

## SISTEME DE COMUNICAȚII RADIO (FĂRĂ FIR)

- **Aspect specific:** propagarea undelor electromagnetice.
- Secțiuni principale abordate:
  - undele radio,
  - secțiunea de emisie,
  - antene de emisie-recepție,
  - secțiunea de recepție.

### 1. Undele radio

#### 1.1 Aspecte generale

- Prin Unde Radio se desemnează un sub-domeniu al Undelor Electro-Magnetice (UEM):
  1. - unde hertziene -
  2. - unde infraroșii
  3. - unde optice
  4. - unde ultraviolete
  5. - unde x
  6. - unde cosmice
- Domeniul care interesează: Undele Hertziene ( $3 \cdot 10^3 \dots 3 \cdot 10^{12}$ )Hz;
- Dintre acestea numai o mică parte, **undele radio** ( $3 \cdot 10^4 - 4 \cdot 10^{10}$ ) **Hz**, este folosită în mod curent pentru comunicații.
- Domeniul Undelor Radio este împărțit pe subgame funcție de frecvență sau funcție de lungimea de undă:

$$\lambda = \frac{c}{\varphi}$$

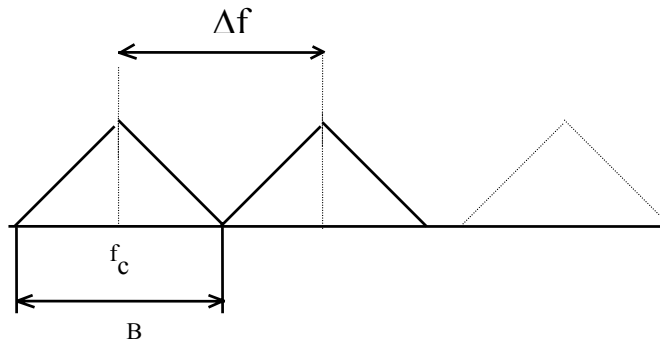
Exemplu: 4 - (3kHz-30kHz) VLF - miriametrice

5 - (30kHz-300kHz) LF - kilometrice

6 - (300kHz-3000kHz) HF - decametrice

7 - (3 -30) Mhz VHF - metrice

- De remarcat că această împărțire implică o legătură și cu caracteristicile de propagare.
- Așa cum s-a mai specificat în vederea transmiterii, mesajul modulează frecvența purtătoare. Semnalul modulat ocupă o bandă de frecvență. Deci, pentru o legătură de comunicație se alocă nu o frecvență ci o bandă de frecvențe care depinde de tipul și de parametrii semnalului modulat.



Exemple:

semnale MA-	$B = 9\text{kHz}$	$\Delta f = 9\text{kHz}$
MF - Bandă Largă,	$B = 225\text{kHz}$	$\Delta f = 300\text{kHz}$
MF - Bandă Îngustă,	$B = 20\text{kHz}$	$\Delta f = 25$
kHz		
MA-BLU -	$B = 3,4\text{kHz}$	$\Delta f = 4\text{kHz}$
etc.		

## 1.2 Atribuirea frecvențelor ( benzilor) canalelor de RC

- În procesul de atribuire a canalelor RF se disting mai multe nivele:
  - atribuirea spectrului RF pe servicii;
  - atribuirea canalelor radio în cadrul unei rețele de RC.
- In această etapă ne referim numai la prima abordare.
- pentru a asigura compatibilitatea serviciilor, atribuirea se face prin reglementări emise de organisme internaționale: CCIR/OIRT (nu mai există).
- Având în vedere atenuarea destul de rapidă a celor mai multe dintre semnalele emise benzile de RF sunt reutilizate în mai multe locuri de pe glob. In acest scop globul este împărțit în 3 regiuni și câteva zone:
  - Regiunea I Europa - Mongolia - Orient mijlociu (IRAN) - Turcia - Africa.
  - Regiunea II Australia - Asia de sud - est - Pacificul.
  - Regiunea III America + Groenlanda
- In fiecare regiune diverselor servicii li se alocă banda de frecvență cea mai potrivită.

Exemplu pentru regiunea I:

- serviciul de Radio Difuziune.
  - UL 150 - 285 kHz
  - UM 525 - 1605 kHz
  - US: (3,2 - 30)MHz, (3,2...3,4)MHz,  
(5,95...6,2) MHz, (7,1...7,3)MHz
  - etc.
  - UUS (65...73) - (87,5...108) Mhz
- Serviciul Mobil celular - 450Mhz - 900Mhz -1800Mhz
- Serviciul Mobil – Radiotelefonie trunking - 30 MHz - 150MHz- 450 MHz.

### **1.3 Parametrii caracteristici sistemelor de R.C.**

#### **A) Frecvență:**

- $f_a$  – frecvența alocată - centrul benzii alocate
- $f_r$  - frecvența de referință - o frecvență cu o poziție bine determinată față de  $f_a$
- $f_c$  - frecvența emisiunii - centrul benzii ocupate
- $f_c$  - frecvența caracteristică - o frecvență ușor de identificat în spectrul semnalului emis;
- $\delta f$  - toleranța de frecvență (Hz,ppm).

#### **B) Benzi de frecvență:**

- banda alocată
- banda necesară
- banda ocupată.

#### *Parametri specifici Echipamentelor de Radio Emisie:*

- *Radiația neesențială* - puterea emisă pe una sau mai multe frecvențe în afara benzii alocate - putere care poate fi redusă prin măsuri tehnice fără a afecta calitatea semnalului util.
- *Bruiajul* - reprezintă deteriorarea calității, stânjenirea sau întreruperea repetată a unei transmisiuni de Rc din cauza unei radiații oarecare.

#### *Parametri specifici Echipamentelor de Radio Recepție:*

- Sensibilitatea un parametru care evidențiază nivelul minim al semnalului care poate fi prelucrat conducând la anumiți indici de calitate (putere, raport semnal/zgomot) pentru semnalul de ieșire;
- Selectivitatea – un parametru care evidențiază gradul de eliminare a semnalelor nedorite recepționate odată cu semnalul util;

- Fidelitatea – un parametru care evidențiază gradul în care mesajul transmis este modificat în procesul de prelucrare a semnalului recepționat.

## 2.1 Antene de emisie și recepție

- Antenele de emisie realizează transformarea semnalului electric livrat de către emițător în undă electromagnetică (UEM) care se propagă.
- Antenele de recepție transformă undele electromagnetice de la locul de recepție în semnal electric.
- A fost demonstrată o teoremă: teorema de reciprocitate;
- Conform acestei teoreme o antenă poate fi folosită fie ca antenă de emisie fie ca antenă de recepție caracteristicile ei rămânând aceleași;
- Antenele reale de emisie sau recepție diferă între ele mai ales din punct de vedere constructiv având în vedere obiectivele diferite urmărite;
- În cele ce urmează nu vom preciza tipul antenei decât dacă este absolut necesar;
- Din punct de vedere teoretic, se știe (de la electrotehnică) faptul că orice particulă încărcată electric este însoțită de un câmp electric. Dacă particula este în mișcare ea produce și câmp magnetic. Deci un conductor prin care circulă curent electric este înconjurat atât de câmp electric cât și de câmp magnetic.
- Pentru a se obține o undă electromagnetică cele două componente trebuie să îndeplinească, suplimentar, ecuațiile lui Maxwell.
- Din punct de vedere practic cele mai simple antene provin din linii bifilare cu conductoare paralele lucrând în gol. (figura 2.1.1)

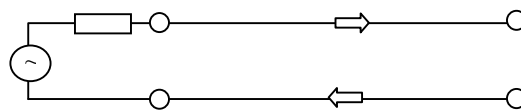


Figura 2.1.1

- Prin cele două conductoare curentul circulă în sensuri opuse; distanța dintre ele este mică; în acest mod la distanța mare în comparație cu distanța dintre cele două conductoare, componenta magnetică se compensează și nu apare fenomenul de propagare.
- Pentru a obține o antenă cele două conductoare se dispun în prelungire (Figura 2.1.2).

