

1. Arhitectura internă a radioreceptoarelor

1.1 Generalități

Cel mai simplu radioreceptor este receptorul cu amplificare directă. Acest gen de receptor a fost folosit mult în anii de început ai radiofoniei, actualmente având o utilizare extrem de limitată. Practic, la acest gen de receptor, semnalul de la antenă este puternic amplificat și apoi detectat și amplificat în joasă frecvență. Acordul se face numai prin circuitele acordate de la intrare, care asigură în totalitate selectivitatea receptorului. Nu se poate vorbi de radioreceptoare fără a introduce doi parametri esențiali ai unui radioreceptor: sensibilitatea și selectivitatea. Acești parametri vor fi tratați în extenso la capitolul despre parametrii, dar aici trebuie spus doar că sensibilitatea reprezintă capacitatea de a recepționa semnale slabe, iar selectivitatea reprezintă capacitatea receptorului de a separa semnale apropiate în frecvență.

La receptorul cu amplificare directă sensibilitatea poate fi în principiu oricât de mare, problema majoră fiind faptul că selectivitatea ce se obține poate fi acceptabilă doar la frecvențe reduse. Evident, cu creșterea frecvenței (la același Q al circuitelor de intrare), banda de frecvență crește, selectivitatea devenind în acest fel defectuoasă. Un alt dezavantaj este faptul că acest gen de receptor permite numai recepția semnalelor cu modulație de amplitudine sau frecvență.

Receptorul cu reacție este o altă variantă de receptor ce a fost utilizată în perioadele inițiale ale radiofoniei. Amplificatorul de RF funcționează la acest gen de receptor foarte aproape de limita de autooscilație. În ciuda simplității deosebite a schemei și a sensibilității și selectivității destul de bune ce se pot obține, instabilitatea reglajului de reacție cu frecvența de acord a dus la o operare greoaie. În plus, se perturba grav utilizatorii aflați pe frecvențe apropiate.

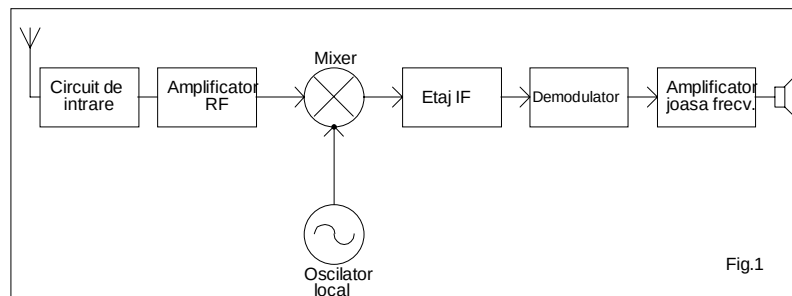
În prezent se folosesc trei categorii de receptoare:

- Receptorul superheterodină
- Receptorul cu conversie directă (sincrodină)
- Receptorul software

1.2 Receptorul superheterodină

Receptorul superheterodină este principala structură de receptor utilizată astăzi. Armstrong este creditat cu crearea acestui gen de receptor în 1918 în US. Utilizarea pe scară largă a acestui tip de receptor se datorează faptului că, prin folosirea etajului de frecvență intermediară se poate introduce un filtru cu selectivitate înaltă pe o frecvență fixă, rezolvându-se în acest fel, problema selectivității (comparativ cu receptoarele cu amplificare directă). Schema principală este prezentată în fig.1

Se observă că pentru a se obține semnalul de frecvență intermediară este folosit un



mixer, care mixează semnalul de RF cu un semnal provenit de la un așa numit oscilator local.

Diferența dintre frecvența oscilatorului local și cea a semnalului de RF este egală cu valoarea frecvenței intermediare. Imediat la ieșirea mixerului este plasat filtrul ce asigură selectivitatea receptorului. Etajul de IF asigură aproape în totalitate amplificarea semnalului

la recepție. Semnalul de IF este apoi demodulat, informația conținută fiind în final amplificată de un etajul de AF.

Prețul soluționării facile a selectivității la receptorul superheterodină îl reprezintă apariția posibilității de perturbare a recepției pe frecvența imagine sau chiar direct pe frecvența intermediară. Mai mult, mixerului reprezintă un etaj suplimentar care introduce propriile distorsiuni și limitări la recepție. În ciuda acestor dezavantaje, precum și a reglajului mai dificil în fabricație, utilizarea receptorului superheterodină este deosebit de largă.

