

o și televiziune Colecția rodio și televiziune Colecția radio și telev

Gh. Constantinescu

72

RADIOTELEFOANE PE UNDE
ULTRASCURTE

Ing. Gh. Constantinescu

Radiotelefoane pe unde ultrascurte



Editura tehnică
București - 1967

În broșură sînt prezentate principiile de funcționare ale radiotelefoanelor și sînt comentate schemele unor tipuri reprezentative de radiotelefoane ce lucrează în gama undelor ultrascurte. De asemenea se arată cum se instalează și se întrețin stațiile de radiotelefoane.

Broșura este adresată, în primul rînd, tehnicienilor și inginerilor care se ocupă cu exploatarea și întreținerea stațiilor de radiotelefoane, dar poate fi folosită și de cercurile largi de radioamatori pe care îi interesează progresele radiotehnicii.

INTRODUCERE

Necesitățile de comunicații la distanță ale omenirii cresc mereu. De la transmiterea de semnale Morse și pînă la telefonia modernă telecomunicațiile au avut o dezvoltare impetuoasă și o perfecționare rapidă și progresivă.

În ultimul timp a luat o mare dezvoltare transmiterea informațiilor între obiective fixe și obiective mobile, cu ajutorul unor stații mici de radioemisie și radiorecepție, numite radiotelefoane.

Întrebuințarea radiotelefoniei a început prin anii 1921—1922. La început, comunicația se făcea într-un singur sens: emițătorul era fix, iar receptorul era mobil. Pe măsură ce a devenit posibilă obținerea unor frecvențe mai înalte, s-a trecut la instalarea radioemițătoarelor pe mașini. Primele sisteme de radiotelefoane mobile cu legături bilaterale au fost construite în anul 1933. Aceste prime radiotelefoane utilizau modulația de amplitudine și erau folosite de către poliție și societățile de gaz și electricitate.

O îmbunătățire serioasă a calităților radiotelefoanelor s-a produs după anul 1940 prin aplicarea modulației de frecvență.

În timpul celui de-al II-lea război mondial radiotelefoanele au fost mult întrebuințate în armată.

În ultima decadă a crescut considerabil, în întreaga lume, utilizarea radiocomunicațiilor între stații fixe și mobile.

Tehnica modernă a frecvențelor înalte permite, prin includerea undelor ultrascurte, cu lungimi de undă sub 10 m, fabricarea de radiotelefoane care să satisfacă diversele necesități de telecomunicații cu obiective mobile.

Deservirea unor astfel de instalații este extrem de simplă; de aceea nu presupune cunoștințe tehnice speciale și nu necesită operatori calificați.

Radiotelefoanele au un domeniu de utilizare foarte variat. Ele permit să se stabilească legături radio între un post central de comandă fix și diferite posturi mobile. Acest fel de legături este folosit de către centre de dispeceri și deranjamente ale întreprinderilor de electricitate, întreprinderi de transport, întreprinderi portuare, echipe care efectuează controlul circulației, stații de salvare, pompieri etc. De asemenea, prin radiotelefoane pot fi conduse lucrările de pe șantiere întinse, din agricultură, de pe teritorii pe care se fac amenajări hidrotehnice sau lucrări din zone atinse de catastrofe (inundație, incendiu, etc.).

Radiotelefoanele prevăzute cu dispozitive speciale permit, de asemenea, stabilirea unor legături cu abonați telefonici.

Firmele constructoare realizează radiotelefoane cu forme și gabarite care să corespundă condițiilor speciale de utilizare. În funcție de aceste condiții stațiile de radiotelefoane pot fi împărțite în trei categorii: stații fixe, stații mobile și stații portabile.

Stațiile fixe sînt echipamente de emisie-recepție construite pentru a fi instalate și folosite în puncte fixe (posturi centrale de comandă) care trebuie să aibă legături cu stații mobile. Stațiile fixe au în general greutatea mai mică decît 50 kg și se alimentează de la rețeaua de curent alternativ.

Stațiile mobile se instalează pe vehicule și pot să fie terestre, maritime sau aeriene, după cum se găsesc montate pe mașini, vapoare sau avioane. Aceste stații au o greutate de 5—20 kg și se alimentează de la sursa de curent continuu (bateria de acumulare) a vehiculului.

Stațiile portabile au o construcție și o greutate (maximum 2 kg) care permit să fie purtate de către o singură persoană, ca un rucsac sau în mînă. Această categorie de stații pot stabili legături atît cu alte stații portabile cit și cu stații mobile sau fixe.

El sînt de mare folos reporterilor, care înregistrează sau comunică diverse evenimente șantiierelor de construcții, echipelor care lucrează la construcția liniilor pentru transportul energiei electrice etc. Acest tip de radiotelefon oferă sin-

gura posibilitate de a trimite și a primi instrucțiuni și sarcini de la personalul care lucrează în poziții inaccesibile, cum ar fi cele pentru ridicarea pilonilor sau întreținerea podurilor.

Distanța maximă de convorbire dintre două stații depinde de tipul stațiilor, de amplasamentul lor și de configurația terenului. În funcție de aceste condiții, distanțele maxime de convorbire între două stații fixe pot fi de 50—70 km, între o stație fixă și una mobilă—de 15—40 km, iar între stații portabile — de 0,5—5 km.

Utilizînd stații intermediare, se pot stabili fără dificultăți legături la distanțe mai mari decît cele arătate mai înainte. Diverse metode de mărire a razei de acțiune a unei stații de radiotelefoane sînt prezentate în cap. III.

Eficacitatea economică a folosirii radiotelefoanelor este pusă în evidență în cele ce urmează prin analizarea avantajelor pe care le oferă radiotelefoanele pentru o întreprindere de transport auto și pentru o întreprindere de electricitate.

Vehiculele unui sistem de transport intern sînt dirijate de un centru de control. În lipsa radiotelefoanelor, fiecare mașină, după ce a îndeplinit o sarcină, se întoarce la centrul de control pentru a primi noi dispoziții. Lucrînd cu radiotelefoane, mașinile nu mai trebuie să se întoarcă la centrul de control, putînd să primească instrucțiuni chiar în locul în care se găsesc la un moment dat. În felul acesta postul de control poate să repartizeze sarcinile în modul cel mai rațional. Acest mod de lucru duce la micșorarea numărului de vehicule necesare, la micșorarea distanței parcurse de fiecare mașină și deci la economie de benzină și de operații de întreținere. Astfel lucrează și „Salvarea” din București. Sistemele de transport care lucrează în modul arătat realizează economii de aproximativ 20% la costurile de transport.

La întreprinderile de electricitate, pentru executarea diverselor lucrări de reparații pe liniile de energie electrică este necesar ca de la stația electrică să se deconecteze linia pe care urmează să lucreze brigada de intervenție. Dacă nu se întrebunțează radiotelefoane, brigada va ține legătură cu stația prin telefonul pe care-l va găsi cel mai

aproape. Cum intervențiile au loc de obicei pe cimp, această legătură este foarte greoaie, necesitând ca o mașină să se deplaseze pînă la telefonul cel mai apropiat sau pînă la stație.

Prin utilizarea radiotelefoanelor în sistemul energetic, durata deconectării se reduce cu 20—40% în cazul lucrărilor planificate și cu 40—60% în cazul înlăturării avariilor. Aceasta are o mare importanță dacă se în considerare faptul că o dată cu deconectarea liniilor electrice se deconectează și consumatorii de energie electrică care, de multe ori, sînt întreprinderi industriale.

Datorită avantajelor pe care le oferă radiotelefoanele, și datorită simplificărilor constructive la care s-a ajuns în ultimii ani prin tranzistorizare, se prevede că întrebuințarea radiotelefoanelor se va extinde foarte mult, atît pe plan mondial cît și la noi în țară.

În țara noastră radiotelefoanele sînt folosite în număr din ce în ce mai mare de întreprinderile de electricitate (I.R.E.B., I.D.E.B., I.R.E.-Dobrogea, I.R.E.-Cluj, I.R.E.-Cîmpina etc.), de întreprinderile de transport (I.T.B.) de Comitetul de Stat al Apelor (pe șantierelor de irigație), de Trustul de amenajare și valorificare a stufului, de echipele de geologi, pe șantierelor întreprinderilor de construcții hidroenergetice (I.C.H.-București, I.C.H.-Constanța) etc.

Radiotelefoanele existente în țara noastră sînt de diverse tipuri (fixe, mobile, portabile) și de diverse fabricații (P.R. Polonă, R.P. Ungară, R.S.F. Iugoslavia, Anglia, Danemarca, etc.).

Întreprinderea I.R.M.E.-București fabrică de cîțiva ani radiotelefoane în serie mică, cu care dotează întreprinderile de electricitate.

Studiul radiotelefoanelor se face separat de cel al aparatelor de emisie și recepție folosite de radiodifuziune pentru că se deosebesc de acestea, și anume:

— radiotelefoanele folosesc modulația de frecvență de bandă îngustă spre deosebire de emițătoarele și receptoarele de radiodifuziune care folosesc modulația de frecvență de bandă largă;

— radiotelefoanele, fiind echipamente de trafic, au performanțe deosebite față de cele ale echipamentelor de radiodifuziune;

— radiotelefoanele sînt echipamente mobile sau portabile și ca urmare au o construcție mecanică specială.

În lucrarea de față sînt descrise principiile de funcționare și de construcție a radiotelefoanelor și se dau indicațiile necesare pentru instalarea, exploatarea și depanarea lor.

CAPITOLUL I

CARACTERISTICILE GENERALE ALE RADIOTELEFOANELOR

1. FRECVENȚELE UTILIZATE

În prezent radiotelefoanele se construiesc aproape exclusiv pentru a funcționa în gama de unde ultracurte.

Radiotelefonie pe unde ultracurte s-a impus față de radiotelefonie pe unde scurte, medii și lungi, pentru că în această gamă numărul frecvențelor care pot fi utilizate este mare și pentru că, datorită caracterului propagării undelor ultracurte, pe un teritoriu dat, se poate folosi un mare număr de stații radio, care să funcționeze pe aceleași frecvențe, fără să existe pericolul de perturbații reciproce.

Posibilitatea de întrebuințare a mai multor stații care lucrează pe aceeași frecvență prezintă o importanță excepțională deoarece, după cum se știe, spectrul de frecvență radio este limitat. În plus, perturbațiile produse de paraziții industriali și atmosferici sînt mult mai reduse în gama de unde ultracurte.