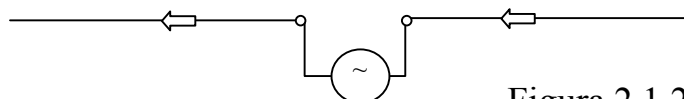
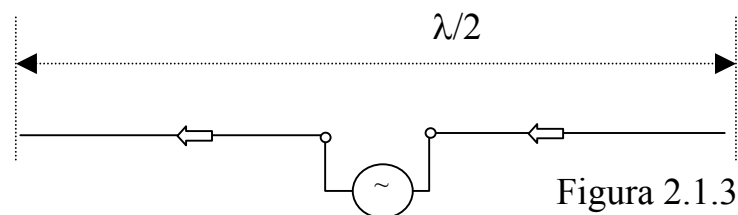
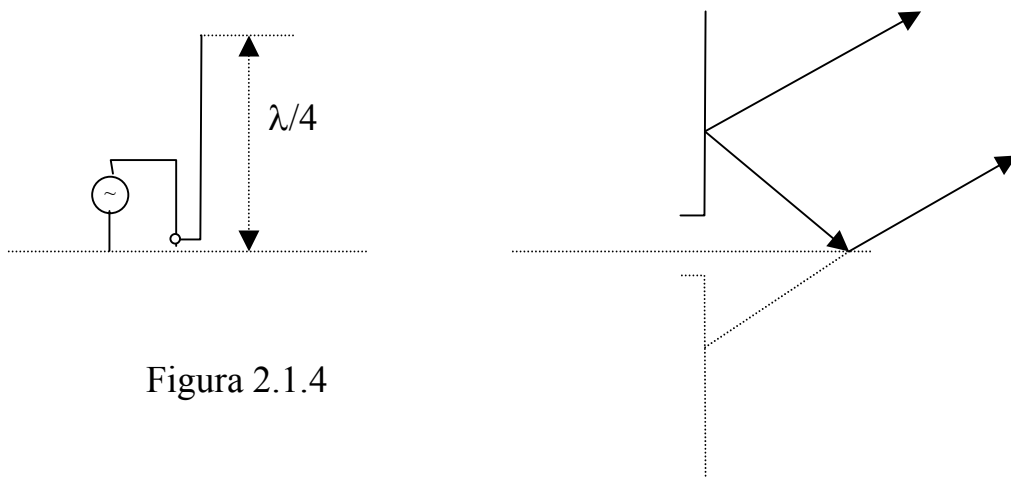


Figura 2.1.2.

- In acest caz se poate verifica faptul că cele două componente câmp magnetic provenind de la cele două conductoare se însumează iar între câmpul electric și magnetic există relațiile necesare pentru a se forma o undă electromagnetică.
- Cea mai simplă antenă este denumită dipol în  $\lambda/2$  și este o antenă filară ca mai sus de lungime  $\lambda/2$  (figura 2.1.3).



- O asemenea antenă se folosește departe de suprafețe conductoare.
- O altă variantă întâlnită adeseori este antena de lungime  $\lambda/4$  cu plan de masă (figura 2.1.4).
- Se poate verifica faptul că aceasta este, de fapt, o antenă dipol în  $\lambda/2$  dacă se iau în considerație undele reflectate de planul de masă (figura 2.1.4).



- Dintre parametrii caracteristici antenelor trebuie amintiți:
  - ✓ caracteristica de directivitate
  - ✓ câștigul
  - ✓ impedanța antenei.

- Pentru a defini caracteristica de directivitate ne putem imagina antena folosită ca antenă de emisie. Un observator se plimbă cu un dispozitiv de măsură pe suprafața unei sfere de rază  $d$ . Va observa că intensitatea câmpului sau densitatea de energie radio pe unitatea de suprafață nu este aceeași în toate punctele.
- Pentru a specifica punctele în care se face măsurătoarea se folosesc două unghiuri:  $\vartheta$  și  $\phi$ ;
- $\vartheta$  este definit în planul perpendicular pe firul antenei și ia valori de la  $0$  la  $360^\circ$ ;
- $\phi$  este definit în planul care conține antena și ia valori de la  $-90^\circ$  la  $90^\circ$ ;
- Deci caracteristica de directivitate este o suprafață la care raza este dată de una dintre caracteristicile câmpului electromagnetic: intensitate câmp electric, densitate de energie etc.
- O reprezentare simplificată, dar concludentă, se obține reprezentând secțiuni în suprafața amintită: una după  $\vartheta$  care, pentru antenele din gamele de unde lungi, medii și scurte, este cunoscută drept caracteristică de directivitate în plan orizontal și una după  $\phi$ , caracteristica de directivitate în plan vertical.
- De exemplu pentru o antenă dipol în  $\lambda/2$  caracteristicile sunt date în figura 2.1.5.

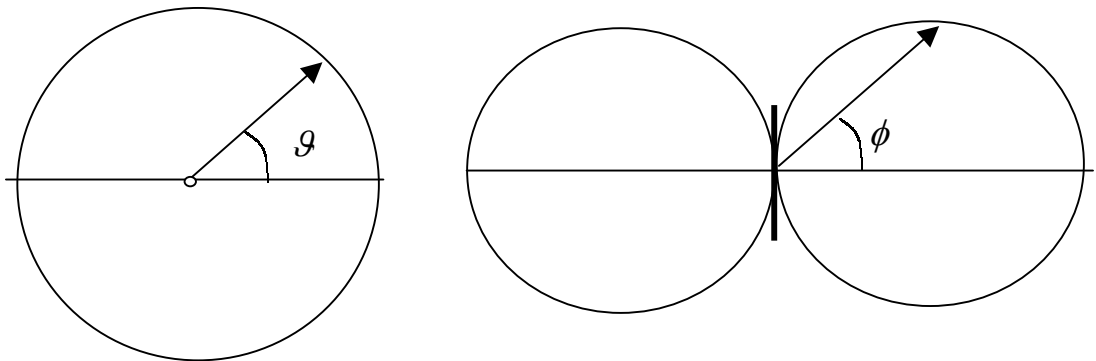


Figura 2.1.5

- Pe baza caracteristicii de directivitate se definește **câștigul** notat cu  $G$ ;
- Acest parametru pune în evidență existența unei direcții optime de propagare și dacă notăm cu  $W$  densitatea de energie este dat prin relația:

$$G = \frac{W_{\text{mediu}}}{W_{\text{max}}}$$

- Altfel spus el poate fi considerat ca raportul între puterile care trebuie livrate unei antene omnidirecționale respectiv antenei

analizate pentru a produce aceeași densitate de energie pe direcția de propagare optimă;

- Există sisteme de comunicație la care suntem interesați ca propagarea să fie omnidirecțională în unul sau în ambele plane (mai rar); de exemplu în sistemele de difuzare de informații;
- În alte cazuri pentru folosirea eficientă a puterii este necesară o directivitate cât mai accentuată; de exemplu în cazul radioreleelor;
- Atunci în locul unei antene simple se folosesc sisteme de antene;
- Un alt parametru caracteristic este impedanța proprie a antenei  $Z_a$  (în cazul antenelor de emisie aceasta este impedanța de intrare iar în cazul antenelor de recepție este impedanța internă a generatorului echivalent);
- 

### 3. Echipamente de Radio Emisie

#### 3.1 Rolul echipamentelor de Radio Emisie

➤ Principalele funcțiuni:

- generarea și prelucrarea semnalului purtător
- prelucrarea finală a semnalului modulator pentru a se putea realiza procesul de modulație în condițiile impuse.
- realizarea modulației
- prelucrarea semnalului modulat
- transformarea semnalului modulat în Undă Electro-Magnetică.

➤ Rezultă o schemă bloc foarte generală care ține cont că în afara liniei principale de prelucrare a semnalului (blocul de modulație – BM, blocurile de prelucrare a semnalului radio, lanțul de radio frecvență – LRF) sunt necesare echipamente suplimentare pentru alimentare (BA), control, întreținere, protecție (BCS) etc.

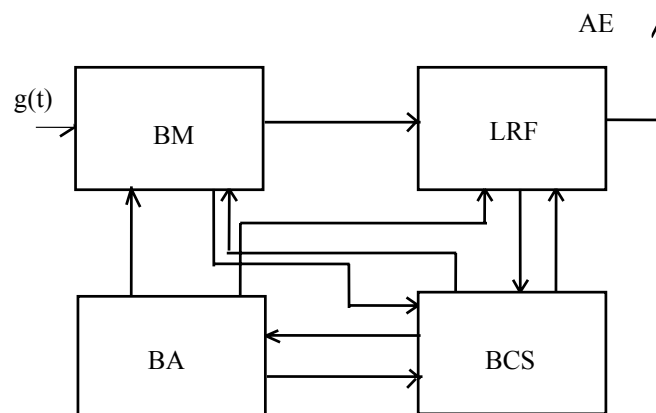


Figura 2.1.1

#### 3.2 Aspecte specifice Radio Emițătoarelor; caracteristici

- au un rol decisiv în calitatea radio-legăturii
- distanța la care se poate stabili o legătură de calitate este funcție de puterea emisă și de sensibilitatea Radio Receptorului
$$d = f(P_e, S_r)$$
- în unele situații cum sunt rețelele de difuzare de informații sunt puține radio emițătoare și foarte multe radio receptoare; în consecință primele sunt realizate cu deosebită atenție pentru a simplifica RR:
- În acest scop se apelează la:
  - procedee simple de realizare a modulației;
  - putere mare de emisie
  - fiabilitate deosebită.
- În cazul RE de putere mare sau foarte mare (kW-MW) devine important randamentul nu numai pentru pierderile energetice (care sunt importante) ci și pentru fiabilitate și din punctul de vedere al disipării energiei pierdute. Se vor alege soluții constructive adecvate.
- Din scurta prezentare se poate observa că un ERE va fi caracterizat prin:
  - gama de frecvență în care poate funcționa (sau frecvența de lucru);
  - puterea emisă (la intrarea cablului care alimentează antena = feeder) respectiv puterea aparent radiată (care depinde și de caracteristica de directivitate a antenei sau a sistemului de antene utilizate).
  - randament
  - stabilitatea frecvenței
  - nivelul radiației nedorite (neesențiale)
  - siguranța în funcționare.
- Din punct de vedere tehnic/constructiv se mai pot adăuga:
  - eficiența sistemelor auxiliare de comandă - semnalizare - blocare;
  - complexitatea depanării/întreținerii/supravegherii;
  - complexitatea reglajelor.