1.2.1 Mixajul în radioreceptoare

Un etaj deosebit de important într-un receptor superheterodină îl reprezintă mixerul. De performanțele acestuia depind în bună măsură calitățile receptorului. Presupunând:

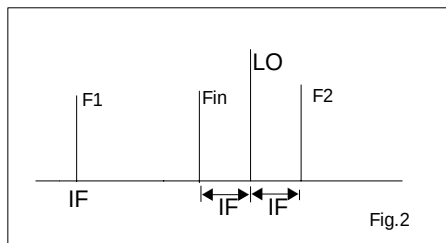
- semnalul de intrare în mixer de tipul: $A \cos(\omega_s t)$ și
- semnalul de la oscilatorul local de tipul: $K \cos(\omega_o t)$,

la ieșire rezultă semnalul:

$$KA \cos(\omega_s \cdot t) \cos(\omega_o \cdot t) = \frac{KA}{2} (\cos(\omega_s + \omega_o) \cdot t + \cos(\omega_s - \omega_o) \cdot t)$$

unde: $\omega_s = 2\pi f_{\text{semnal}}$, $\omega_o = 2\pi f_{\text{oscilator}}$

Presupunând coeficientul K o constantă (amplitudinea oscilatorului), rezultă că amplitudinea semnalului de ieșire depinde numai de semnalul de intrare.



Aplicând la intrarea unui mixer semnalul F_{in} și la intrarea de oscilator semnalul LO (fig.2), la ieșire rezultă semnalele F_1 și F_2 , unde:

$$LO + F_{in} = F_2 \text{ și } LO - F_{in} = F_1$$

Produsul de mixaj F_1 are frecvența egală cu valoarea frecvenței intermediare IF.

Se observă că, același semnal F_1 se poate obține și prin diferența unui semnal F_2 și LO (aflat la o distanță în frecvență egală cu IF). Din acest motiv F_2

se mai numește și frecvență imagine.

În practică, la ieșirea mixerului, în afară de F_1 și F_2 apar și semnalele de la oscilatorul local precum și semnalul de intrare. Dacă se lucrează cu mixere echilibrate semnalele oscilatorului local și cel de intrare sunt atenuate cu 20-40dB.

Datorită imperfecțiunii mixerului, apar și alte produse de mixaj, între armonicile oscilatorului local și armonicile semnalului de intrare. Produsele de mixaj parazite produse astfel au ponderi semnificative până la armonici de ordinul 5 sau chiar 7. Mixerele echilibrate permit reducerea substanțială a produselor parazite de mixaj.

Mixerul este un etaj delicat într-un receptor. Pentru funcționarea la parametrii maximi este necesar să i se asigure o impedanță pur rezistivă la ieșire, într-un spectru larg de frecvență. Din păcate, filtrele plasate imediat după mixer nu îndeplinesc acest criteriu așa încât trebuie să se recurgă la diverse soluții de adaptare mai sofisticate. Uneori se recurge la plasarea unui amplificator imediat după mixer, care are avantajul că poate prezenta impedanța constantă la intrare pe un spectru larg de frecvență. Și aici apare un pericol: presupunând că semnalul provenit de la oscilatorul local este atenuat de mixer cu numai 20dB, devine posibil ca în situația când se lucrează cu nivele mari la oscilator (+27dBm), să apară la ieșire în afară de semnalul util și o "scurgere" de la oscilator cu un nivel de +7dBm, valoare cu mult mai mare (de regulă) decât semnalul util și care poate provoca chiar saturarea amplificatorului plasat după mixer. O asemenea metodă se poate utiliza numai în situația când mixerul atenuază semnalul de la oscilator cu min. 35-40dB și se lucrează cu nivele reduse de la oscilator (cca. 0dBm la mixerele active).

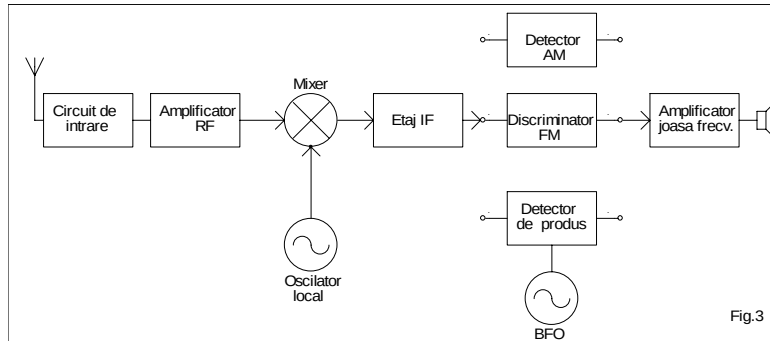
O alta problemă cauzată de mixere este translația zgomotului din LO pe frecvența intermediară, ceea ce duce la creșterea dramatică a cifrei de zgomot echivalente a mixerului. Valoarea factorului de zgomot NF dată de catalog pentru un mixer (uzual sub 12dB) ajunge în acest fel să fie de ordinul a peste 20dB. La fel și în cazul ignorării zgomotului de pe frecvența imagine, cifra reală de zgomot poate crește cu până la 3dB.