Serviciile de radiotelefonie mobilă lucrează pe frecvențe cuprinse între 25 și 470 MHz.

Întrucît performanțele radiotelefoanelor depind de frecvența utilizată, în cele ce urmează gama de frecvențe 25—470 MHz va fi împărțită în 7 subgame pentru a arăta succint posibilitățile pe care le oferă diferite frecvențe.

S u b g a m a I (25—50 MHz). Se știe că în timpul propagării undele de frecvență mai înalte sînt atenuate mai mult și efectele de ecranare datorită obstacolelor sînt cu atît mai pronunțate, cu cît frecvența este mai mare. De

aceea, radiotelefoanele care utilizează frecvențe cuprinse în subgama I pot deservi un teritoriu mai întins și legăturile care se stabilesc sînt mai puțin limitate de dealuri și păduri.

Comunicațiile ce se fac în această subgamă prezintă un nivel de zgomot mai ridicat decît cele din subgamele următoare.

Radiotelefoanele folosite în această subgamă necesită antene cu gabarite mari.

Undele a căror frecvență este cuprinsă în această subgamă sînt uneori reflectate de ionosferă (mai ales în timpul verii) și unda reflectată poate produce la distanțe mari interferențe cu emisiunile stațiilor locale care lucrează pe aceeași frecvență. Aceste interferențe duc la perturbarea convorbirilor și fac ca receptoarele să nu poată fi folosite la sensibilitatea lor nominală.

Radiotelefoanele care lucrează pe frecvențe din această subgamă sînt folosite pentru servicii rurale (agricultură), de către întreprinderile de electricitate, șantierelor de construcții, etc. Sînt recomandate în special pentru regiuni muntoase.

S u b g a m a II (50—100 MHz). Comunicațiile radio ce se fac pe frecvențe cuprinse în această subgamă prezintă avantajul că nu suferă interferențe cu emisiunile stațiilor aflate la mari distanțe, care lucrează pe aceleași frecvențe, au un nivel de zgomot mai redus de cît cele din subgama I și necesită antene de dimensiuni mai reduse. De aceea, această subgamă este considerată ca cea mai avantajoasă pentru radiotelefonie.

S u b g a m a III (100—156 MHz). Frecvențele acestei subgame sînt utilizate în majoritatea țărilor, pentru servicii aeronautice civile și militare, dar sînt țări care le folosesc pentru servicii mobile terestre.

Din punct de vedere tehnic această subgamă oferă conții bune comunicațiilor mobile terestre.

S u b g a m a IV (156—162,5 MHz). Aceasta este utilizată pentru servicii maritime dar poate fi folosită și pentru servicii terestre dacă acestea se găsesc la o distanță mai mare de 150 km, de coasta maritimă. Este foarte eficace în special pentru sisteme urbane.

S u b g a m a V (162,5—174 MHz). Frecvențele mai înalte sînt mai puțin afectate de paraziții produși de motoarele cu explozie sau de mașinile electrice rotative. Aceasta se datorește faptului că sursele de paraziți radiază mai puțin pe frecvențe înalte și că radiația parazită pe frecvențe înalte suferă o atenuare mai mare cu distanța. Perturbația care ajunge la antena unei stații mobile este redusă de aproximativ 4 ori dacă se dublează frecvența de lucru.

Pe de altă parte, reflexiile datorite clădirilor și altor obstacole sînt mai mari la frecvențe mai înalte; astfel că adesea comunicația se poate face chiar și în locuri în care nu poate ajunge unda directă.

Datorită tuturor acestor avantaje, subgama V, ca și subgama IV, este folosită pentru comunicații în orașe.

Subgama V este cea mai utilizată, după subgama I. Avantajele pe care le oferă din punct de vedere tehnic sînt inferioare numai celor pe care le are subgama II.

S u b g a m a VI (174—450 MHz). Frecvențele cuprinse între 174 și 216 MHz sînt alocate televiziunii, cele cuprinse între 216 și 420 MHz—serviciilor militare aeronautice, iar banda 420—450 MHz—radioamatorilor. Această subgamă nu este folosită pentru radiotelefoane.

S u b g a m a VII (450—470 MHz). Cuprinde frecvențele cele mai înalte disponibile pentru stațiile mobile și este utilizată în S.U.A. și Canada, în zonele cu foarte mare aglomerație de frecvențe.

Distanța la care se pot face comunicații pe aceste frecvențe este mult mai limitată, mai ales în regiunile de munte sau de deal.

Radiotelefoanele care lucrează la aceste frecvențe sînt mai complicate și au un consum de energie electrică mai mare.

Se utilizează, în prezent, numai în orașele mari unde este nevoie să se realizeze legături scurte și unde nu sînt disponibile frecvențe mai joase.

Din cele arătate rezultă că cele mai potrivite frecvențe pentru radiotelefonie mobilă sînt cele cuprinse între 50 și 100 MHz.

Pentru serviciile rurale, unde se cer distanțe mari de convorbire, subgama I (25—50 MHz) este cea mai eficace. În orașele mari, cu clădiri înalte, cu multe instalații industriale

și cu multe vehicule, se recomandă subgamele IV și V (156—174 MHz).

Spectrul de frecvență care poate fi folosit de serviciile mobile este limitat; de aceea, el trebuie distribuit și folosit în mod rațional. Autoritățile responsabile din fiecare țară trebuie să repartizeze frecvențele între diferite servicii, având în vedere reglementările internaționale, astfel ca să se asigure o funcționare fără perturbații în propria țară și la granițele cu țările vecine.

În țara noastră frecvențele sînt repartizate de Comisia Superioară Radio din Ministerul Poștelor și Telecomunicațiilor pe baza avizelor C.C.I.R. și Regulamentului Radio-comunicațiilor în vigoare la momentul respectiv. Distribuția frecvențelor alocate în Republica Socialistă România pentru radiocomunicațiile cu stații mobile, în gama undelor ultrascurte, este dată în tabela I.1.

Tabela I.1

Benzile de frecvențe alocate pentru radiocomunicațiile cu stații mobile

Frecvențele MHz	Domeniul de utilizare
29,7 — 41	Serviciul fix și mobil
73 — 76	Serviciul fix și mobil
74,8 — 75,2	Radionavigația aeronautică
100 — 108	Serviciul mobil
108 — 117,975	Radionavigația aeronautică
136 — 137	Serviciul fix și mobil și serviciul spațial
137 — 144	Serviciul mobil aeronautic
146 — 174	Serviciul fix și mobil, cu excepția serviciului mobil aeronautic
156,025 — 157,425	
160,625 — 160,975	Serviciul mobil maritim (cu prioritate)
161,475 — 162,025	

2. TIPUL DE MODULAȚIE

Se știe că pentru a conține o informație, o undă electromagnetică trebuie să fie variată într-un fel oarecare în raport cu informația.

Unda de radiofrecvență are expresia:

$$e = E_m \sin(2\pi ft + \theta),$$

în care: E_m este amplitudinea oscilației;

f — frecvența oscilației;

θ — faza inițială a oscilației.

Oricare dintre parametrii fundamentali — amplitudine, frecvență, fază — pot fi variați în funcție de informație, proces care se numește modulație. În felul acesta se poate obține o modulație de amplitudine, de frecvență sau de fază, după parametrul care este variat.

În general, cel mai răspândit tip de modulație este modulația de amplitudine, care este utilizată la stațiile de radio-difuziune pe unde lungi, medii și scurte.

În radiotelefonie mobilă se folosește modulația indirectă de frecvență; emițătoarele produc unde modulate în fază care cu ajutorul unor circuite de corecție, sînt transformate în unde modulate în frecvență. Receptoarele sînt construite pentru a recepționa emisiuni cu modulație de frecvență și sînt similare cu secțiunea de sunet a receptoarelor de televiziune.

În cap. II se arată cum se realizează modulația de fază și de frecvență în radiotelefoane.

În cele ce urmează se vor arăta numai avantajele pe care le prezintă acest sistem de modulație față de modulația de amplitudine.

Radiotelefoanele lucrează cu putere de emisie scăzută și în condițiile unui nivel de zgomot ridicat, datorită zgomotului de fond al aparatului, parazitilor industriali și interferențelor cu alte emisiuni radiofonice. Pentru a obține o recepție clară în cazul emisiunilor cu modulație de amplitudine este nevoie ca nivelul semnalului util să fie de 100 ori mai mare decît nivelul zgomotului, în timp ce în cazul emisiunilor cu modulație de frecvență recepția este inteligibilă cînd nivelul semnalului util este de două ori mai mare decît cel al

zgomotului. Rezultă că sistemele cu modulație de frecvență pot lucra la niveluri de cimp electromagnetic mai mici, permițând astfel să se realizeze convorbiri la distanțe mai mari decât în cazul modulației de amplitudine.

În cazul modulației de amplitudine prezența mai multor semnale cu aceeași frecvență purtătoare produce în receptor interferențe care perturbă recepția. Receptoarele cu modulație de frecvență recepționează, dintre toate emisiunile cu aceeași frecvență, numai emisiunea cea mai puternică, chiar dacă nivelul acesteia este de numai două ori mai mare decât al celorlalte. Deci, recepția unei emisiuni cu modulație de frecvență nu este perturbată de emisiuni cu aceeași frecvență, dar mai slabe.

În concluzie, utilizarea modulației de frecvență asigură realizarea unor comunicații clare și sigure între două stații care se află la distanțe mici, fără pericolul interferenței cu emisiunile stațiilor aflate la distanțe mari.

Se știe că semnalul modulat în amplitudine constă dintr-o oscilație purtătoare și din două benzi laterale, care conțin informația transmisă. În timpul modulației puterea transmisă de emițător crește considerabil. O mare parte din puterea radiată este transportată de oscilația purtătoare care, neconținând informație, nu este folosită în receptor. De exemplu, dacă se consideră cazul modulației de amplitudine pe anod, cu indicele de modulație de 100%, pentru o purtătoare de 100 W se cere o putere audio de modulație de 50 W. Puterea totală de ieșire va fi de 150 W, din care numai 50 W sînt utilizați pentru a purta mesajul.

Cu totul alta este situația în cazul modulației de frecvență: puterea radiată rămîne constantă în timpul modulației și se distribuie mai ales în benzile laterale. Din aceste cauze, emițătoarele cu modulație de frecvență sînt mai economice decât emițătoarele cu modulație de amplitudine.