### **3.3 Clasificarea Echipamentelor de Radio Emisie**

1. după tipul semnalului modulat:
  - MA
  - MF
  - BLU
  - impulsuri



2. după nivelul puterii emise:
  - foarte mică (<1W)
  - mică (<100W)
  - medie (100W-3KW)
  - mare (3KW-100KW)
  - foarte mare (>100KW)
3. după destinație:
  - radiodifuziune
  - radioteleviziune
  - telegrafie
  - radiotelefonie
  - telecomandă
  - radiolocație
  - etc.
4. după gama de frecvență: de exemplu emițătoare de RD se pot împărți în:
  - emițătoare pentru UL (foarte mare);
  - emițătoare pentru UM (foarte mare);
  - emițătoare pentru UUS (medie);
5. după condițiile de exploatare:
  - staționare
  - mobile
  - portabile;
- etc.

### **3.4 Structura generală a Lanțului de Radio Frecvență**

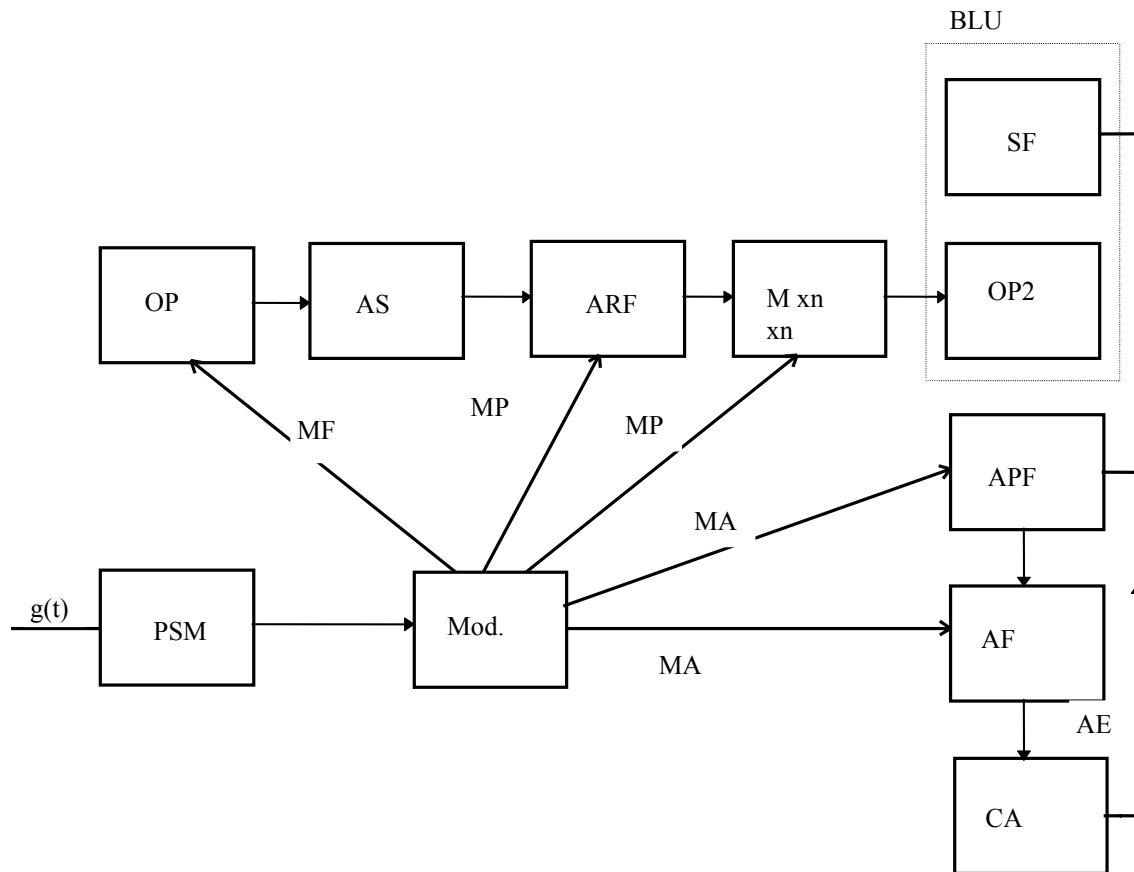


Figura 2.4.1

- Se impun câteva comentarii cu privire la rolul și structura blocurilor funcționale:
  - OP oscilatorul pilot; pentru a asigura generarea unei purtătoare cu stabilitatea dorită se poate realiza:
    - cu cuarț sau cu sintetizor;
    - de acest bloc depind:  $f_o$ ,  $\delta f$ .
  - Amplificatorul Separator – AS; asigură condiții optime de lucru pentru OP;
  - Multiplicatorul de frecvență – M; conform celor prezentate la în capitolele următoare este necesar pentru a mări deviația de frecvență și frecvența purtătoare la semnalele MF. Acest bloc se folosește și la echipamentele cu MA la care frecvența purtătoare este relativ mică. În acest caz principalul rol constă în evitarea unei reacții globale care poate fi distructivă.
    - Deci prin existența Multiplicatorului Oscilatorul Pilot lucrează pe  $f_l$  iar emisia are loc pe  $nf_l$ .
  - Uneori nu se poate folosi multiplicarea din cauza existenței unei modulații liniare (semnale cu ML). Atunci se poate introduce un Schimbător de Frecvență (SF).

- Amplificatorul de putere (PF și F): se cere un randament bun; acest parametru depinde de clasa de lucru:
  - A - cca 30%
  - B - cca (40-50)%
  - C - (60-70)%
  - Amplificatoarele din clasa A pot asigura amplificare fără a distorsiona anvelopa dar au pierderi mari.
  - Cele din clasa C au pierderi mici dar pot prelucra semnale modulate care nu sunt sensibile la neliniarități.
- Circuitul de adaptare – CA; Amplificatorul final are o rezistență de sarcină optimă care de regulă diferă de Rezistența de intrare a antenei  $R_a$ . Deci este necesară o adaptare. De regulă se face cu un circuit LC, selectiv cu pierderi cât mai mici.
- Modulația se poate realiza în diverse puncte funcție de tipul modulației. De exemplu un semnal MF se va realiza la nivel mic de putere deoarece amplificarea se poate face cu ușurință. Un semnal MA se va realiza cât mai aproape de antenă pentru a evita necesitatea unor amplificatoare de putere liniare etc.

### **3.5 Radio-emițătoare pentru semnale MF**

- ◆ așa cum se știe (de la SCS) semnalele MF nu sunt afectate de neliniarități.
- ◆ în consecință modulația poate fi realizată la nivel mic de putere după care urmează un lanț de amplificatoare care pot lucra în clasă C deci au un randament bun.
- ◆ se pot întâlni mai multe variante de scheme bloc funcție de procedeul folosit pentru producerea semnalului MF (despre care se va vorbi în partea a treia a cursului):
  1. emițătoare cu oscilator LC modulată;
  2. emițătoare cu producerea semnalului MF prin modulație de fază;
  3. emițătoare cu sintetizor de frecvență.
- Vom exemplifica dând o schemă cu sintetizor de frecvență care este foarte des folosită în sistemele de comunicație actuale, figura 3.5.1.

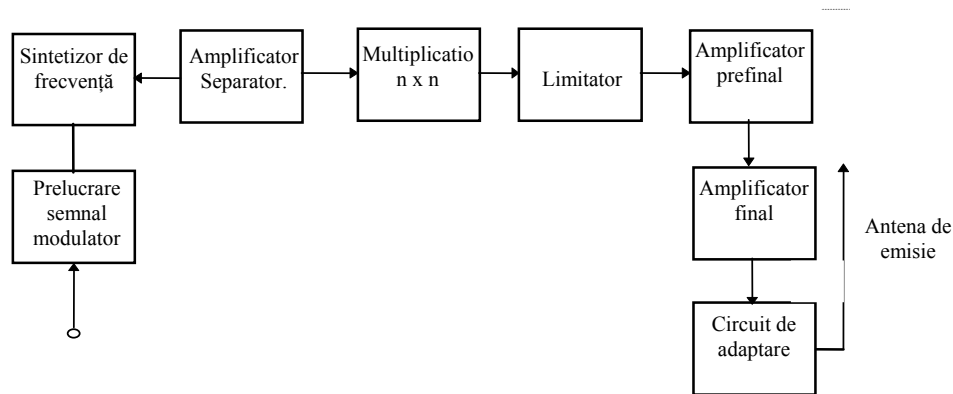


Figura 3.5.1

- Semnalele în diverse puncte ale schemei sunt:
  - semnalul modulator  $g(t) = U_m f(t)$

$$u_1(t) = U_1(t) \cos(\omega_1 t + \Delta\omega_1 \int_0^t f(\tau) d\tau)$$

- după sintetizorul modulat:

unde  $\Delta\omega = K_m U_m$

- După multiplicatorul care acționează asupra frecvenței instantanee:

$$\omega(t) = \omega_1 + \Delta\omega_1 f(t)$$

Rezultă

$$u_2(t) = U_2(t) \cos(\omega_2 t + \Delta\omega_2 \int_0^t f(\tau) d\tau)$$

$$\text{unde } \omega_2 = n\omega_1 \quad \Delta\omega_2 = n\Delta\omega_1$$

- Expresia lui  $u_2(t)$  evidențiază o modulație parazită de amplitudine deci este necesar un etaj limitator (AL) care să o elimine; după limitator rezultă:

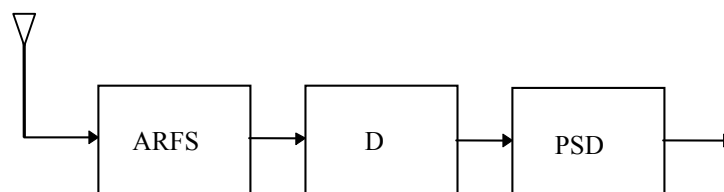
$$u_3(t) = U_3 \cos(\omega_1 t + \Delta\omega_1 \int_0^t f(\tau) d\tau)$$

- În continuare se modifică numai nivelul semnalului pentru a asigura acoperirea corespunzătoare a teritoriului care trebuie deservit cu semnal radio.

## 4. Echipamente de Radio Recepție (ERR) - noțiuni generale

### 4.1 Funcțiunile și parametrii ERR

- Funcțiuni:
  - selecția semnalului dorit,
  - amplificarea semnalului modulat,
  - demodularea,
  - prelucrarea semnalului demodulat.
- O schemă bloc care pune în evidență aceste funcțiuni este dată în figura 4.1.1.



**Figura 4.1.1**

- Parametrii caracteristici (specifici):
  - ◆ parametrii valabili la orice RR
    - sensibilitate
    - selectivitate
    - fidelitate
    - factor de zgomot
    - siguranță în funcționare
    - stabilitatea funcționării
      - cu temperatura
      - cu tensiunea de alimentare
  - ◆ parametrii dependenți de tipul de RR:
    - eficacitatea RAA (la Radioreceptoare MA)
    - rejectie MA parazită (la Radioreceptoare MF)
    - putere de ieșire (RR cu AIF)
    - nivel de semnal de ieșire (RR-tuner DECK)
    - nivel zgomot rezidual datorat brumului ce însoțește tensiunea redresată.
- Vom discuta pe scurt despre cei mai importanți:
- **Sensibilitatea RR** este un parametru care se exprimă prin nivelul minim al semnalului de intrare care poate fi prelucrat corespunzător; Presupune existența unui criteriu pentru a aprecia când este semnalul prelucrat corespunzător; acesta poate fi:
  - a) puterea de ieșire;

- b) raportul semnal-zgomot.
- In primul caz se definește sensibilitatea limitată de amplificare  $S_a$  iar în al doilea caz sensibilitatea limitată de zgomot  $S_z$ .
  - Valoarea puterii și raportului semnal zgomot pentru măsurători se stabilește prin norme: *putere standard* (cel mai des 50 mW) și *raportul semnal zgomot standard*:
    - MA -  $RSZ_0=20\text{dB}$
    - MF -  $RSZ_0=26\text{dB}$ .
  - **Selectivitatea RR** este un parametru care evidențiază gradul de eliminare a semnalelor nedorite care ajung la intrarea radioreceptorului odată cu semnalul util;
  - poate fi definită în două situații:
    - a) - semnalele aplicate la intrare au nivele mici
    - b) - semnalele aplicate la intrare au nivele mari.
  - Ne vom referi numai la primul caz când se poate considera valabil principiul suprapunerii efectelor; deci nu are importanță dacă este prezent un semnal sau mai multe; în consecință se consideră că semnalul și perturbația nu acționează simultan.
  - Selectivitatea la semnale mici este dată prin mai mulți parametri:
    - selectivitatea la canalele adiacente;
    - selectivitatea la semnale dependente de tipul RR cum ar fi cele definite pentru RR cu una sau mai multe SF:
      - selectivitatea la frecvența intermediară;
      - selectivitatea la frecvența imagine.
  - **Fidelitatea** este un parametru care evidențiază gradul în care RR modifică parametrii semnalului modulator în cursul prelucrării.
  - Acest parametru se exprimă prin:
    1. *factorul de distorsiuni neliniare*;
    2. *distorsiunile liniare (de amplitudine)*.

## 4.2 Clasificarea RR

- a) după destinație:
- comerciale <RRLC> RD și RTV (radioreceptoare de larg consum)
  - profesionale:
    - radiotelefoane
    - radiorelee
    - radiolocație
    - telecomandă
    - telemetrie
    - sisteme TV pentru transmisiuni de tipărituri

- de trafic.
- b) după semnalul modulat recepționat
  - MA cu P
  - MF
  - MA-BLU
  - MA-MF
  - MA (cu P, PS, BLU)
- c) după structura amplificatorului selectiv de RF:
  - amplificare directă
  - cu reacție
  - cu superreacție
  - cu detecție sincronă directă (sincrodină)
  - cu o schimbare de frecvență (SF)
  - cu două sau mai multe SF.
- d) După gama de frecvență prelucrată; Acest criteriu este dependent de aplicația căreia îi este destinat radioreceptorul. De exemplu RR de radiodifuziune pot fi:
  - UL
  - UM
  - US
  - UUS
  - UM+UUS
  - UU+UM+UUS etc.
- e) după modul de exploatare:
  - staționare
  - mobile
  - portabile
- f) după gradul de amplificare a semnalului demodulat:
  - tuner (cu amplificator) de putere exterior)
  - cu amplificator de putere încorporat.
- g) după modul de obținere a tensiunii de alimentare:
  - de la acumulatori / baterii
  - de la rețea
  - mixtă.

## **4.3 Echipamente de RR - analiza la nivel de schemă bloc**

### **4.3.1 Introducere**

- Analiza care urmează va avea la bază clasificarea RR pe baza structurii amplificatorului selectiv de radiofrecvență.

- Acest criteriu permite și o abordare a RR de la scheme simple spre scheme complexe.
- În consecință pot fi analizate:
  - RR cu amplificare directă
  - RR cu reacție
  - RR cu superreacție
  - RR cu o schimbare de frecvență
  - RR cu două sau mai multe schimbări de frecvență.
- În acest curs ne vom limita la radioreceptoarele cu amplificare directă și la cele cu o schimbare de frecvență.

### 4.3.2 RR cu amplificare directă

- Schema bloc a unui astfel de receptor este dată în figura 4.2.1

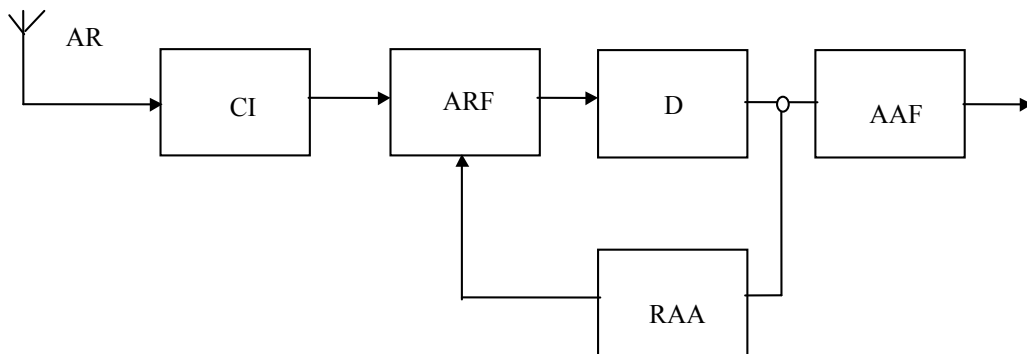


Figura 4.3.1

- Vom urmări rolul blocurilor funcționale:
  - *CI - circuit de intrare*
    - conectarea antenei la primul etaj activ din RR;
    - pentru a avea pierderi mici se folosește un circuit LC;
    - deoarece are și funcțiuni selective se mai numește și *circuit de preselecție*.
  - *ARF - amplificatorul de radio frecvență* - realizează funcții de selecție și amplificare.
    - semnalul este mic; dacă se dorește sensibilitate mare este necesar zgomot mic.
  - *Demodulatorul* extrage mesajul purtat de către semnalul RF;
  - *Amplificatorul de joasă frecvență*; aduce semnalul demodulat la un nivel adecvat aplicației pentru care este destinat;
  - *Reglajul automat al amplificării RAA*
    - nivel de intrare variabil
    - nivel de ieșire cât mai constant