Subiectul va fi tratat mai pe larg în capitolul despre mixere.

1.2.2 Problematika receptoarelor superheterodină, frecvența intermediară, selectivitatea și sensibilitatea

Schema bloc a unui radioreceptor superheterodină se modifica în oarecare măsură funcție de tipul emisiunii ce se recepționează.

Astfel, pentru recepția emisiunilor cu bandă laterală suprimată este necesară refacerea purtătoarei la recepție. Pentru aceasta, detectorul folosit este de fapt un mixer ce



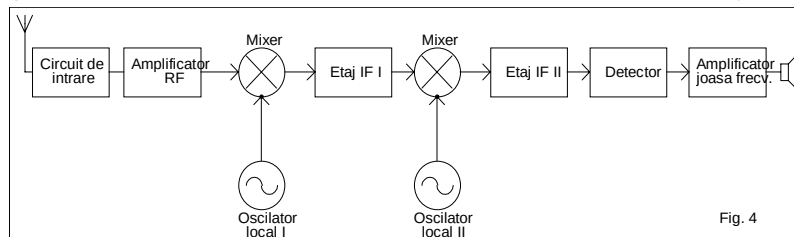
mixează semnalul de IF cu semnalul unui oscilator (BFO) având frecvența egală cu frecvența intermediară.

Recepția emisiunilor modulate FM necesită un detector (discriminator) de frecvență. Fig. 3 prezintă schema bloc a unui receptor ce poate recepționa emisiunile cu modulație liniară.

Circuitul de intrare utilizat în receptor este esențial pentru atenuarea semnalelor provenite de la antenă ce au o frecvență egală cu frecvența imagine, care ar putea produce la mixare un produs cu frecvența egală cu valoarea frecvenței intermediare. La receptoarele ce sunt bune de larg consum, atenuări ale frecvenței imagine de ordinul a 30-40dB sunt considerate acceptabile, în timp ce pentru realizările profesionale sunt necesare atenuări de ordinul a 90-100dB (pentru receptoarele radioamatorilor necesitățile în unde scurte sunt de ordinul a 70-80dB). Valoarea frecvenței imagine se determină simplu, prin adăugarea la frecvența semnalului util a dublului frecvenței intermediare.

Dacă circuitul de intrare este acordabil, atunci frecvența de acord a acestuia se modifică simultan cu frecvența oscilatorului local, fiind necesară o bună corelare între frecvențele de acord ale celor două circuite. Dacă circuitele de intrare sunt de bandă largă, acestea se aleg în așa fel încât să acopere cel mult o octavă. Evident, în această situație valoarea frecvenței intermediare trebuie să fie suficient de mare pentru ca frecvența imagine să cadă mult în afara benzii de trecere a circuitului de intrare.

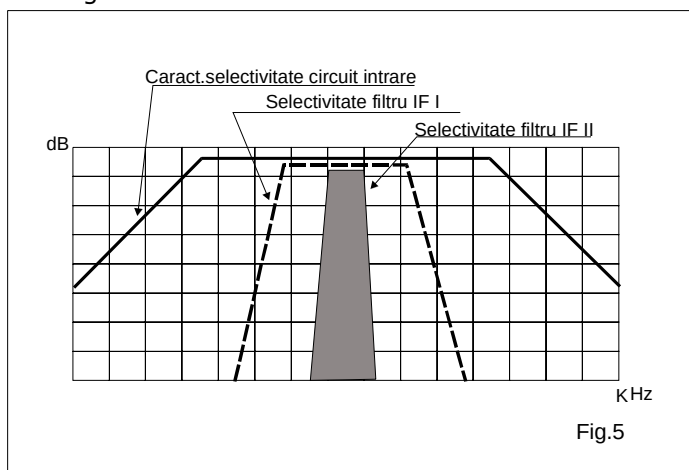
Se poate demonstra că numărul produselor parazite, semnificative, de mixaj, scade în situația alegerii unei frecvențe intermediare mai ridicate. Pentru receptoarele de unde scurte, de mare performanță se poate ajunge la valori ale frecvenței intermediare de cca. 3 ori mai mari decât frecvența maximă recepționată. Acest criteriu de selecție a frecvenței intermediare asigură și o rejectie corespunzătoare a frecvenței imagine. Se ajunge astfel, ca la un receptor de unde scurte cu banda de frecvență până la 30MHz, frecvența intermediară să fie de până la 100-110MHz. Problema este că la aceste frecvențe ridicate este imposibil de



realizat un filtru suficient de îngust pentru emisiunile cu bandă laterală unică sau FM cu deviație redusă de frecvență. De regulă, la frecvențe de ordinul a 70-100MHz sunt disponibile filtre cu cristal cu banda de trecere de ordinul a 20-30KHz, total insuficient pentru cele mai multe tipuri de emisiuni.