În emițătoarele cu modulație de frecvență modulația se face în etajele de mică putere și apoi oscilațiile modulate se amplifică. În cazul modulației de amplitudine, modularea se face în etajul final de putere, deci modulatorul este un etaj complicat în care trebuie să se folosească tuburi modulatorie de puteri mari.

Amplitudinea semnalului fiind variabilă în timp, regimurile de funcționare ale etajelor componente ale stațiilor

cu modulație de amplitudine sînt supuse variațiilor și etajele de putere sînt dimensionate la puterea de vîrf, cu toate că lucrează cu puterea maximă numai o mică perioadă de timp.

Datorită tuturor acestor motive, în radiocomunicațiile dintre vehicule și stațiile de bază, în serviciile terestre, se utilizează aproape exclusiv modulația de frecvență.

Modulația de amplitudine este, totuși, utilizată în radiocomunicațiile maritime, aviatice și în unele comunicații terestre cînd distanțele de convorbire pot fi acoperite cu puteri mici (sub 5W).

La puteri mici modulația de amplitudine permite realizarea unor instalații mai ieftine și mai ușor de întreținut decât cele cu modulație de frecvență.

În prezent se încearcă ca la stațiile mobile să se folosească modulația de amplitudine cu o singură bandă laterală (cealaltă bandă laterală și purtătoarea sînt suprimate). Aceasta ar duce la o utilizare mai economică a benzilor de frecvență, pentru că sistemul cu bandă laterală unică ocupă o lățime de bandă egală numai cu lățimea naturală a benzii semnalului transmis (2,7 kHz).

Stațiile cu bandă laterală unică sînt mai complicate și construirea lor ridică încă, o serie de probleme tehnice (realizarea unei stabilități de frecvență convenabile, filtre pentru benzile laterale etc.). Totuși, se crede că în viitor modulația de amplitudine cu bandă laterală unică va elimina modulația de amplitudine și de frecvență din radiotelefonie mobilă.

Rezultă din cele de mai sus că în radiotelefonie pe unde ultracurte se utilizează modulația de frecvență cu bandă îngustă; modulația de amplitudine se utilizează mai puțin și este indicată numai în echipamente cu puteri mai mici decât 5 W. În prezent se încearcă folosirea modulației de amplitudine cu bandă laterală unică pentru a micșora banda de frecvență necesară unei comunicații radio.

3. SISTEME DE LUCRU

Există trei tipuri de legături prin radio: simplex, duplex, și semiduplex. Fiecare din ele impune o anumită construcție a aparatului și un anumit mod de a o manipula.

a. Sistemul simplex. Legătura simplex permite stabilirea unei comunicații radio între două stații, pe o frecvență comună f_1 . În acest sistem, în timp ce o stație emite, cealaltă poate numai să recepționeze. Antena radiotelefonului (de obicei și alimentarea cu energie electrică) este comutată când pe receptor, când pe emițător.

Manipularea stației în sistemul simplex se face în felul următor: interlocutorul care se găsește pe poziția „emisie”, după ce termină comunicarea, anunță că a terminat și că trece pe poziția „recepție”; din acest moment începe să vorbească celălalt interlocutor.

Comutarea stației când pe „emisie” când pe „recepție” nu complică exploatarea, întrucât această manevră se face foarte simplu apăsând pe un buton. Schema unui sistem simplex este prezentată în fig. I.1.

b. Sistemul duplex. Sistemul duplex (fig. I.2) cuprinde două stații care au două canale de înaltă frecvență separate.

Emițătorul și receptorul sînt conectate printr-un filtru de antenă la o antenă comună, de bandă largă.

Legătura de acest tip este echivalentă cu o linie telefonică și convorbirea decurge la fel ca la telefon: fiecare inter-

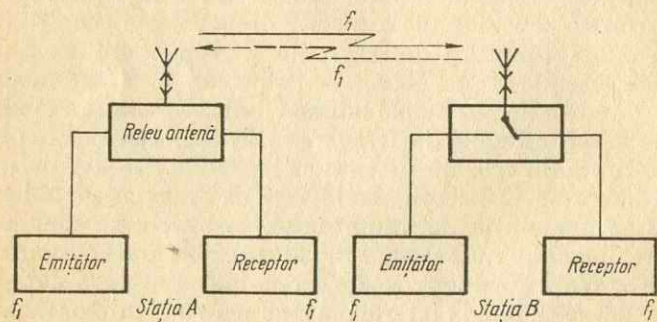


Fig. I.1. Sistem simplex.

locutor poate în orice moment să-l întrerupă pe celălalt, fără a întrerupe propria sa recepție.

Cele două frecvențe ale aceleiași stații diferă între ele cu câțiva megaherți, astfel încît filtrele receptoarelor să poată înlătura influența emisiei proprii asupra recepției.

În zonele aglomerate cu radiotelefoane, prin utilizarea sistemului duplex se reduce mult pericolul interferenței între stațiile care lucrează pe aceleași frecvențe.

În exploatare se întîlnesc cazuri în care nu se poate stabili o legătură radio între două puncte, fie din cauza unui obstacol plasat între aceste puncte, fie din cauza distanței mari, care întrec distanța de comunicație a radiotelefonu-

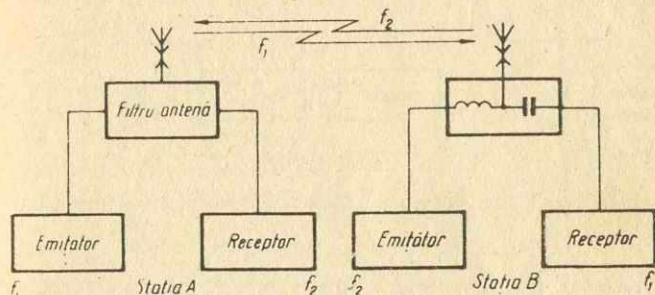


Fig. I.2. Sistem duplex

lui. În aceste situații pe traseul dintre cele două puncte se plasează o stație special construită care recepționează, amplifică și retransmite automat semnalele corespondenților.

Procesul acesta de recepționare, amplificare și retransmitere automată a semnalelor se numește retranslație, iar stațiile intermediare care îndeplinesc acest rol — stații de retranslație.

În fig. I.3 este prezentată schema de principiu a unei legături radio duplex, cu stație intermediară de retranslație.

Se observă că emisia și recepția se execută pe frecvențe diferite, pentru fiecare interval fiind necesare două frecvențe.

Legăturile prin stații intermediare sînt folosite de multe ori în orașele mari sau în zonele muntoase. Stația intermediară de retranslație se instalează într-un loc mai înalt, favorabil din punctul de vedere al propagării (turn, vîrf de munte etc.). Toate legăturile necesare între stațiile mobile sau fixe se stabilesc numai prin intermediul stației intermediare. În felul acesta se evită zonele de umbră și se mărește distanța de comunicație.

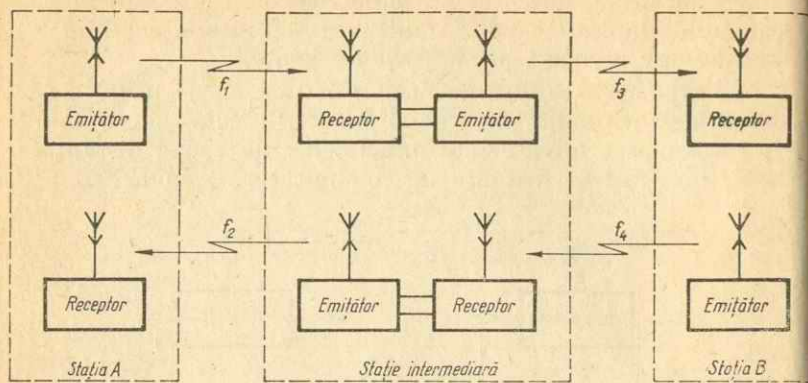


Fig. I.3. Sistem duplex cu stație intermediară de retranslație.

Sistemul duplex oferă o mare operativitate și comoditate în exploatare. El este singurul sistem care permite conectarea rețelei de radiotelefoane la rețeaua telefonică.

Cu toate calitățile arătate, din cauza complexității aparatului, sistemul duplex se utilizează numai în rețelele complexe care necesită stații intermediare sau conectări la rețeaua telefonică.

c. Sistemul semiduplex. Sistemul semiduplex (fig. I.4) este asemănător cu sistemul simplex, dar are două frecvențe

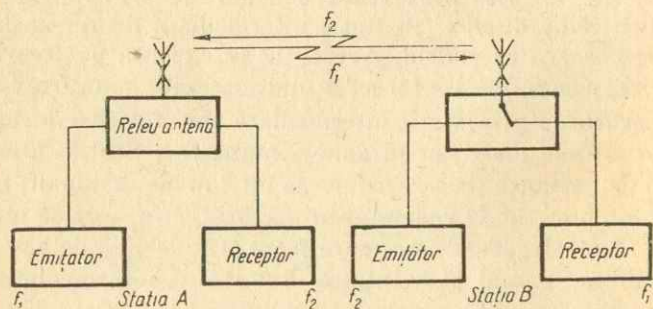


Fig. I.4. Sistem semiduplex.

de lucru: una pentru emisie și alta pentru recepție. Întrucât emițătorul și receptorul nu funcționează în același timp, nu este necesar ca frecvențele respective să fie mult diferite.

Existența a două frecvențe de lucru micșorează numărul interferențelor între stații și face posibilă utilizarea stațiilor intermediare de retranslație (fig. I.5). În cazul sistemului semiduplex, stația intermediară este mai simplă decât în cazul sistemului duplex, fiind compusă numai dintr-un echipament duplex și folosită în total doar două frecvențe.

Neavând două canale angajate în același timp în convorbire, sistemul semiduplex nu permite conectarea rețelei radio în rețeaua telefonică.

Deși mai greu de manipulat, sistemul semiduplex este preferat, de cele mai multe ori, sistemului duplex, pentru că necesită o aparatură mai simplă.

Din cele arătate pînă acum se pot trage următoarele concluzii: — radiotelefoanele lucrează în general în sistemul simplex;

— în cazul în care rețeaua de radiotelefoane trebuie conectată la rețeaua telefonică se utilizează sistemul duplex;

— în zonele cu multe radiotelefoane, care lucrează pe aceleași canale, se preferă sistemele duplex și semiduplex, pentru a evita interferențele;

— utilizarea stațiilor intermediare se poate face numai în sistemul duplex sau semiduplex.

