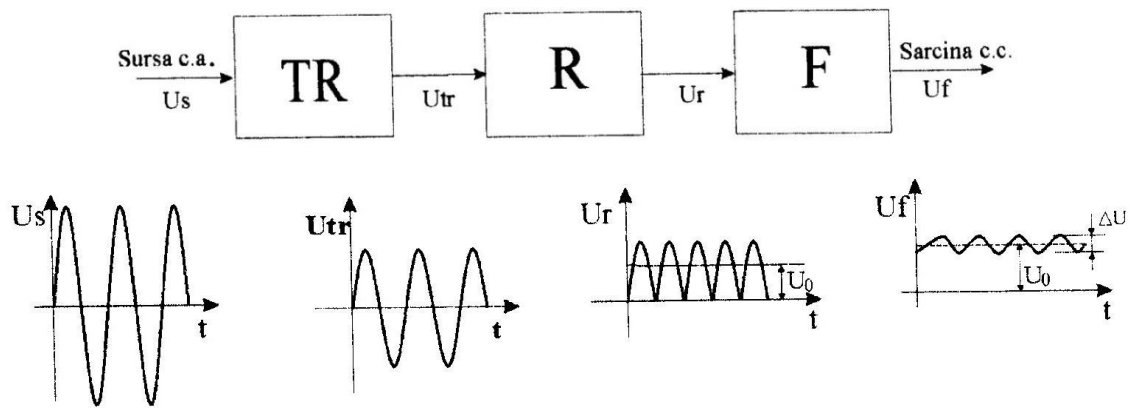


Fig. 2.58. Schema bloc a unei surse de c.c.

**Sursa** este de obicei rețeaua de alimentare industrială de 50Hz și are tensiunea  $u_s$  sinusoidală, dar poate fi de asemenea și un generator independent sau un invertor, iar tensiunea poate fi și de altă formă decât sinusoidală.

**Transformatorul** are un rol multiplu. În primul rând, el modifică, atunci când este necesar, valoarea tensiunii sursei, pentru această aplicație. Tensiunea de alimentare este de obicei fixă, ca în cazul rețelei monofazate de 230V. Transformatorul poate mări sau poate micșora tensiunea sursei, forma tensiunii rămânând aceeași. Transformatorul are în plus un rol de separare galvanică între sursă și consumator, prin utilizarea lui neexistând o legătură directă între ele, eventualul utilizator fiind astfel protejat de un contact direct cu rețeaua.

**Redresorul**, uneori **bloc redresor**, este compus din elemente redresoare necomandate (diode), semicomandate (tiristoare) sau comandate (tiristoare cu stingere pe poartă GTO, tranzistoare), are scheme diverse și realizează trans-

formarea tensiunii alternative într-o tensiune pulsatorie,  $u_r$  cu o componentă continuă, diferită de zero.

**Filtrul** realizează o netezire a formei pulsatorii a tensiunii redresate, pe care o aduce la o formă apropiată de aceea a tensiunii continue,  $u_f$ . Întotdeauna însă, tensiunea pe sarcină va avea o variație de la o valoare continuă, care însă poate fi micșorată utilizând filtre mai performante.

### 2.11.3. Redresoare monofazate.

#### 2.11.3.1. Redresorul monoalternanță.

Transformatorul este un aparat care modifică parametrii energiei electrice. El este format din 2 bobine numite înfășurări cuplate magnetic între ele prin intermediul unui circuit magnetic. Una din bobine se numește înfășurare primară sau primar și cealaltă se numește înfășurare secundară sau secundar. În lipsa circuitului magnetic de cuplare, bobinele ar funcționa independent una de cealaltă.

Circuitul magnetic al transformatorului monofazat este realizat din tole de tablă silicioasă ștanțate în forma de E și I, care se întretaiesc pentru a forma un circuit magnetic închis.