Din această cauză se recurge la o schimbare suplimentară de frecvență, translându-se în acest mod semnalul pe o a doua frecvență intermediară, cu o valoare la care sunt disponibile filtre de calitate cu selectivitatea necesară. Uzual, cea de a doua frecvență intermediară are o valoare cuprinsă între 200KHz și 10.7MHz. Firește o nouă mixare atrage un alt șir de probleme legate de mixaje parazite, intermodulații și costuri suplimentare, însă rezultatele finale ale unui receptor cu dublă schimbare de frecvență sunt de regulă superioare unui receptor cu simplă schimbare de frecvență.

Fig. 4 prezintă schema bloc pentru un receptor superheterodină cu dublă schimbare de frecvență. Ca și la receptorul superheterodină cu simplă schimbare de frecvență, la ieșirea mixerelor sunt prevăzute filtre cu selectivitate ridicată. Presupunând prima frecvență intermediară pe 70MHz, cu utilizarea unui filtru cu cuarț cu o bandă de trecere de 20KHz și o a doua frecvență intermediară pe 8-9MHz (sau 200-500KHz) cu o bandă de trecere de 2.35KHz (pentru emisiuni SSB), curbele de selectivitate ale întregului lanț de recepție arată ca în fig.5.



Se observă caracteristica de selectivitate a circuitului de intrare, care este mult mai largă decât caracteristicile filtrelor din prima și a doua frecvență intermediară.

Analizând în continuare fig.5 se constată că în afară de semnalul util ce trece numai prin filtrul plasat la intrarea celei de a doua frecvențe intermediare (care are selectivitatea maximă), etajele de intrare mai pot fi încărcate și de alte semnale (ce pot avea amplitudini mari). Funcționarea amplificatoarelor și în special a mixerelor este afectată de

aparitia produselor de intermodulație. Mărimea produselor de intermodulație depinde de nivelul semnalelor incidente și evident de calitatea amplificatorului sau mixerului. Sigur că din acest punct de vedere ar fi preferabil ca selectivitatea maximă să fie obținută chiar din circuitul de intrare al receptorului, însă din păcate acest lucru nu este posibil.

Semnalele care intră prin circuitul de intrare al receptorului, dar care se plasează în afară caracteristicii de selectivitate a primei frecvențe intermediare sunt plasate în așa numită "zonă gri". Aceste semnale afectează amplificatorul de RF și primul mixer.

O a doua "zonă gri" este situată între caracteristica de selectivitate a primei și a celei de a doua frecvențe intermediare. Aici problema este de a reduce dimensiunea zonei prin folosirea unui prim filtru cât mai îngust. Situația este oarecum agravată de faptul că semnalele cuprinse în a doua zonă gri sunt deja amplificate de amplificatorul de RF.

Funcționarea receptorului cu o gamă dinamică largă de semnale este realizată cu ajutorul unui circuit de control al amplificării etajelor, funcție de nivelul semnalului incident, numit AGC- Automatic Gain Control (sau CAA, RAA). Acest circuit păstrează un nivel de semnal în limite normale la intrarea tuturor etajelor, evitându-se saturarea lanțului de recepție în orice punct. Semnalele care intră în prima și în cea de a doua zonă gri nu sunt sesizate de circuitul AGC, dacă semnalul de control este preluat de la ieșirea celei de a doua frecvențe intermediare și devine posibilă saturarea amplificatorului de RF, a primului mixer, a primei frecvențe intermediare și a celui de al doilea mixer.

Din această cauză la construcțiile pretențioase, așa cum se va arăta la capitolul despre frecvența intermediară, se recurge la plasarea unui circuit de AGC propriu primei frecvențe intermediare.

La construcțiile moderne, amplificarea de la circuitul de intrare până la intrarea în cea de a doua frecvență intermediară nu depășește 20dB, în acest fel minimizându-se distorsiunile cauzate de semnalele cu amplitudine mare. Mai mult, amplificatorul de RF este comutabil, putând fi introdus în funcțiune numai pentru semnale ce au un nivel foarte mic.