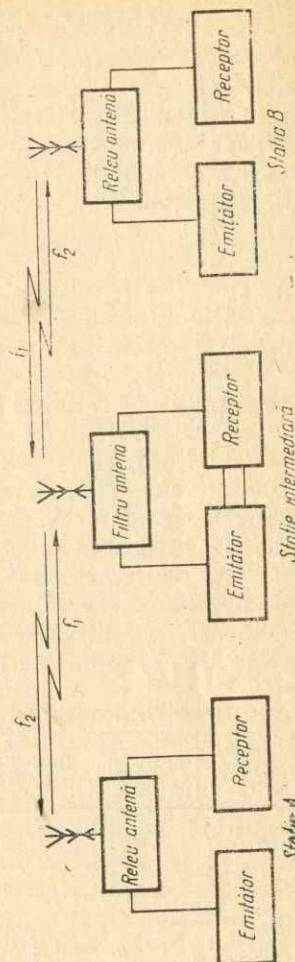


Fig. I.5. Sistem semiduplex cu stație intermediară de retranslație.

4. PERFORMANȚELE RADIOTELEFOANELOR

În acest paragraf sint prezentate performanțele radio-telefoanelor care lucrează cu modulație de frecvență.

a. Frecvența de lucru. Așa cum s-a arătat, în țara noastră frecvențele sint alocate de Ministerul Poștelor și Telecomunicațiilor conform tabelii I.1.

b. Stabilitatea de frecvență. Stabilitatea de frecvență se exprimă prin raportul $\frac{\Delta f}{f}$, unde Δf este abaterea de frecvență, iar f — frecvența nominală.

Variația admisibilă a frecvenței centrale față de valoarea nominală (abaterea de frecvență) se determină pentru variațiile de temperatură ale mediului în care este destinat să lucreze aparatul (de obicei de la -20°C la $+50^{\circ}\text{C}$) și pentru o variație a tensiunii de alimentare de $\pm 10\%$ față de tensiunea nominală.

Radiotelefoanelor li se cere o stabilitate de frecvență ridicată pentru a nu perturba alte emisiuni. De aceea, oscilatorul emițătorului și cel al receptorului se construiesc cu cristale de cuarț introduse în termostate.

Radiotelefoanele autorizate în țara noastră trebuie să îndeplinească condițiile de stabilitate elaborate de Ministerul Poștelor și Telecomunicațiilor (tabela I.2).

Tabela I.2

Condițiile de stabilitate a frecvenței radiotelefoanelor

Banda de frecvențe MHz	Domeniul de utilizare	Puterea de emisie W	Stabilitatea de frecvență	
29,7—100	Stații fixe	< 200	$5 \cdot 10^{-5}$	
		> 200	$3 \cdot 10^{-5}$	
	Stații terestre	< 15	$5 \cdot 10^{-5}$	
		> 15	$2 \cdot 10^{-5}$	
	Stații mobile	< 5	$1 \cdot 10^{-5}$	
		> 5	$5 \cdot 10^{-5}$	
100—470	Stații fixe	< 50	$5 \cdot 10^{-5}$	
		> 50	$2 \cdot 10^{-5}$	
	Stații terestre : stații de coastă stații aeronautice stații de bază			$2 \cdot 10^{-5}$
				$5 \cdot 10^{-5}$
		< 5	$5 \cdot 10^{-5}$	
		> 5	$2 \cdot 10^{-5}$	

c. Deviația de frecvență. În radiotelefoanele prezentate în această lucrare se folosește modulația de frecvență cu bandă îngustă, cu modulator de fază. La acest sistem de modulație mărimea deviației de frecvență depinde de frecvența modulatorie și de tensiunea modulatorie. În funcție de acești parametri deviația de frecvență poate să crească necontrolabil. Această creștere face ca banda de frecvențe transmisă să depășească banda de trecere a receptorului respectiv, ceea ce duce la distorsionarea semnalului. De asemenea, deviația de frecvență crescînd exagerat, frecvența instantanee intră în banda de trecere a canalelor adiacente, perturbînd comunicațiile pe aceste canale.

Pentru a evita aceste efecte, deviația de frecvență se limitează în emițător la o valoare maximă admisibilă. Se impune o deviație maximă a frecvenței de 10—15 kHz, cînd canalele adiacente se găsesc la 50—60 kHz și o deviație maximă de 5kHz, cînd canalele adiacente se află la 25—30 kHz.

d. Puterea de emisie. Emițătoarele pentru radiotelefoane mobile au puteri cuprinse între 8 și 20 W. Stațiile fixe utilizează de obicei emițătoare cu aceeași putere ca și stațiile mobile, dar sint cazuri în care sint necesare emițătoare cu puteri de 40—60 W. În general, nu se construiesc emițătoare cu puteri mai mari pentru a nu complica instalația, în special partea de alimentare. De altfel, din cauza particularităților de propagare a undelor ultracurte (propagarea în linie dreaptă), mărirea puterii nu determină și o mărire considerabilă a razei de acțiune. Stațiile portabile lucrează cu puteri de emisie mai mici decît 1 W.

e. Puterea în difuzor. Receptoarele stațiilor fixe și ale celor mobile au puteri de ieșire de 1—2 W, la distorsiuni mai mici de 10%.

Stațiile portabile se construiesc cu puteri cuprinse între 0,1 și 0,5 W la distorsiuni maxime de 10%.

f. Sensibilitatea receptorului. Sensibilitatea receptorului dă indicații asupra capacității acestuia de a recepționa semnale mai slabe sau mai puternice.

Sensibilitatea se exprimă prin valoarea tensiunii semnalului aplicat la intrarea receptorului, care produce la ieșire (în difuzor) puterea nominală, la un raport semnal / zgomot dat.

Performanțele radiotelefoanelor

Tipul radiotelefonului	Felul stației	Frecvența MHz	Puterea de emisie W	Deviația de frec. Δf, kHz	Puterea de audio-frecvență μV	Raportul semnal/zgomot dB	Canal adiacent kHz	Selectivitatea Factorului de distorsiuni %	Gabariții		Greutatea kg
									cm	kg	
1	—	3,4	4	5	6	7	8	9	10	12	13
RT2-IRME	Mobilă	34, 85; 34,9	25/10	10	0,5	1	20	50	80	51 × 33 × 21	20
R.S. România Fremos II	Mobilă	30—42	20	15	1,2	3	10	100	75	23 × 41 × 42 18 × 21,5 × 26 10 × 21 × 10	16 9,6 1,3
R.S. Cehoslovacia	Mobilă	31—47	8—10	12	—	1	20	50	80	30 × 21, 5 × 13,5 14 × 21, 5 × 13,5 33 × 30 × 10,2	7 5 5
Mors R.P. Polonia	Mobilă	148—174	6	—	—	—	—	—	—	25,5 × 23,5 × 9,5 36 × 35 × 42	15 35
33 P1 U.R.S.S.	Mobilă	33—46	6	—	—	1,5	15	—	—	21 × 10,5 × 18	3
42 P1 U.R.S.S.	Mobilă	33—46	6	—	—	1,5	15	—	—	20,7 × 16,6 × 6,7	3
24 P1 U.R.S.S.	Portabilă	33—46	0,3	—	—	2	14	—	—	—	—
62 P2 U.R.S.S.	Portabilă	36—46	0,1	—	—	5	15	—	—	—	—
63/7	Mobilă	31—41,	12—18	15	1	0,5	20	50	80	16,5 × 10,5 × 6	5,7
R.F.S. Jugoslavia	Mobilă	68—80, 156—174	12	15	0,250	0,5	20	50	80	23 × 22 × 6,2	2,9
R.F.S. Jugoslavia	Portabilă	31—41, 68—80, 156—174	0,5	12	0,250	0,5	20	50	80	23,4 × 14 × 36	6,6
64/8	Mobilă	31—41, 68—80, 156—174	12	15	1	0,5	20	50	80	42 × 37 × 21	25
R.F.S. Jugoslavia	Portabilă	31—41, 68—80, 156—174	0,5	12	0,250	0,5	20	50	90	—	—
R.T.5 Brown-Boveri	Mobilă	156—174	20	15	1	0,8	20	50	80	—	—
Elveția	Mobilă	25—174	15	15	1	0,5	20	25/30 50/60	90	—	—
F.M.10.D.	Mobilă	25—174	15	15	1	0,5	20	25/30 50/60	90	—	—
Peve-Anglia	Mobilă	—	12	15	2	0,5	20	25/30	—	28,5 × 32,4 × 14,2 16,4 × 21,5	28,5 2
Pye-Anglia	Portabilă	—	60	15	2	0,5	20	20/25/30 40/50/60	—	31,1 × 35,6 × 18,4 17,2 × 9,2 × 4,8	7,2 0,7
F.M.25-B.	Portabilă	450—470	0,080	15	0,060	1	20	50	—	15,4 × 5,4 × 2,7	0,266
Pye-Anglia	Portabilă	25—174	1	5/15	0,250	0,5	20	25/30 40/60	60	21,8 × 14 × 5,25	1,7
H.Pl. F.M.	Portabilă	25—174	10	15	1	0,5	20	50/60	—	32,3 × 40 × 11,7 30,2 × 43,9 × 15	9,7 15
F.M.10.P.	Portabilă	25—174	10	15	1	0,5	20	50/60	90	21 × 14 × 5	1,250
Pye-Anglia	Mobilă	68—87,5	20	15	1	1	30	50	100	11 × 28 × 29	7,6
R.R.313/20 N	Mobilă	68—88	10	15	4	1	20	50	100	11 × 28 × 29	7,6
T.R.T.-Franța	Mobilă	68—88	10	15	4	1	20	50	100	11 × 28 × 29	7,6
8 MR-700, 8 MR-720	Mobilă	68—88	10	15	4	1	20	50	100	11 × 28 × 29	7,6
T.R.T.-Franța	Mobilă	68—88	10	15	4	1	20	50	100	11 × 28 × 29	7,6
T.P.R. 80	Mobilă	68—88	10	15	4	1	20	50	100	11 × 28 × 29	7,6
T.R.T.-Franța	Mobilă	68—88	10	15	4	1	20	50	100	11 × 28 × 29	7,6
T.P.R.160	Mobilă	68—88	10	15	4	1	20	50	100	11 × 28 × 29	7,6
T.R.T.-Franța	Mobilă	68—88	10	15	4	1	20	50	100	11 × 28 × 29	7,6
T.R.T.-Franța	Mobilă	68—88	10	15	4	1	20	50	100	11 × 28 × 29	7,6
CQM 39—25/50	Mobilă	68—88	10/6	15	2	0,8	12	25/50	70	27,2 × 21,3 × 8,4	3,74
Sorno-Danemarca	Portabilă	68—88	0,5	15	0,200	0,4	12	25/50	80	27,2 × 21,3 × 8,4	3,74
Storno-Danemarca	Portabilă	68—88	0,5	15	0,200	0,4	12	25/50	80	27,2 × 21,3 × 8,4	3,74
UFT 420 R.F.T.	Portabilă	66—88	0,5	—	0,150	1	20	25/50	80	10,4 × 25,4 × 33	6,8
R.D. Germană	Portabilă	146—174	0,5	—	0,150	1	20	25/50	80	19,6 × 7,2 × 3,3	0,750
U.F.S.-401-RFT—	Mobilă	150—174	10	—	1	0,8	20	25/50	80	24,5 × 8,3 × 4,2 13 × 28 × 38	1 5,5
R.D. Germană	Mobilă	70—87,5	15	—	1	0,8	20	25/50	80	8 × 20 × 12	1,5
U.F.S-301-RFT—	Mobilă	156—174	15	—	—	0,8	20	50	80	14 × 25 × 11,5	3,5
R.D. Germană	Mobilă	156—174	15	—	—	0,8	20	50	80	21,1 × 27,4 × 47,4	19
FM 10-160 Budavox	Mobilă	136—174	8	10	1,5	1	20	25	80	32,4 × 26,4 × 11,2	6,3
R.P. Ungară	Mobilă	33—35	10	10	2	1	20	50	80	70,5 × 34 × 27	30
FM 10-40D Budavox	Mobilă	44—46	10	10	2	1	20	50	80	70,5 × 34 × 27	30
R.P. Ungară	Mobilă	44—46	10	10	2	1	20	50	80	70,5 × 34 × 27	30