Acest aparat are la baza funcționării fenomenul de inducție electromagnetică, caracteristic regimurilor variabile. Prin urmare transformatorul este un aparat de curent alternativ. Se aplică la bornele înfășurării primare o tensiune alternativă și prin inducție electromagnetică se induce în bobina secundară o tensiune proporțională cu cea aplicată în primar. Între cele două tensiuni există relația:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1},$$

unde:  $U_2$  – valoarea efectivă a tensiunii din înfășurarea secundară,

$U_1$  - valoarea efectivă a tensiunii din înfășurarea primară,

$n_1$  - numărul de spire din înfășurarea primară,

$n_2$  - numărul de spire din înfășurarea secundară.

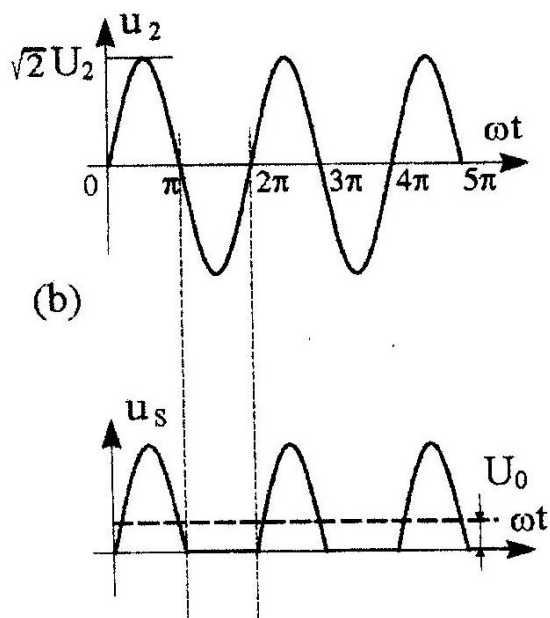
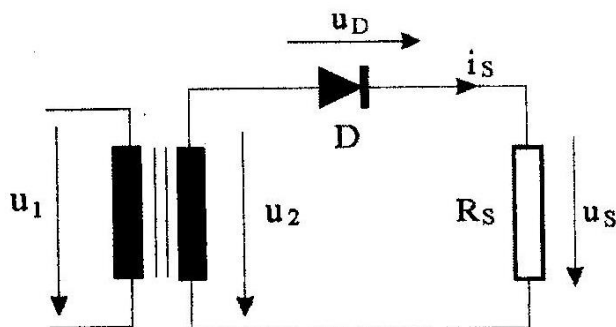


Fig.2 59. Redresorul monoalternanță cu transformator (Tr.)

Transformatoarele sunt de mai multe tipuri în funcție de parametrul modificat:

- transformatoare de tensiune,
- transformatoare de curent.

În funcție de modul în care modifică acești parametri, transformatoarele pot fi:

- ridicătoare de tensiune,
- coborâtoare de tensiune.

În schema de mai sus, înfășurarea primară a transformatorului este conectată la sursa de tensiune alternativă (de obicei rețeaua de **ca**) și înfășurarea secundară la redresor. Transformatorul permite modificarea tensiunii la intrarea redresorului în funcție de necesități și izolează electric sursa de energie de redresorul propriu-zis. Este vorba de așa-numita izolare galvanică (fără legătură directă între circuite) care reduce pericolul de electrocutare în cazul alimentării de la rețeaua de **ca**.

La un transformator fără sarcină (cu ieșirea în gol), tensiunea de ieșire  $U_{20}$  (de la înfășurarea secundară) depinde de raportul numărului de spire și de tensiunea din primar (de la rețea)  $U_1$  conform relației:

$$U_{20} = \frac{n_2}{n_1} \cdot U_1,$$

$n_1$  și  $n_2$  fiind numărul de spire al înfășurării primare, respectiv secundare.

La conectarea sarcinii, tensiunea din secundar scade datorită căderii de tensiune pe rezistențele înfășurărilor și datorită inductanțelor de scăpări. Într-o primă aproximație se poate neglija această modificare a tensiunii.

Funcționarea redresorului monofazat monoalternanță a cărei tensiune de intrare este furnizată de un transformator este aceeași ca și a redresorului monofazat monoalternanță a cărei tensiune de intrare este furnizată de un generator.