- soluție: se extrage o informație din semnalul recepționat, adică o tensiune proporțională cu nivelul acestuia; cu aceasta se comandă în mod corespunzător câștigul ARF; o asemenea informație la radio receptoarele MA cu P se poate extrage din semnalul demodulat; este vorba de componenta de curent continuu.
  - având în vedere aceste aspecte de multe ori RAA este un simplu FTJ cu  $f_t \leq f_{mm}$ . Alteori se poate adăuga un amplificator de curent continuu. Dacă semnalul este *fără* purtătoare iar demodulatorul este un detector de produs, componenta medie nu mai este cea dorită. Este necesar un detector special pentru RAA.
- Analiza performanțelor; O vom realiza considerând că amplificatorul de RF are mai multe etaje cu schema dată în figura 4.2.2:
- ◆ sensibilitatea - relativ mică și, dacă ne referim la un RR cu acord variabil, este variabilă cu frecvența,

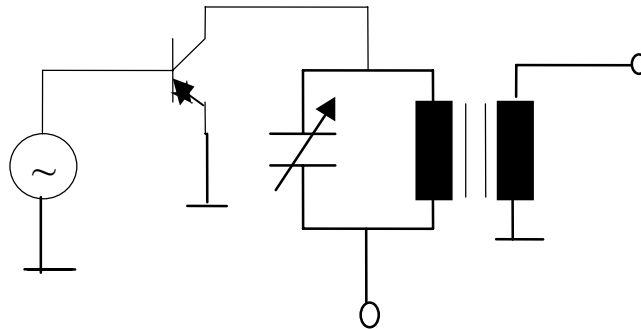


Figura 4.3.2

- acordul variabil  $C_v$ ; mai multe etaje, mai multe secțiuni; greu de realizat; curent 2-3-4 secțiuni.
- Pentru fiecare etaj se poate evalua:
 
$$G \approx -g_m Z_{d0}$$

$$Z_{d0} = Q \omega_0 L$$
- Deoarece s-a constatat că, practic, se poate considera factorul de calitate,  $Q$ , ca fiind constant
 
$$G \cong k \omega$$
- Așadar sensibilitatea este variabilă.

- ◆ Selectivitatea depinde direct de banda la 3 dB a fiecărui circuit

$$B = \frac{f_r}{Q} \approx f_r (Q \sim \text{constant});$$

$$a_n = 10 n \log (1 + x^2) = 10 n \log \left[ 1 + \left( \frac{2\Delta f Q}{f_r} \right)^2 \right]$$

- cu cât sunt mai puține etaje - scade selectivitatea;
- dacă RR este cu acord variabil, număr limitat de etaje - selectivitate redusă.
- crește frecvența (chiar dacă acordul este fix):

$$B = \frac{f_r}{Q} ; Q < 100$$

- la un moment dat nu mai pot fi eliminate canalele adiacente.

$$\text{Ex. } f_r = 10\text{MHz}; Q = 100$$

$$B = 10000/100 = 100\text{KHz}$$

trec zece canale fără vreo atenuare sesizabilă.

- Concluzie: aceste RR realizează performanțe acceptabile dacă lucrează pe frecvență fixă și nu prea mare (max.2)MHz.

### 4.3.3 R.R. cu o schimbare de frecvență

#### 4.3.3.1 Aspecte generale - principiul de lucru

- Conform concluziei din subcapitolul precedent RR cu amplificare directă au performanțe bune dacă lucrează pe frecvență fixă și nu prea mare.
- S-a pus problema dacă nu se poate face în așa fel încât să se folosească un asemenea RR iar pentru a gama de frecvență de interes să se acționeze astfel încât semnalele corespunzătoare diverselor emisiuni să fie aduse pe frecvența centrală a acestui RR.
- Răspunsul este afirmativ iar metoda folosită pentru realizarea ei este cunoscută sub denumirea de *schimbare de frecvență*;
- Această metodă este ilustrată prin schema bloc dată în figura 4.3.3.

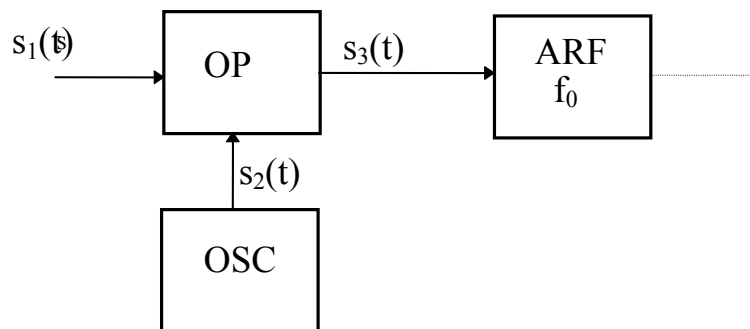


Figura 4.3.3

- Evoluția semnalelor în schema bloc din figura 4.3.3 este foarte ușor de urmărit:

$$s_1(t) = U(t) \cos[\omega_1 t = \rho_1(t)]$$

$$s_2(t) = U_2 \cos \omega_2 t : \omega_2 > \omega_1$$

$$s_3(t) = \frac{U_2 U(t)}{2} \cos[(\omega_2 + \omega_1)t + \rho_1] + \cos[(\omega_2 - \omega_1)t - \rho_1]$$

- Spectrele de amplitudini corespunzătoare sunt date în figura 4.2.2

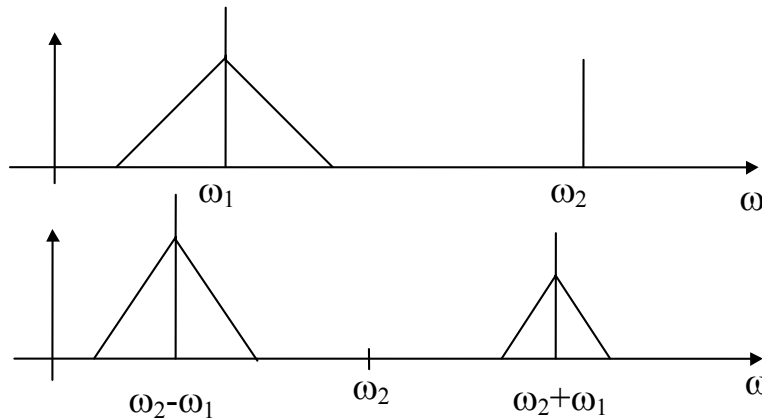


Figura 4.3.4

- Ambii termeni care compun semnalul de ieșire asigură o SF, adică asigură apariția unui semnal având frecvența purtătoare diferită de cea a semnalului de intrare:
- prin însumare;
  - prin diferență.
- Se constată că:
- cei doi termeni conservă modulația  $U(t)$ ,  $\varphi(t)$
  - funcție de termenul ales pot exista anumite restricții pentru a nu distorsiona semnalul.
- Pentru a recepționa un semnal cu o frecvență centrală precisă, de exemplu  $f_{s1}$ , trebuie puse condițiile:

$$f_s = f_2 - f_{s1} = f_0$$

$$B_0 \geq B_{\text{semnal}}$$

sau

$$f_s = f_2 + f_1 = f_0$$

$$B_0 \geq B_{\text{semnal}}$$

- Este ușor de observat că variind valoarea  $f_2$  se poate obține îndeplinirea condiției de recepție pentru orice frecvență purtătoare dacă s-a ales valoarea lui  $f_0$  (în primul caz fără restricții, în al doilea caz cu condiția suplimentară  $f_1 < f_0$ ).

- Observând schema de principiu, se constată că datorită modului de lucru au apărut blocuri cu funcții specifice;
- În consecință au fost introduse o serie de noțiuni specifice radioreceptoarelor cu o schimbare de frecvență:
  - oscilator local (OL),
  - frecvență intermediară ( $f_i$ ),
  - amplificator de frecvență intermediară (AFI),
  - schimbător de frecvență (mixer),
  - amplificator de Radio Frecvență (ARF).

#### **4.3.3.2 Scurtă comparație între variantele de realizare a SF**

- Teoretic și practic s-a constatat că schimbarea de frecvență prin însumare se folosește în radioemitoare iar cea prin diferență în radioreceptoare.
- Funcție de relația dintre frecvența purtătoare ( $f_s$ ) și frecvența semnalului generat local ( $f_h$ ) schimbarea de frecvență prin diferență poate fi de două tipuri:
  - infraheterodină ( $f_h < f_s$ )
  - superheterodină ( $f_h > f_s$ )
- Analiza acestor variante conduce la concluzia că pentru radioreceptoarele MA varianta a doua este cea mai avantajoasă; pentru radioreceptoarele MF la care frecvența purtătoare este mare se pot folosi ambele variante;
- Pentru a justifica aceste afirmații analiza trebuie făcută în situația în care se are în vedere un *Schimbător de Frecvență real* la care semnalul obținut la ieșire conține pe lângă produsul celor două semnale de intrare și cele două semnale de intrare precum și alte combinații ale acestora ( $s_1^k \cdot s_2^j$ ,  $k, j = 1 \dots \infty$ ), astfel încât pot fi identificate componente cu frecvențele  $\pm k f_s \pm j f_h$ .
- În acest caz este ușor de observat că este necesar ca frecvența  $f_i$  să nu fie în gama ocupată de semnal. În caz contrar semnalul cu această frecvență va trece direct (componenta pe frecvența  $f_s$ ) și se va suprapune peste toate celelalte semnale care trec prin schimbare de frecvență perturbându-le.
- ◆ Această perturbație se **numește perturbație pe frecvența intermediară** și pentru a o evita este necesar ca semnalul pe frecvența  $f_i$  să nu ajungă la schimbătorul de frecvență altfel el nu mai poate fi eliminat.