Observații. 1. Toate radiotelefoanele din această tabelă au banda de audiofrecvență de 300—3 000 Hz.

2. Stațiile fixe nu sînt trecute în tabelă, pentru că ele au, în majoritatea cazurilor, performanțe similare cu ale stațiilor mobile.

3. În coloana „Gabariții” se dau dimensiunile fiecărei cutii componente.

Valoarea sensibilității este determinată de amplificarea receptorului, de nivelul zgomotelor care apar în receptor și de nivelul parazitilor exteriori.

În prezent, majoritatea radiotelefoanelor se construiesc cu o sensibilitate de 0,5–1 μ V pentru un raport semnal/zgomot de minimum 20 dB.

g. Selectivitatea. Selectivitatea dă indicații asupra capacității receptorului de a separa (selecta) semnalul stației dorite, de semnalele tuturor celorlalte posturi și de zgomotele prezente în antenă.

Selectivitatea se exprimă prin atenuarea pe care o prezintă receptorul pentru frecvența canalului adiacent și pentru celelalte frecvențe perturbatoare (frecvența imagine, frecvența intermediară și frecvențele parazite).

Majoritatea radiotelefoanelor se construiesc pentru canale adiacente distanțate cu 50 kHz sau cu 25 kHz. Acestea din urmă sînt folosite în țările din vestul Europei și în America, unde banda de unde ultrascurte este foarte aglomerată. Atenuarea minimă pe care o prezintă radiotelefoanele pentru canalul adiacent este 80 dB, iar pentru frecvențele perturbatoare, 70 dB.

h. Banda de audiofrecvență. Banda de audiofrecvență a emițătorului și a receptorului este cuprinsă între 300 și 3 000 Hz, fiind considerată suficientă pentru transmiterea mesajelor vorbite.

i. Distorsiuni. Factorul de distorsiuni admisibile în banda de audiofrecvență este de 10% la emisie și de 10% la recepție. Nu este nevoie să se realizeze un factor de distorsiuni mai mic, deoarece convorbirea rămîne inteligibilă chiar dacă acesta are valoarea de 15–20%.

j. Intrarea și ieșirea de înaltă frecvență. Ieșirea emițătorului este nesimetrică și prezintă o impedanță de 50, 60 sau 75 Ω . Emițătorul se conectează direct la cablul coaxial de antenă care are impedanța corespunzătoare impedanței de ieșire a emițătorului.

Conectarea receptorului și a emițătorului la antenă se face prin același cablu coaxial; de aceea, receptorul prezintă la intrare o impedanță egală cu impedanța de ieșire a emițătorului.

În tabela I. 3 sînt prezentate performanțele unor radiotelefoane construite în ultimii ani în diverse țări.

CAPITOLUL II

DESCRIEREA RADIOTELEFOANELOR

1. GENERALITĂȚI

Schema-bloc generală a unei instalații de radiotelefon este prezentată în fig. II.1.

Cutia de comandă cuprinde elementele de comandă pentru pornire, oprire, apel etc. și elementele de semnalizare, adică beculețele care indică funcționarea aparatului și poziția de recepție sau emisie în care se găsește radiotelefonul la un moment dat.

Releul de antenă este folosit de către stațiile simplex și semiduplex, iar filtrul de antenă — de către stațiile duplex. În sistemul duplex, alimentatorul și antena rămîn tot timpul conectate la emițător și la receptor, în timp ce în sistemul simplex și semiduplex sînt comutate cu ajutorul unui releu, cînd la emițător, cînd la receptor; comutarea se face prin apăsarea unui buton care se găsește pe carcasa microfonului sau, cînd radiotelefonul este prevăzut cu un microreceptor cu clapetă, prin apăsarea pe clapetă.

Din punct de vedere constructiv, ansamblurile emițător,

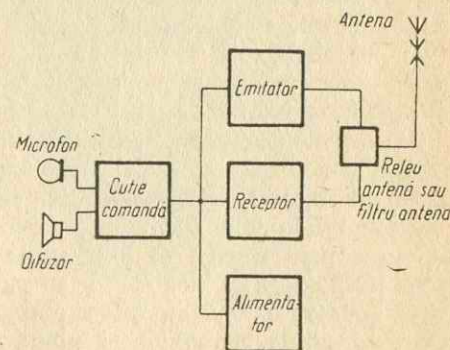


Fig. II. 1. Schema-bloc a unei instalații de radiotelefon.

receptor, alimentator, elemente de comandă, se realizează în cutii separate sau în cutii comune. Astfel, în unele cazuri se poate ca emițătorul și receptorul să fie montate împreună într-o cutie și alimentatorul — în altă cutie, ca la radiotelefonul polonez Mors FM-302 (fig. II.2) sau se poate ca atât emițătorul și receptorul, cât și alimentatorul și elementele de comandă, să fie montate în aceeași cutie, ca în cazul radiotelefonului românesc RT-2 realizat de I.R.M.E. (fig. II.3).

Diversitatea mare de realizări constructive este proprie numai stațiilor fixe și celor mobile. Stațiile portabile (fig. II.4, II.5) au toate ansamblurile, inclusiv bateria de acumulare, montate într-o singură cutie. Bineînțeles că microfonul trebuie să rămână în afară, legat printr-un cordon.

Unele radiotelefoane portabile utilizează același difuzor dinamic, atât ca microfon cât și ca difuzor. În poziția de recepție, difuzorul dinamic este conectat la receptor, îndeplinind funcția lui normală, iar în poziția de emisie este conectat la emițător, îndeplinind funcția de microfon.

În prezent s-a început fabricarea unui radiotelefon miniatură (Pye — Anglia) construit din două mici unități complet separate: receptorul, echipat cu sursă de alimentare, cu difuzor și cu o antenă încorporată în aparat și emițătorul, echipat, de asemenea, cu propria sa sursă de alimentare.

Pentru a emite, emițătorul se ține în fața gurii. Apăsând pe butonul de emisie, o mică antenă de 15 cm iese automat.

Acest radiotelefon lucrează în banda 450—470 MHz și permite stabilirea unor legături între puncte situate la distanța maximă de 5 km.

La stațiile fixe și la cele mobile, antena aflându-se la distanță — se conectează la aparat printr-un cablu coaxial. La stațiile portabile antena este fixată chiar pe aparat.

Înainte de a trece la descrierea ansamblurilor componente ale radiotelefonului, se va arăta succint care este stadiul actual al miniaturizării aparaturii de radiotelefonie mobilă.

Radiotelefoanele trebuie să aibă consum de energie cât mai mic (pentru că sînt alimentate de la baterii), funcționare stabilă față de solicitările mecanice — vibrații, lovituri etc. — (pentru că sînt aparate mobile și portabile), dimensiuni mici și greutate redusă ca să poată fi montate comod într-un vehicul și chiar să fie purtate de cel ce le folosește. De aceea, la actualele realizări de radiotelefoane mobile se re-

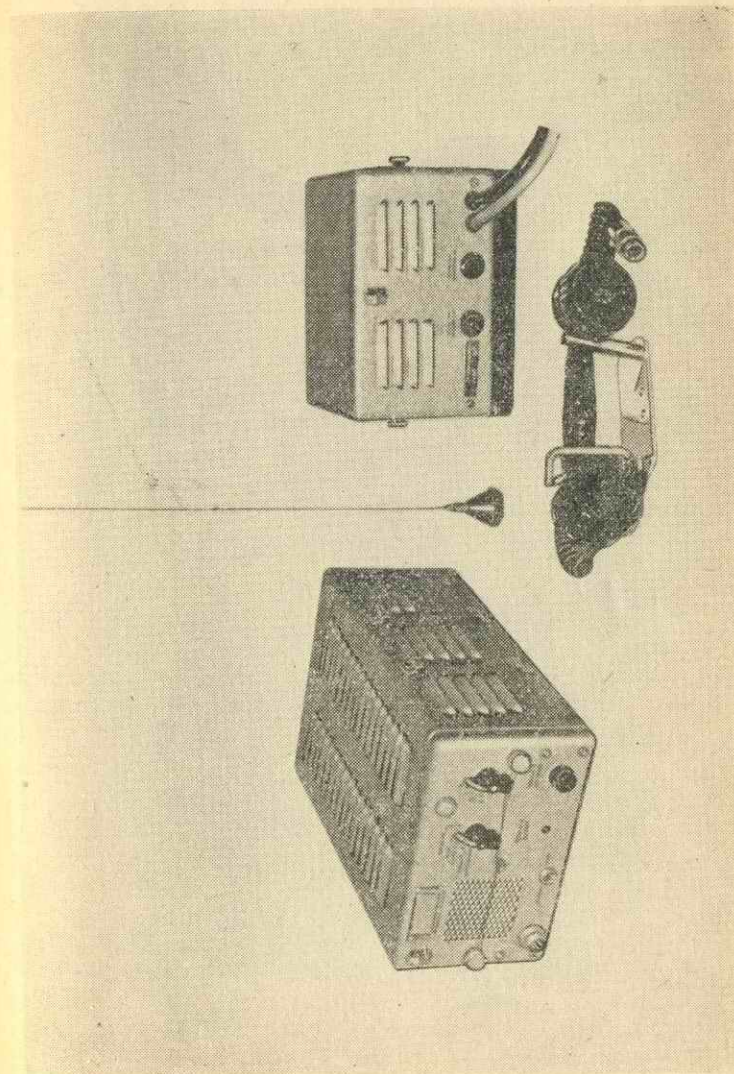


Fig. II.2. Radiotelefonul Mors FM-302 (R.P. Polonă).