Mărimile caracteristice redresorului monofazat monoalternanță cu sarcină rezistivă sunt:

1. Tensiune medie redresată  $U_0$  ( tensiune continuă):  $U_0 = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \cdot U_2$ .
2. Curentul mediu redresat ( continuu):  $I_0 = \frac{U_0}{R} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \frac{U_2}{R}$ .
3. Puterea utilă ( de curent continuu):  $P_0 = U_0 I_0 = \frac{2}{\pi^2} \frac{U_2^2}{R}$ .
4. Randamentul energetic (raportul între energia de **cc** de la ieșire și energia de **ca** absorbită la intrare):  $\eta \cong 40\%$ .

Datorită acestor dezavantaje (dimensiunea mărită a transformatorului, randamentul scăzut și pulsațiile mari ale curentului), redresorul monoalternanță este utilizat numai pentru curenți mici de ieșire. În practică se utilizează frecvent redresoarele bialternanță: cu transformator cu punct median sau în punte.

### 2.11.3.2. Redresorul dublă alternanță în punte.

La redresorul în punte, prezentat în figura 2.60 cele patru diode redresoare sunt conectate în punte, astfel încât curentul să treacă prin rezistența de sarcină (conectată în una din diagonalele punții) totdeauna în același sens, indiferent de polaritatea tensiunii de intrare.

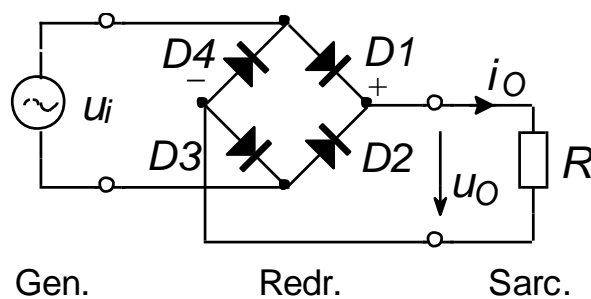


Fig.2.60. Schema de principiu a redresorului în punte, completată cu sursa de tensiune la intrare și cu sarcina rezistivă la ieșire

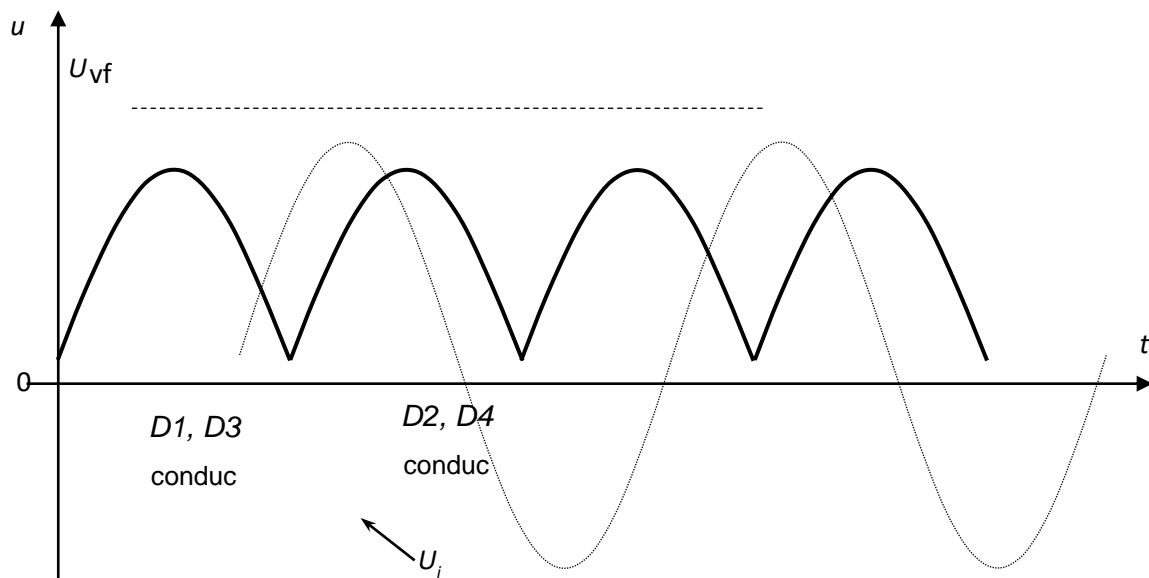


Fig.2.61. Formele de undă ale redresorului în punte.