- ◆ Deci eliminarea **perturbației pe frecvența intermediară** trebuie făcută de către filtrele care preced SF și aceste filtre nu trebuie să afecteze semnalele utile; de aici necesitatea de a impune condiția  $f_i \neq f_s$ , adică frecvența intermediară să nu fie în banda ocupată de semnalele utile;
- ◆ Trebuie, de asemenea evitată situația în care pentru unele semnale utile este îndeplinită relația  $f_i = n f_h$ ; dacă nu o evităm, semnalul local fiind de nivel mare, are armonice care față de semnalul local sunt mici dar pot fi relativ mari în raport cu semnalul recepționat; prezența lor va introduce *perturbații de interferență*.

1. **SF infraheterodină:**  $f_i = f_s - f_h$ ;  $f_h < f_s$

- se constată că  $f_i < f_s$ .
- Considerând un Radioreceptor pentru semnale MA care să acopere gamele de unde lungi, UL (150..290 kHz), unde medii, UM (525..1455 kHz) și unde scurte, US( 3..30 MHz) (figura 4.3.5) se constată că se disting mai multe soluții constructive pentru a îndeplini cerințele de mai sus:
  - mai multe AFI având frecvența  $f_i$  mai mică decât fiecare frecvența minimă a fiecărei game (cu un comutator).
  - un singur AFI având frecvența  $f_i$  mai mică decât cea mai mică frecvență de lucru:  $f_i \leq 150 \text{ KHz}$
  - soluția a doua este mai convenabilă din punctul de vedere al realizării unui AFI economic;



Figura 4.3.5

- Din punctul de vedere al perturbațiilor datorate unor armonici ale OL se constată că acestea pot să apară având în vedere că  $f_i > f_h$ , deci se pot îndeplini simultan condițiile:

$$f_i = f_s - f_h; \quad f_i = n f_h$$

- Ca atare semnalele cu frecvența purtătoare

$$f_s = \frac{n + 1}{n} f_i$$

vor fi perturbate.

- Aceste perturbații pot fi evitate dacă se alege:

$$f_i < \frac{nf_s}{n+1} = \frac{2}{3} f_s \text{ (pentru } n = 2)$$

$$f_i < 110\text{KHz}$$

- În sfârșit mai putem identifica o perturbație foarte periculoasă cunoscută sub denumirea de *perturbație pe frecvența imagine*.
- Pentru a o defini să considerăm că la intrarea unui receptor există două semnale având spectrele în relația dată în figura 4.3.6.

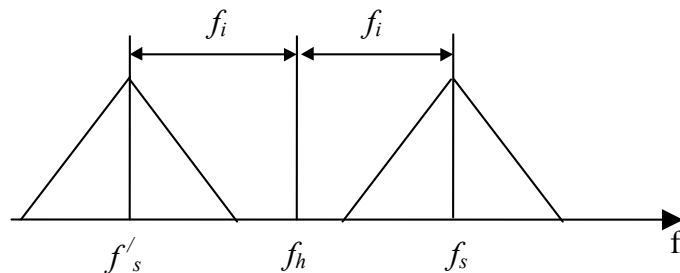


Figura 4.3.6

- Cele două semnale sunt prelucrate de către SF:
  - $f_s$  prin infraheterodină și rezultă  $f_i$
  - $f'_s$  prin superheterodină și rezultă  $f_i$
 odată amestecate cele două semnale nu mai pot fi separate și recepția este puternic perturbată.

- Semnalul cu frecvența:

$$f'_s = f_{im} = f_s - 2f_i$$

care reprezintă *perturbația pe frecvența imagine* trebuie să nu ajungă la SF. El trebuie eliminat de filtrele plasate înaintea SF.

- atenuarea oricărui FTB este cu atât mai mare cu cât ecartul relativ ( $\Delta f/f_s$ ) la care se află perturbația este mai mare.
- Așadar  $f_i$  trebuie ales cât mai mare, deci o valoare  $< 110$  khz ar putea să nu fie acceptabilă.

De aici rezultă că SF infraheterodină nu este acceptabilă la RR-MA dar poate fi acceptată la RR-MF.

### 1. SF - superheterodină $f_i = f_h - f_s$ , $f_h > f_s$

- ◆ Se constată că:

- Nu există nici o restricție pentru valoarea lui  $f_i$  față de frecvențele recepționate deci  $f_i$  poate fi ales oriunde în afara gamelor de semnal.
  - $f_i < f_h$  nu pot apărea interferențe cu  $nf_h$ .
  - perturbațiile pe frecvența imagine există și în acest caz; cele două semnale din paragraful precedent schimbă rolurile dar fenomenul rămâne deci se impune alegerea valorii  $f_i$  cât mai mare.
  - Cum nu există restricții din condițiile precedente se poate alege o valoare convenabilă.
- ◆ Se constată că SF superheterodină este cea mai puțin restrictivă din punctul de vedere al condițiilor ce se au în vedere la alegerea  $f_i$ :
1.  $f_i$  - în afara benzilor de lucru;
  2.  $f_i$  - mic pentru AFI performant
  3.  $f_i$  - mare pentru a putea rejecta convenabil  $f_{im}$ .
- ◆ Au rezultat:
- RR-MA  $f_i=450...470$  kHz uzual:  $f_i=455$  kHz
  - RR-MF:  $f_i=10.7$  MHz
  - RR-TV :  $f_i=38$  MHz

#### 4.3.3.3 Radio Receptoare superheterodină, o schema bloc

- În continuare vor fi prezentate sarcinile și structurile blocurilor funcționale ca și impactul lor asupra performanțelor RR.

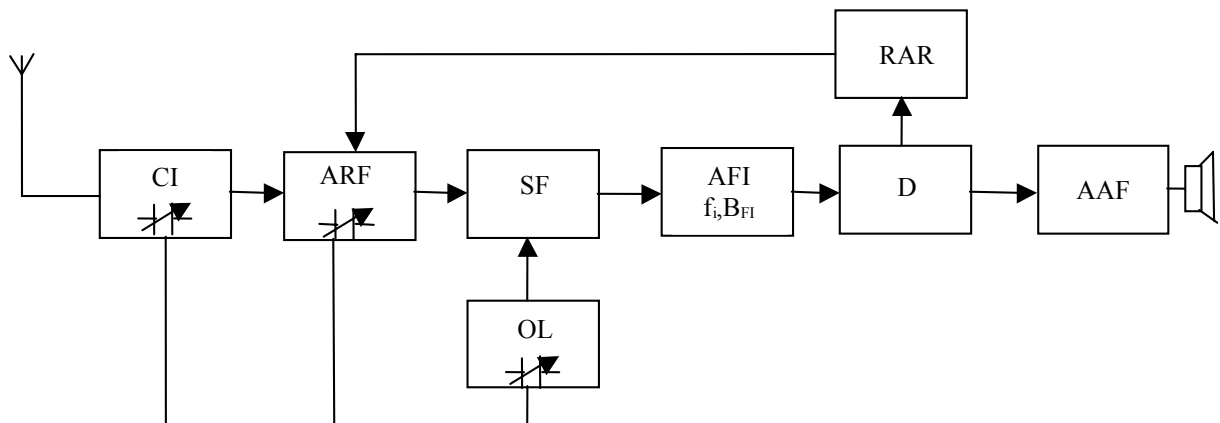


Figura 4.3.7

➤ **Circuitul de intrare, CI**

- are rolul de a realiza conexiunea optimă între antenă și primul etaj activ din RR;
- prin optim înțelegem că el trebuie să introducă pierderi cât mai mici;
- de aici rezultă că o soluție constructivă constă realizarea pe baza unui Circuit Rezonant Derivație sau Circuit Rezonant Serie;
- acest circuit va fi acordat permanent pe frecvența de lucru; deci dacă RR are acord variabil unul din elemente este reglabil; condensatorul,  $C_v$  sau bobina,  $L_v$ .
- intervenția în funcția de selectivitate nu este opțională ci necesară; el trebuie să atenueze cât mai mult posibil perturbațiile aflate pe frecvențe depărtate de frecvența de lucru:
  - frecvența intermediară;
  - frecvența imagine.care nu trebuie să acceadă la SF.