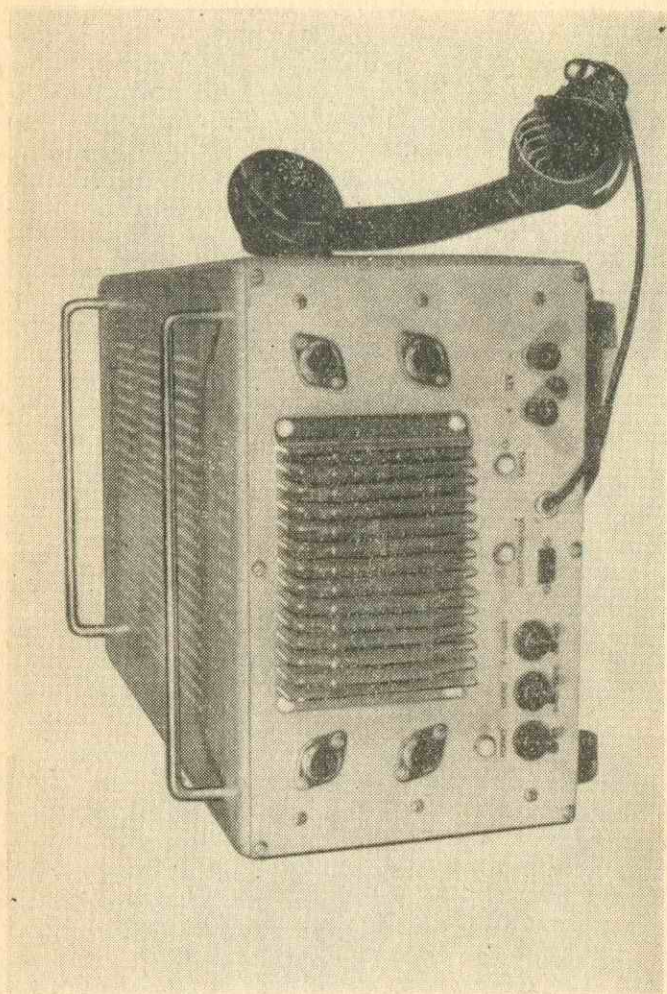


Fig. II.3. Radiotelefonul RT-2 I.R.M.E. (R. S. România)

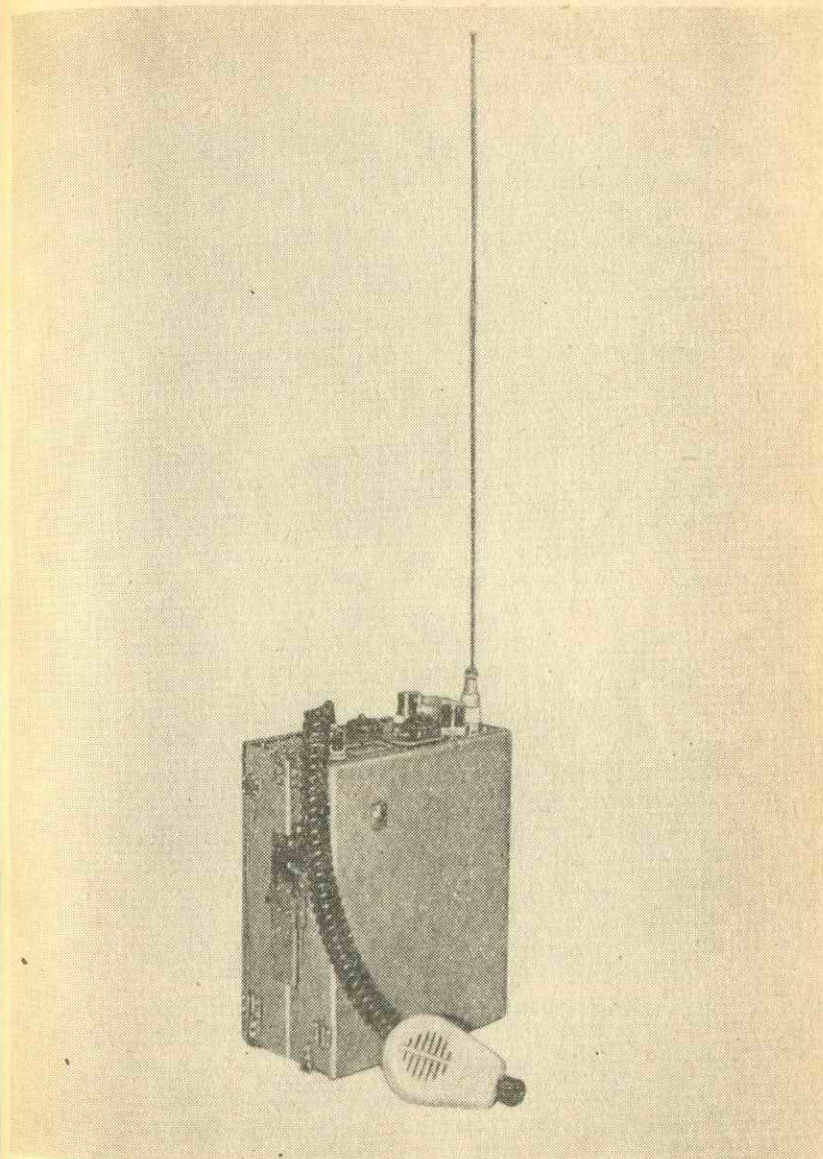


Fig. II.4. Radiotelefonul portabil Mors FM. 311 (R.P. Polonă)

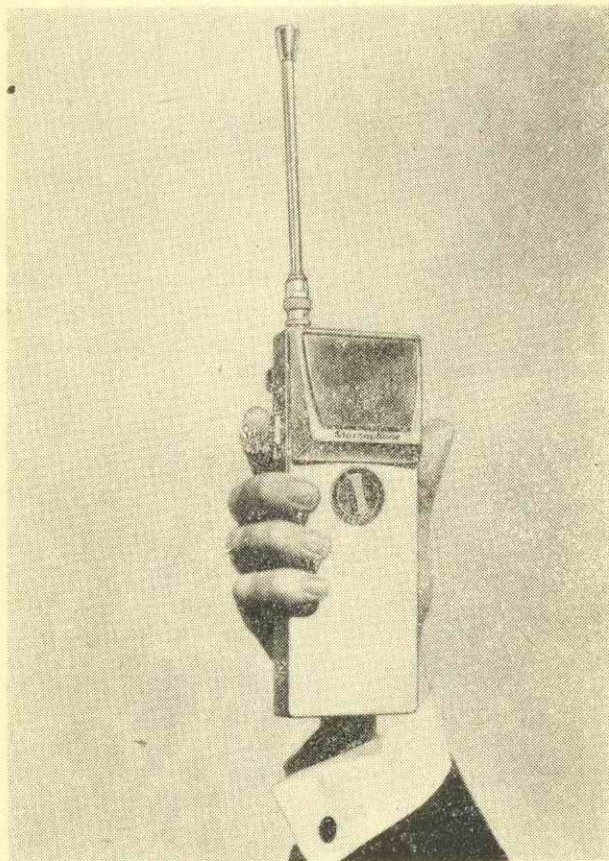


Fig. II.5. Radiotelefonul de buzunar CQP 531, Storno (Danemarca).

marcă tendința spre miniaturizare simultan cu preocuparea pentru mărirea siguranței în funcționare. Miniaturizarea se extinde atât asupra construcției pieselor (rezistențe, bobine, condensatoare) cât și a blocurilor funcționale, prin crearea de module și prin folosirea circuitelor imprimate.

Miniaturizarea s-a făcut paralel cu tranzistorizarea echipamentelor. Din cauză că radiotelefonul lucrează la frecvențe înalte și cu puteri relativ mari, până în prezent s-a reușit ca numai echipamentele portabile să fie tranzistorizate complet. Unele firme au tranzistorizat parțial echipamentele mobile și fixe (alimentatorul, receptorul și chiar o parte din emițător); etajele finale ale emițătorului, lucrând la puteri mari și la frecvențe înalte, continuă să se construiască cu tuburi electronice.

2. EMIȚĂTORUL

Emițătoarele pot fi împărțite în două categorii, după modul în care se obține modulația de frecvență: emițătoare în care modulația de frecvență se obține direct și emițătoare în care modulația de frecvență se obține indirect, din modulația de fază.

a. Emițătoare în care modulația de frecvență se obține direct. Schema-bloc a unui emițător la care modulația se obține direct este prezentată în fig. II.6.

Semnalele de joasă frecvență date de microfon sint amplificate în etajul amplificator de joasă frecvență.

Etajul următor este modulatorul de frecvență. Modulatorul introduce în circuitul oscilant al oscilatorului-pilot o inductanță sau o capacitate care variază în ritmul semnalului de joasă frecvență, modificând frecvența instantanee a oscilatorului-pilot în ritmul semnalului de modulație. Ast-



Fig. II.6. Schema-bloc a unui emițător la care modulația de frecvență se obține direct.

fel, la ieșirea din oscilatorul-pilot, semnalul este modulată în frecvență.

Etajul separator are rolul de a separa cât mai complet oscilatorul de fenomenele care se produc în etajele următoare, mărirînd în felul acesta stabilitatea frecvenței oscilatorului.

După separator urmează o serie de multiplicatoare de frecvență care ridică, prin multiplicare, frecvența oscilatorului și deviația de frecvență din modulator, pînă la valorile necesare.