Pentru alternanța pozitivă a tensiunii de intrare ( $u_i > 0$ ) diodele  $D_1$  și  $D_3$  sunt polarizate direct și curentul trece de la sursă spre sarcină prin aceste diode. În acest timp diodele  $D_2$  și  $D_4$  sunt blocate, fiind polarizate invers.

În cazul alternanței negative a tensiunii de intrare curentul va trece prin diodele  $D_2$  și  $D_4$ , polarizate direct, iar diodele  $D_1$  și  $D_3$  vor fi polarizate invers și deci blocate. Formele de undă ale tensiunilor sunt prezentate în figura 2.61. Deoarece sunt câte două diode înseriate între intrare și ieșire, tensiunea de ieșire  $u_o$  va fi mai mică față de cea de intrare cu căderea de tensiune pe două diode.

Cele 4 diode conectate în punte sunt disponibile comercial încapsulate împreună ca „punți redresoare”. Pe capsulă cele 4 borne sunt marcate cu simbolurile „~” pentru bornele de intrare și „+” respectiv „-” pentru bornele de ieșire. Curentul direct și tensiunea inversă suportate sunt date în catalog și uneori rezultă din numele componentei, de exemplu: „1PM8” suportă un curent de 1A și o tensiune de 800V.

#### 2.11.4. Filtre

În funcție de tipul redresorului, tensiunea de ieșire prezintă variații mai mari sau mai mici față de valoarea de curent continuu. Redresoarele ideale prezintă variații nule.

Formele reale de undă, prezentate la tipurile de redresoare studiate, conțin însă o componentă medie ( continuă) utilă,  $U_0$ , peste care se suprapune o componentă variabilă, care este totdeauna periodică și de frecvență un multiplu al frecvenței rețelei.

Componenta variabilă a acestor mărimi poartă numele de pulsație și este caracterizată de o frecvență proprie de repetiție numită fundamentală. Pulsația se apreciază cantitativ prin factorul ( coeficientul) de pulsație.

$$k_p = \frac{U_M}{U_0} [\%],$$

unde:  $U_M$  – amplitudinea componentei fundamentale a tensiunii redresate,

$U_0$  – valoarea medie ( continuă) a tensiunii redresate.

Tensiunea continuă pulsatorie obținută cu redresoarele anterioare poate fi folosită doar la încărcarea acumulatorilor, alimentarea motoarelor de **cc** și alte câteva aplicații.

Pentru alimentarea circuitelor electronice, de exemplu, este necesară o tensiune cât mai constantă, cum este cea furnizată de baterii sau de acumulatori. Pentru a obține o astfel de tensiune, semnalele pulsatorii trebuie netezite (trebuie filtrate variațiile de *ca* ale semnalului pulsatoriu).

Cele mai simple filtre sunt filtrele cu inductanță ( $L$ ), care netezesc variațiile curentului și filtrele cu capacitate ( $C$ ) care netezesc variațiile tensiunii.

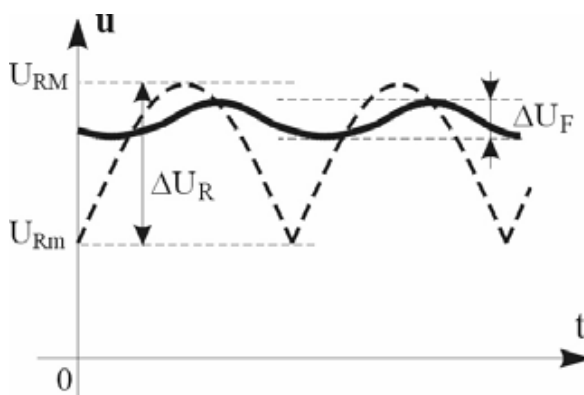


Fig.2.62. Efectul de netezire a unui filtru.