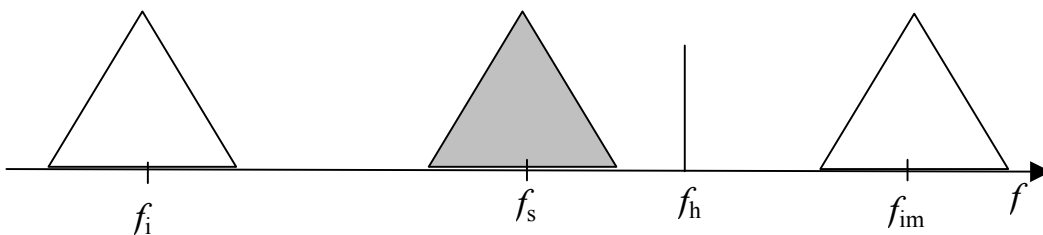


Figura 4.3.8

- Așa cum se va vedea în continuare la atingerea acestui obiectiv va participa și ARF; există însă Radioreceptoare care nu au ARF; în acest caz toată funcția este realizată de CI.
- **CI** nu intervine (iar la frecvențe înalte nici nu poate interveni) în selectivitatea față de canalul adiacent.

➤ **Amplificatorul de Radiofrecvență, ARF**

- realizează amplificarea semnalului în banda originală.
- Pe această cale contribuie la mărirea câștigului global al RR deci a sensibilității limitate de amplificare.
- Fiind special destinat amplificării la semnal mic el poate fi gândit să lucreze cu zgomot mic. Trebuie remarcat că zgomotul produs de acest bloc va **fi mai mic decât cel produs de către schimbătorul de frecvență** care este primul bloc activ atunci când ARF lipsește.
- Deci ARF va permite mărirea sensibilității limitate de zgomot.



- Având în vedere necesitatea eliminării cât mai bune a semnalelor perturbatoare din jurul frecvenței intermediare,  $f_i$ , și imagine,  $f_{im}$ , blocul va fi selectiv urmând să atenueze cât mai mult posibil aceste semnale pentru a le împiedica să ajungă la SF.
  - Deci prin prezența sa ARF ameliorează și selectivitatea RR.
  - Dacă RR are acord variabil acest bloc trebuie acordat pe frecvența purtătoare a semnalului util.
  - Aceasta impune o structură simplă: unul sau două etaje de amplificare având ca sarcină circuite rezonante sau cuplate.
  - In RR comerciale el poate chiar să lipsească sau are un singur etaj. S-a acceptat această soluție deoarece condensatorul variabil asociat contribuie remarcabil la creșterea volumului și a prețului de cost.
  - Această idee nu mai este atât de importantă acum când pentru acord se folosesc diode varicap.
  - Câștigul realizat (10...30) dB se alege așa fel că să nu conteze zgomotul **etajului** următor.
  - O altă contribuții ale ARF la performanțele RR: izolarea SF+OL de antenă reducându-se în acest fel pe de o parte radiația semnalului local și, pe de altă parte, influența antenei asupra frecvenței acestui semnal.
  - Comparând CI cu ARF se constată că există o serie de elemente comune:
    - sunt acordate pe  $f_s$ ;
    - atenuază  $f_i$  și  $f_{im}$ ;
    - etc.
  - de aceea ele sunt grupate sub denumirea de *circuite de radiofrecvență sau circuite de semnal*.
- ◆ **SF - schimbătorul de frecvență;**
- Are rolul de a transfera semnalul de pe frecvența purtătoare  $f_s$  în banda de trecere a amplificatorului de frecvență intermediară.
  - Se constată că datorită rolului său este un bloc esențial neliniar;
  - deci va trebui dimensionat cu grijă pentru a nu introduce distorsiuni neliniare asupra semnalului modulator;
  - poate fi realizat pe baza oricărui modulator pentru semnale MA cu mici modificări (sau demodulator de produs) așa cum se va aminti în capitolele următoare.
  - nivelul semnalului local depinde de varianta aleasă.

◆ **OL - oscilatorul local**

- Trebuie să genereze o oscilație locală, cu un conținut cât mai redus de armonici (atunci când se cere semnal sinusoidal);
  - nivelul semnalului generat este determinat de soluția aleasă pentru SF;
  - dacă receptorul acoperă o gamă de frecvență, atunci semnalul generat trebuie să aibă frecvența variabilă;
  - valoarea frecvenței va fi controlată cu un circuit RLC (oscilator Hartley sau Colpitts).
  - Deci trebuie să existe un element variabil - de regulă  $C_v$ .
  - În cazul frecvenței variabile se impune și condiția ca amplitudinea semnalului să fie constantă cu frecvența.
  - Au existat cazuri, în etapa în care elementele active erau costisitoare, când SF și OL erau realizate cu un singur dispozitiv activ - schimbător de frecvență auto-oscilant.
  - o dată cu ridicarea nivelului tehnologic (tranzistoare ieftine, CI) cele două blocuri sunt distincte ceea ce a dus, evident, la performanțe mai bune.
- Pentru a realiza acordul RR pe un post:
    - trebuie modificat  $f_h$  - până când  $f_h - f_s = f_i$ ;
    - frecvența de acord a circuitelor de semnal modificată astfel încât  $f_{rs} = f_s$ .
  - Cele două reglaje nu pot fi făcute independent; procedeul de acord folosit numit *monoreglaj* reprezintă reglarea simultană a celor două blocuri folosind un ansamblu de  $C_v$  sau de  $L_v$  sau un potențiomtru care comandă toate diodele varicap.
  - Se va reveni asupra efectelor acestei operații în paragraful următor.
- **AFI - amplificatorul de frecvență intermediară**
    - Are un rol decisiv pentru performanțele RR:
      - realizează selectivitatea la canalul vecin
      - realizează cea mai mare parte din câștigul global.
    - Din această cauză trebuie proiectat și realizat cu multă grijă.
    - structura sa depinde în mare măsură de nivelul tehnologic la care de lucrează.
    - Au existat mai multe soluții constructive:
- a) **un număr oarecare de etaje de amplificare având ca sarcină circuite rezonante derivație (CRD):**

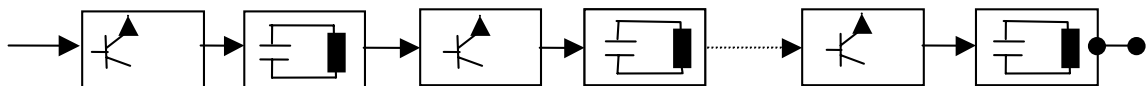


Figura 4.3.9

- soluția nu este foarte performantă dacă acordul etajelor se face pe aceeași frecvență. Acordându-l pe frecvențe diferite se ameliorează caracteristica de selectivitate dar crește complexitatea operațiunii și deci costul.
- Soluția a fost utilizată cu performanțe acceptabile pentru RR MA (2-3 etaje).
- pentru RR-MF nu a dat satisfacție datorită caracteristicii de fază care nu este suficient de liniară;
- Aceste amplificatoare pun probleme din punctul de vedere al stabilității.

**b) un număr oarecare de etaje de amplificare având ca sarcină circuite cuplate de ordinul II.**

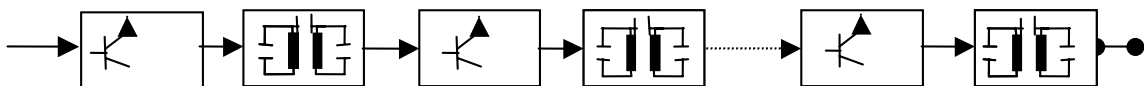


Figura 4.3.10

- Această soluție permite obținerea unei caracteristici de selectivitate mai bună.
- Și din punctul de vedere al stabilității în funcționare performanțele sunt mai bune (datorită unei separări mai nete între elementele active).
- Amplificatoare cu performanțe bune și pentru Radioreceptoare MA (2-3 etaje) și pentru radioreceptoare MF (3-4 etaje).
- Caracteristica de fază poate fi controlată și prin indicele de cuplaj  $g=kQ$  și se poate găsi o soluție optimă.
- această variantă a putut fi extinsă pe măsură ce s-a pus la punct tehnologia pentru a realiza bobina cu ferită miniaturizată.

**c) variante mixte:**

- unele etaje folosesc ca sarcină circuite rezonante simple altele circuite cuplate
- de multe ori ultimul etaj este realizat cu CRD iar celelalte cu circuite cuplate.

**d) amplificatoare cu selectivitate concentrată:**

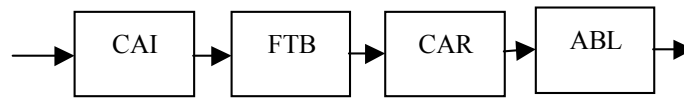


Figura 4.3.11

- La această soluție se separă cele două funcțiuni: cea de amplificare de cea de selectivitate:
    - o un amplificator de bandă largă proiectat în mod adecvat
    - o un filtru realizat într-o tehnologie oarecare încadrat de circuite de adaptare.
  - cel mai adesea filtrul este piezoceramic (455 kHz sau 10,7 MHz -Radiodifuziune).
  - în alte game de frecvență sau pentru performanțe mai bune se folosesc filtre cu cuarț sau mai rar, filtre magnetostrictive, mecano-electrice, etc.
  - a existat, la început, și o tentativă de a folosi circuite cuplate de ordin superior (n=4...5...6)
- Din punctul de vedere al selectivității performanțele AFI pot fi precizate prin:
- banda de 3 dB
  - atenuarea la canalul adiacent;
  - coeficientul de dreptunghiularitate

$$K_s = \frac{\beta_{20dB}}{\beta_{3dB}}$$

- **RAA – reglajul automat al amplificării**
- Are aceleași funcțiuni și mod de lucru ca în cazul radioreceptoarelor cu amplificare directă;
  - evident în cazul receptoarelor cu o schimbare de frecvență blocul RAA poate fi mai eficient deoarece poate acționa asupra unui număr mai mare de etaje (2-3 în AFI, 1-2 etaje în ARF).