Folosirea etajelor multiplicatoare de frecvență permite ca frecvența de lucru a oscilatorului-pilot să fie mai mică decît frecvența finală, asigurîndu-se astfel o stabilitate de frecvență mai bună. În afară de aceasta, deviația de frecvență, care se poate obține în modulator cu distorsiuni acceptabile, este mai mică decît deviația maximă necesară; de aceea trebuie multiplicată.

După etajele multiplicatoare de frecvență urmează etajul final, care debitează puterea nominală în antenă.

Acest tip de emițător prezintă avantajul că în oscilator-pilot se poate obține o deviație maximă de frecvență de 4—6 kHz; deci, necesită o multiplicare ulterioară a frecvenței de numai 2—3 ori pentru a ajunge la deviația maximă din etajul final de 10—15 kHz.

Sistemul are, însă, dezavantajul că stabilizarea frecvenței centrale este nesatisfăcătoare, deoarece semnalul modulator—lucrînd direct asupra circuitului oscilant al oscilatorului pilot—nu permite ca acesta să fie stabilizat cu cuarț. Pentru a se obține o bună stabilitate de frecvență trebuie să se introducă un sistem automat de control al frecvenței de centru (nereprezentat în fig. II.6), care realizează compararea frecvenței emițătorului cu frecvența unui oscilator etalon, stabilizat cu cristal de cuarț. Variațiile frecvenței de centru față de frecvența etalon sînt transformate în variații de tensiune care se aplică modulatorului. Acest dispozitiv de control automat al frecvenței complică aparatura și ridică prețul de cost.

b. Emițătoare în care modulația de frecvență se obține din modulația de fază. Schema-bloc a unui astfel de emițător este prezentată în fig. II.7.

Semnalul de joasă frecvență, după ce este amplificat, se aplică unui circuit de corecție. Acest circuit creează la in-

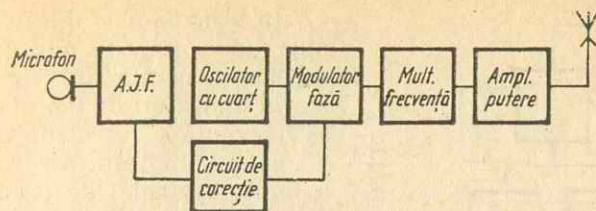


Fig. II.7. Schema-bloc a unui emițător la care modulația de frecvență se obține din modulația de fază.

trarea modulatorului de fază o tensiune de modulație, a cărei amplitudine este invers proporțională cu frecvența de modulație. Din această cauză, modulația de fază se transformă în modulație de frecvență (V. § d).

Semnalul modulată astfel în frecvență este aplicat etajelor multiplicatoare de frecvență și etajului amplificator de putere.

Avantajul acestui sistem constă în faptul că oscilatorul poate fi stabilizat cu cuarț; deci, asigură o stabilitate bună a frecvenței centrale.

Cu acest sistem, însă, se obțin deviații de frecvență mici în modulator, la un factor de distorsiuni admisibil și de aceea este necesară o multiplicare de frecvență mai mare decît în sistemul anterior.

Majoritatea radiotelefoanelor mobile au emițătoare în care modulația de frecvență se obține din modulația de fază, pentru că în acest domeniu se lucrează cu deviații de frecvență mici (5—15 kHz) și se admit distorsiuni mari (10—15%).

Din cele arătate rezultă că un emițător de radiotelefon se compune din trei părți:

- etajele de înaltă frecvență (oscilator, multiplicatoare de frecvență și amplificator de putere);
- modulatorul de fază;
- amplificatorul de joasă frecvență.

În cele ce urmează sînt prezentate două emițătoare realizate cu tuburi electronice și cu tranzistoare.

Emițătorul radiotelefonului românesc RT-2 — I.R.M.E. (fig. II.8) este realizat cu tuburi electronice și are o putere de emisie de 25 W.

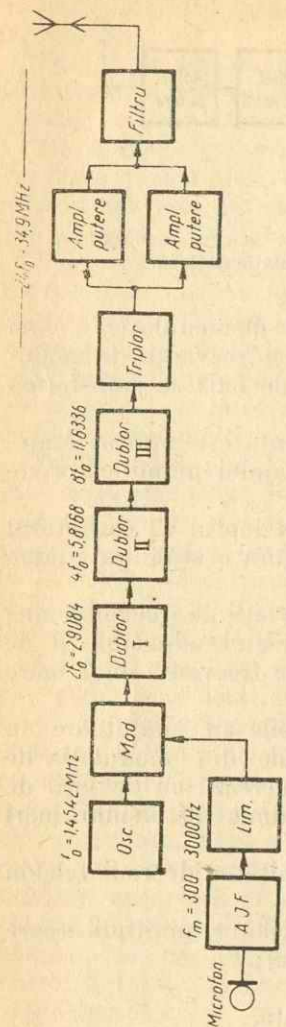


Fig. II. 8. Schema-bloc a emițătorului radiotelefonului RT-2, I.R.M.E.

În schema-bloc din fig. II. 8. apar două etaje în plus față de schema generală din fig. II.7: etajul limitator din lanțul de joasă frecvență și filtrul de antenă.

Etajul limitator are rolul de a limita semnalul de joasă frecvență pentru ca să nu se producă supramodulație în etajul modulator. Filtrul de antenă este un filtru trece-jos folosit pentru suprimarea armonicilor.

Se știe că, pentru a avea o stabilitate cât mai bună, se recomandă ca oscilatoarele să lucreze la o frecvență cât mai joasă și că din motive tehnologice (nu se poate reduce prea mult grosimea plăcii de cristal) frecvența superioară pe care pot lucra cristalele de cuarț este limitată. De aceea, mărimea frecvenței de lucru a emițătoarelor nu se face prin ridicarea frecvenței oscilatorului, ci prin multiplicarea acestei frecvențe. Astfel, frecvența de emisie de 34,9 MHz se obține prin multiplicarea frecvenței oscilatorului $f_0 = 1,4542$ MHz de 24 ori, cu ajutorul a trei etaje dubloare și al unui etaj triplor ($2 \times 2 \times 2 \times 3$).

Frecvența oscilatorului nu este multiplicată de același număr de ori în toate radiotelefoanele. Acest lucru depinde de frecvența și mai ales de deviația de frecvență (fază) care poate fi obținută în modulator la un factor de distorsiuni admisibil.

Emițătorul radiotelefoanelor date în tabela I.3 lucrează cu multiplicări de frecvență de 12–36 ori.

Emițătorul radiotelefonului FM 10 P, de fabricație Pye—Anglia (fig. II.9), reprezintă un emițător tipic pentru stadiul actual al tranzistorizării radiotelefoanelor cu puteri de emisie mai mari decît 1 W.

Acest emițător utilizează numai două tuburi electronice: o dublă tetrodă, cu care se realizează multiplicatoarele III și IV și o altă dublă tetrodă pentru amplificatorul de putere în contratimp. Modulatorul de fază și limitatorul de joasă frecvență sint realizate cu diode cu germaniu. Restul etajelor utilizează tranzistoare.

În această schemă au apărut două etaje în plus față de schemele anterioare; adaptorul (repetor pe emitor) și un amplificator conectat între multiplicatoarele II și III.

Etajul adaptor este specific emițătoarelor cu tranzistoare, el fiind necesar pentru realizarea adaptării între impedanța mare de ieșire a etajului modulator și impedanța mică a circuitului de intrare al multiplicatorului I.

Amplificatorul amplifică tensiunea de la ieșirea tranzistorului multiplicator II pînă la valoarea necesară excitării tubului cu care este realizat multiplicatorul III.

Așa cum s-a arătat mai înainte, numărul multiplicărilor de frecvență crește o dată cu mărirea frecvenței de emisie.

În tabela II.1 se arată multiplicarea pe care o realizează fiecare multiplicator al schemei din fig.

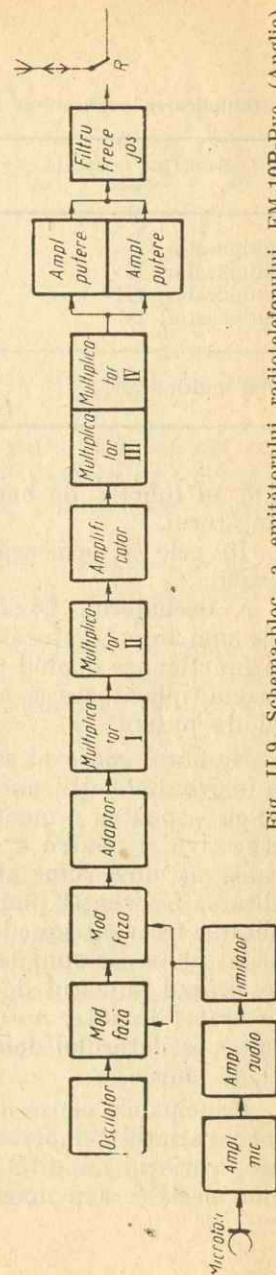


Fig. II.9. Schema-bloc a emițătorului radiotelefonului FM-10P-Pye (Anglia).

Tabela II.1

Multiplicarea realizată de fiecare multiplicator al schemei din fig. II.9

Banda de frecvență, MHz	25—68	68—108	148—174
Multiplicator I	Se suprimă	× 2	× 3
Multiplicator II	× 2	× 2	× 2
Multiplicator III	× 3	× 3	× 3
Multiplicator IV	× 2	× 2	× 2
Total multiplicări	× 12	× 24	× 36

II.9, în funcție de banda de frecvență cu care lucrează emițătorul.

În cele ce urmează este descris fiecare etaj al emițătorului.

c. **Oscilatorul.** Oscilatorul constituie una dintre părțile cele mai importante ale unui emițător, pentru că de buna lui funcționare depind regimurile de lucru ale tuturor etajelor multiplicatoare și chiar regimul de lucru al etajului final de putere.

Numărul mare al stațiilor de emisie existente și banda de frecvențe relativ mică alocată pentru fiecare comunicație fac ca — pentru a menține emisiunea în banda de recepție respectivă și pentru a evita interferențele — să fie necesară realizarea unei bune stabilități a frecvenței de lucru. Stabilitatea frecvenței unui emițător este dată exclusiv de stabilitatea frecvenței oscilatorului. La o abatere ΔF a frecvenței oscilatorului corespunde o abatere $n\Delta F$ a frecvenței de emisie, n fiind numărul de multiplicări de frecvență. După cum s-a arătat înainte, $n = 12 - 36$, deci abateri mici ale frecvenței oscilatorului dau abateri mult mai mari ale frecvenței de emisie.