Filtrele utilizate pot fi filtre de tip  $LC$  sau  $RC$ . Câteva filtre  $LC$  sunt prezentate în figurile 2.63.

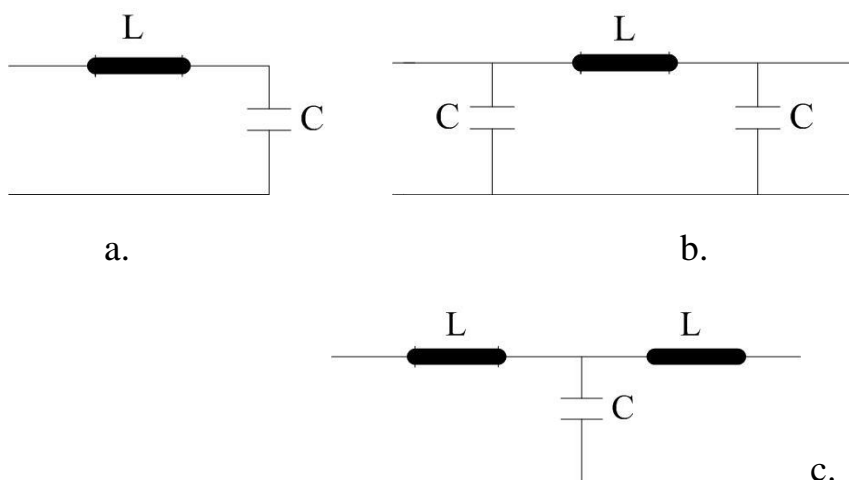


Fig.2.63. Filtre compuse a) Filtru  $LC$ ; b) Filtru  $\pi$ ; c) Filtru  $T$ .



În practica alimentării circuitelor electronice, cele mai folosite filtre sunt filtrele capacitive, care constau dintr-o capacitate de valoare cât mai mare, conectată în paralel cu circuitul de sarcină.

Eficacitatea filtrelor se apreciază prin coeficientul de netezire:

$$k_{net} = \frac{k_{pi}}{k_{pe}},$$

unde:  $k_{pi}$  – factorul de pulsație la intrarea filtrului;

$k_{pe}$  - factorul de pulsație la ieșirea filtrului.

#### 2.11.4.1. Redresorul monoalternanță cu filtru capacitiv.

Se va analiza inițial cazul redresorului monoalternanță, din figura 2.64, pentru a ilustra principiul și apoi se va extinde conceptul la redresorul bialternanță.

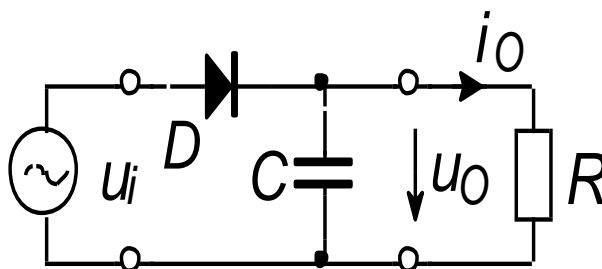
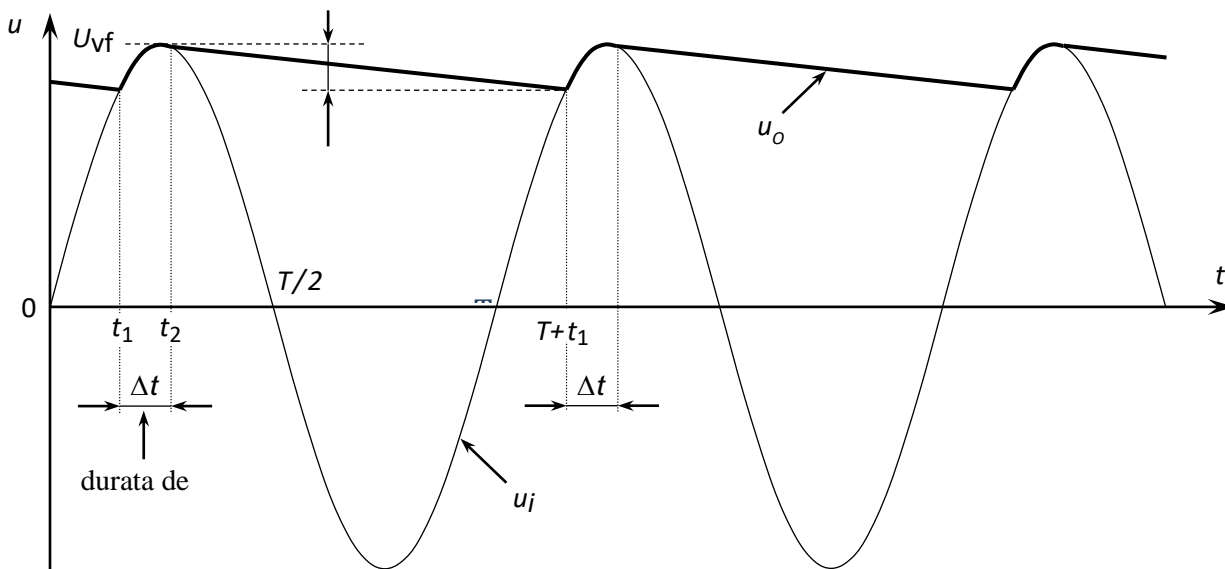