#### 4.3.3.4 Monoreglajul și alinierea

- În conformitate cu observația de mai sus pentru a acorda un radioreceptor pe un post cu frecvența  $f_s$  trebuie îndeplinite simultan condițiile:

$$\begin{aligned} f_{rs} &= f_s \\ f_h - f_s &= f_i \end{aligned} \quad (4.3.10)$$

- Pentru comoditatea utilizatorului cele două blocuri se reglează simultan; se folosește un bloc de condensatori (sau inductanțe) variabile care sunt acționate cu un singur dispozitiv.
- Practica a demonstrat că din considerente economice și pentru a folosi un singur bloc de elemente în RR cu mai multe game toate condensatoarele (sau bobinele) sunt identice.
- Analizând situația rezultată se va constata că, dacă nu se ia nici o măsură, condițiile (1) se pot îndeplini într-un singur punct din gama explorată.
- Pentru a justifica această afirmație se consideră circuitele din figura 4.3.12 unde  $(C_v L_s)$  este unul dintre circuitele blocului de RF și  $(C_v L_h)$  circuitul rezonant care controlează frecvența oscilatorului local.

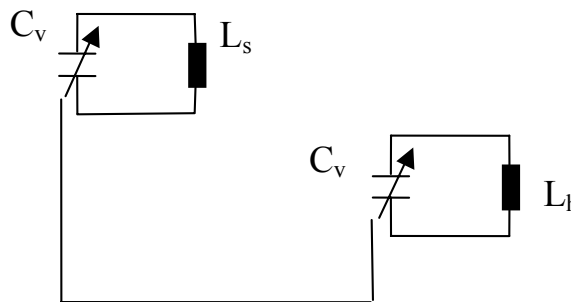


Figura 4.3.12

$$f_{rs} = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_v L_s}}; \quad f_h = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_v L_h}} \quad (4.5.2)$$

$$f_d = f_h - f_{rs} = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_v L_s}} \sqrt{\frac{L_h}{L_s} - 1} = a f_{rs}$$

- Presupunem că se modifică valoarea condensatorului și că se poate observa momentul când se realizează condiția  $f_d = f_i$ .
- De dorit ar fi ca  $f_d = f_i$  indiferent de  $f_{rs}$ .
- Se constată însă că  $f_d$  variază liniar cu  $f_{rs}$ , deci cu  $f_s$  iar condiția  $f_d = f_i$  se îndeplinește numai la o valoare a frecvenței semnalului, pe care o notăm cu  $f_{so}$  (figura 4.3.13).

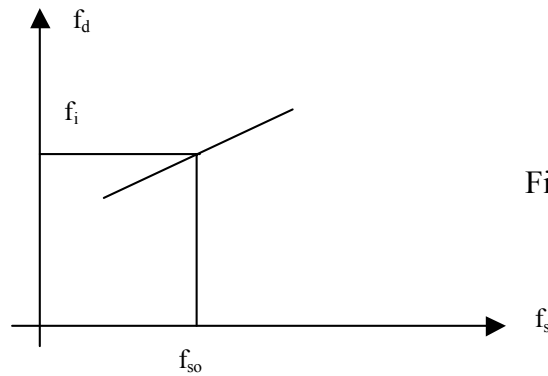


Figura 4.3.13

- Se poate defini dezacordul

$$\delta f = f_d - f_i = a f_{rs} - f_i$$

care se reprezintă grafic ca în figura 4.3.14

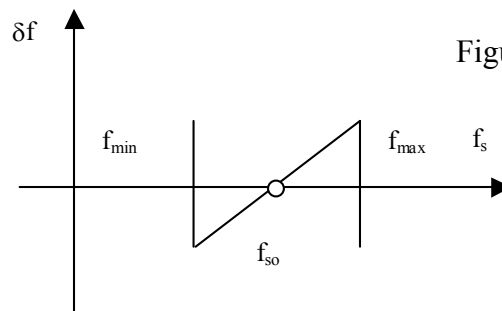
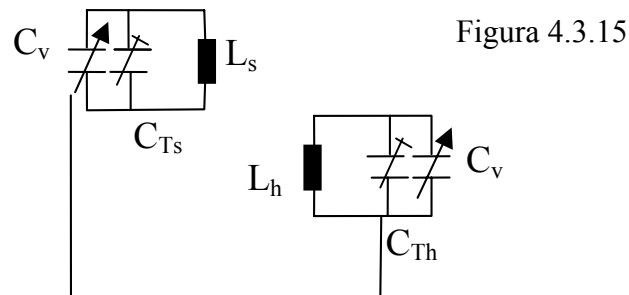


Figura 4.3.14

- Se spune că semnalul având frecvența purtătoare  $f_{so}$  este recepționat corect, circuitele de semnal și AFI fiind corect acordate deci, cu alte cuvinte, aliniat.
- Toate celelalte semnale sunt prelucrate cu o eroare de aliniere  $\delta f$ .
- **Ce efect are această eroare?**
- Ea se traduce în dezacord al blocurilor funcționale din ARF sau din AFI față de frecvența purtătoare a semnalului recepționat;
- Normal ea se distribuie între cele două blocuri; dar este posibil ca unuia (de regula ARF) să-i revină cea mai mare parte;
- Să presupunem că revine integral ARF.
  - La  $\delta f=0$  semnalele trec prin centrul curbei.

- La  $\delta f \neq 0$  trec lateral deci sunt atenuate; de aici o reducere a sensibilității și o creștere a ponderii zgomotului care rămâne neschimbat.
- Se poate demonstra că pe lângă acest efect apar și distorsiuni neliniare din cauza nesimetriei curbei de selectivitate față de cele două benzi laterale.
- În concluzie este de dorit să se procedeze în așa fel încât eroarea de aliniere  $\delta f$  să nu existe iar în caz că acest lucru nu este posibil să fie cât mai mică.
- S-au încercat diverse soluții.
- O primă variantă constă în folosirea unor condensatoare cu secțiuni având legi de variație diferite. S-a constatat că sunt costisitoare și aplicabile numai la o gamă de frecvențe și la o valoare a  $f_i$ . În concluzie soluția a fost respinsă.
- Soluția acceptată constă în introducerea unor componente auxiliare în cele două circuite; prin alegerea valorilor acestor componente se pot introduce puncte suplimentare de aliniere corectă și se poate reduce eroarea de aliniere.
- De exemplu pentru a introduce un al doilea punct de aliniere se trece la circuitele date în figura 4.3.15.



- Se observă că au fost introduse două condensatoare semireglabile. Relațiile (4.5.2) devin:

$$f_{rs} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s(C_v + C_{Ts})}};$$

$$f_h = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_h(C_v + C_{Th})}} \quad (4.5.2)$$

- În cursul proiectării se vor determina  $L_s$ ,  $L_h$ ,  $C_{ts}$  și  $C_h$  pentru a acoperi gama propusă și pentru condiții optime de recepție.

#### **4.3.3.5 Concluzii: performanțe**

➤ RR cu o schimbare de frecvență pot realiza performanțe foarte bune cel puțin pentru clasele de RR comerciale.

- -sensibilitate ridicată (până la limita dată de zgomotul propriu  $S_z > S_a$ )
  - UM - 50-200  $\mu\text{V}$
  - US - 50-200  $\mu\text{V}$
  - UL - 100-300  $\mu\text{V}$
  - UUS - (10-20)  $\mu\text{V}$

- selectivitate la canalul adiacent mai bună de 30dB, și independentă de gama de lucru;
- selectivitatea față de frecvența intermediară, definită la nivele mici ale semnalelor de intrare:

$$a_i = 20 \log \frac{U_{fi}}{S_{iz}}$$

(măsurată cu schema bloc dată la măsurarea sensibilității și cu metoda de la selectivitatea pentru canalul adiacent) mai bună de 35dB.

- Dacă CI nu poate realiza această valoare, ea poate fi asigurată cu un circuit de rejecție acordat pe  $f_i$ .
- Selectivitatea față de canalul pe frecvența imagine, este dependentă de frecvența de lucru, în același fel în care selectivitatea RR cu AD față de canalele adiacente depinde de frecvența de lucru;
- Se obțin valori de ordinul:
  - >30dB în gamele UL și UM, UUS și
  - 10...16dB în gama de US.
- eficacitatea sistemului de RAA: 20-100dB, funcție de numărul etajelor controlate și de soluția constructivă aleasă,
- la radio receptoarele din clasa I, RAA > 50dB.