Fig.2.64. Redresorul monoalternanță cu filtru capacitiv  $C$ .

Formele de undă ale tensiunii în regim permanent, pentru cazul unui semnal sinusoidal de intrare sunt prezentate în figura 2.65. Componentele circuitului (sursa, dioda și condensatorul) s-au considerat ideale iar sarcina s-a presupus a fi pur rezistivă ( $R$ ).

În cazul în care rezistența de sarcină  $R$  lipsește, condensatorul se va încărca la valoarea maximă a tensiunii de intrare (în timpul primei alternanțe pozitive). După atingerea valorii de vârf, tensiunea de intrare scade și dioda se blochează.



Teoretic, sarcina înmagazinată în condensator și deci și tensiunea pe condensator rămân constante. Astfel, tensiunea de ieșire va fi egală cu valoarea de vârf pozitivă a intrării și de aceea circuitul se mai numește și redresor de vârf. Tensiunea inversă maximă pe diodă este dublul tensiunii de vârf de la intrare.

În cazurile practice, în care rezistența de sarcină are o valoare finită, condensatorul se încarcă tot la valoarea de vârf pozitivă a intrării, însă, o dată cu blocarea diodei (datorită scăderii tensiunii de intrare) condensatorul se va descărca prin rezistența de sarcină  $R$ .

Condensatorul se descarcă până când tensiunea la intrare depășește tensiunea pe condensator. În acest moment dioda se deschide din nou și condensatorul se încarcă la valoarea de vârf a intrării după care procesul se repetă.

Pentru a menține tensiunea la ieșire cât mai constantă condensatorul trebuie ales cât mai mare astfel încât constanta de timp  $RC$  să fie mult mai mare decât timpul de descărcare (timp care este ceva mai mic decât perioada semnalului  $T$ ).

## TEME DE STUDIU

Test 1.

Ce este un element neliniare de circuit ?. Dați exemple de elemente neliniare.

Test 2.

Ce este caracteristica voltamper și la ce se poate folosi ?.

Test 3.

Ce este și cum se determină rezistența statică ?.

Test 4.

Ce este și cum se determină rezistența dinamică ?.

Test 5.

Dați exemple de elemente neliniare.

Test 6.

Cum se clasifică diodele redresoare?

Test 7.

Din ce se compune o schemă de redresare ?

Test 8.

Schema unui redresor monoalternanță și caracteristica de ieșire.

Test 9.

Schema unui redresor dublă alternanță și caracteristica de ieșire.

Test 10.

Ce este un filtru electric și ce rol are ?

Test 11.

Cum arată un filtru monoalternanță cu filtru capacitiv ?.

Test 12.

Ce este coeficientul de netezire și cum se calculează ?.