Principalele cauze de variație a frecvenței oscilatoarelor sînt: variația temperaturii, variația tensiunilor de alimentare, variația umidității, variația sarcinii, influența cuplajelor electrice sau magnetice cu celelalte etaje.

Modificarea frecvenței cu temperatura se datorează variației cu temperatura a inductivității bobinei și a capacității condensatorului din circuitul oscilant. Încălzirea bobinei și a condensatorului circuitului oscilant se datorește, în primul rînd, căldurii disipate de tuburi, rezistențe și transformatoare

Parametrii tubului oscilator R_i , C_{ag} , C_{gc} , C_{ac} intervenind direct în determinarea frecvenței, fluctuațiile tensiunii de alimentare a tuburilor produc deviații de frecvență, deoarece parametrii tubului depind de punctul de funcționare.

Variația sarcinii oscilatorului modifică impedanța de ieșire și prin aceasta se modifică parametrii circuitului oscilant deci și frecvența.

Chiar dacă se alege o schemă de oscilator de mare stabilitate (Clapp, Semberl etc.) și dacă se iau toate măsurile necesare pentru obținerea unei bune stabilități de frecvență (ca, de exemplu, întrebuițarea unor condensatoare termocompensate cu ticondă, condensa C sau F, bobine termostabile, surse de tensiune stabilizate, separarea oscilatorului de sarcină printr-un etaj separator etc.), nu se poate ajunge la o stabilitate mai bună de 10^{-4} .

Din tabela I.2 rezultă că radiotelefoanelor li se cere o stabilitate a frecvenței de ordinul 10^{-5} . Pentru a se realiza o astfel de stabilitate, oscilatorul se construiește cu un cristal de cuarț, care înlocuiește circuitul oscilant de bază. Schema electrică echivalentă a unui cristal de cuarț este prezentată în fig. II.10.

Placa de cuarț este echivalentă cu circuitul serie L_q , C_q , r_q . Capacitatea C_0 reprezintă capacitatea statică a armăturilor plăcii de cuarț, a conexiunilor etc.

Capacitatea C_q are valori foarte mici (sutimi de picofarad), capacitatea C_0 are valori de zeci de picofarazi, iar inductanța echivalentă L_q — zecimi de henry sau chiar cîțiva

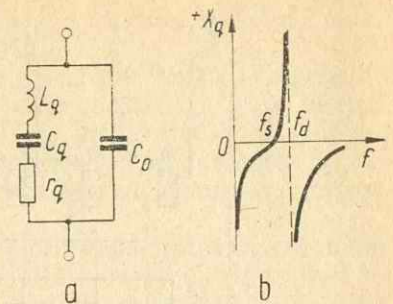


Fig. II.10. Cristal de cuarț.

a - schema echivalentă; b - variația reactanței.

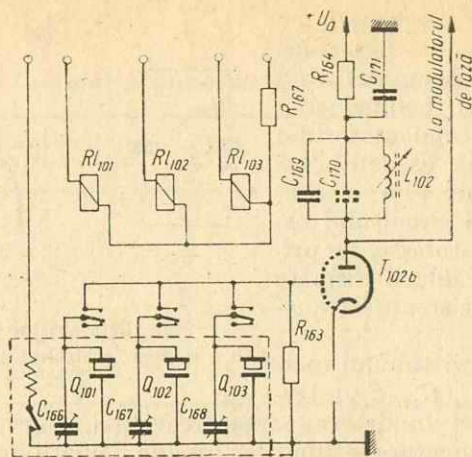


Fig. II.11. Oscilatorul cu cuarț al radiotelefonului de 10 W Budavox (R. P. Ungară).

henry. Rezistența de pierderi r_q este foarte mică—de ordinul ohmilor sau cel mult al sutelor de ohmi.

Acest circuit, avînd o inductanță foarte mare și o rezistență de pierderi mică, are un Q foarte mare (10 000—100 000).

Din schema echivalentă se observă că cuarțul poate intra în rezonanță la două frecvențe: frecvența de rezonanță a brațului serie:

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_q C_q}}$$

și frecvența de rezonanță a întregului circuit:

$$f_d = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_q \frac{C_0 C_q}{C_0 C_q}}} = f_s \sqrt{1 + \frac{C_q}{C_0}}$$

Capacitatea C_q fiind foarte mică și capacitatea C_0 fiind foarte mare, frecvențele f_s și f_d vor fi foarte apropiate.

De asemenea, tot din formula de mai sus se deduce că adăugarea unei capacități în paralel cu C_0 nu influențează mult frecvența de lucru a oscilatorului.

În cele ce urmează sînt date schemele citorva oscilatoare cu cuarț întrebuintate în emițătoarele radiotelefoanelor. Astfel, în fig. II.11 este prezentată schema unui osci-

lator de tip Pierce, oscilatorul emițătorului radiotelefonului maghiar cu puterea de 10 W.

Se observă că acest oscilator este prevăzut cu trei cristale de cuarț Q_{101} , Q_{102} , Q_{103} care pot fi conectate pe grilă, pe rînd, cu ajutorul releelor RL_{101} , RL_{102} , RL_{103} . Radiotelefonul are deci trei canale comutabile. Cristalele sînt introduse în termostatul figurat punctat în care este menținută o temperatură constantă.

Reacția pozitivă se produce prin capacitatea C_{ga} a tubului.

Pentru a fi satisfăcute condițiile de oscilație, trebuie ca reactanța de cuplaj dintre anod și grilă să fie capacitivă, iar reactanța dintre anod și catod (reactanța circuitului acordat C_{169} , C_{170} , L_{102}) și reactanța dintre grilă și catod (reactanța cristalului) să fie inductive.

Din fig. II. 10, b, se vede că cristalele de cuarț prezintă o reactanță inductivă numai pentru frecvențele cuprinse între f_s și f_d , deci va oscila pe o frecvență f_0 , care satisface relația $f_s < f_0 < f_d$.

Circuitul acordat paralel prezintă o reactanță capacitivă la frecvențe mai mici decît frecvența de rezonanță și o reactanță inductivă pentru frecvențe mai mari decît frecvența de rezonanță. Deci, pentru a îndeplini condiția de oscilație, circuitul acordat anodic trebuie să fie puțin dezacordat (față de frecvența cristalului), și anume se va acorda pe frecvența:

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{C_{169}C_{170}}{C_{169} + C_{170}} L_{102}}} > f_0.$$

Amplitudinea necesară pentru întreținerea oscilațiilor se obține ușor în acest montaj, întrucît factorul de calitate al circuitului acordat din grilă (cristalul) este foarte mare și raportul $\frac{C}{L}$ este foarte mic.

Pentru reglarea montajului se variază poziția miezului de ferită al bobinei L_{102} . Modificarea frecvenței în limite mici ($\pm 5 \cdot 10^{-5}$) se realizează prin varierea capacității condensatoarelor ajustabile C_{166} , C_{167} , C_{168} .

Amorsarea oscilațiilor este marcată de scăderea curențului anodic mediu I_{a0} . Circuitul anodic este bine reglat cînd I_{a0} are valoarea minimă.

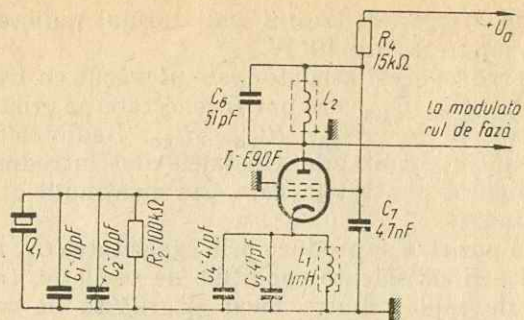


Fig. II.12. Oscilatorul emițătorului radiotelefonului CQM 39 - 25/50, Storno (Danemarca).

În fig. II.12 este prezentată schema oscilatorului cu cuarț folosit în emițătorul radiotelefonului mobil tip CQM39 - 25/50 (Storno - Danemarca).

Pentru a înțelege funcționarea acestui montaj, trebuie să se observe că el îndeplinește două funcțiuni: oscilator (secțiunea grilă-ecran, grilă, catod și amplificator - separator (întreaga pentodă).

Condensatorul C_7 avînd o capacitate mare (4 700 pF) face ca la înaltă frecvență grilă-ecran să aibă potențialul zero.

Oscilatorul realizat cu secțiunea grilă-ecran, grilă, catod a pentodei este un oscilator clasic în trei puncte, cu cuplaj capacitiv (Colpitts). Circuitul oscilant, format de cristalul de cuarț și capacitatea C_{gc} se află între grilă și catod. Montajul astfel realizat asigură o bună separare între oscilator și sarcină și o înaltă stabilitate la variațiile de tensiune.

În fig. II.13 este prezentat un oscilator similar cu cel din fig. II.12, dar cu cristalul montat între grilă și grilă-ecran.

Oscilatorul construit cu secțiunea grilă-ecran, grilă, catod este de data aceasta echivalent cu un oscilator Colpitts cu circuitul oscilant montat între anod și grilă.

Oscilatoarele cu tranzistoare ale emițătoarelor au același principiu de funcționare ca și oscilatoarele cu tuburi electronice prezentate mai înainte.

Oscilatorul cu tranzistoare din fig. II.14 este similar cu cel din fig. II.12, schema lui echivalentă reducîndu-se la un oscilator Colpitts.

Acest oscilator este prevăzut cu 6 cristale comutabile pentru a permite radiotelefonului să lucreze pe 6 canale. Schimbarea canalelor se face manual printr-un comutator, care comută în același timp și cristalele respective din receptor.

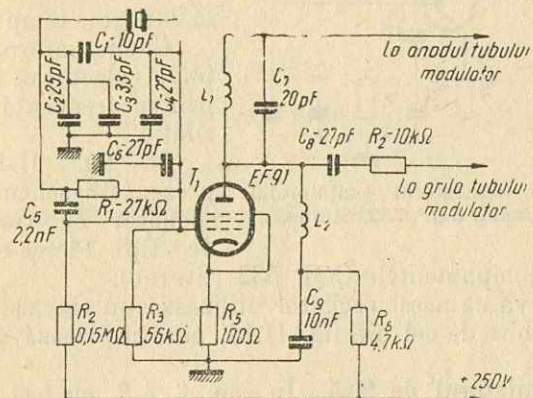


Fig. II.13. Oscilatorul cu cuarț al radiotelefonului CQF-13-4, Storno.

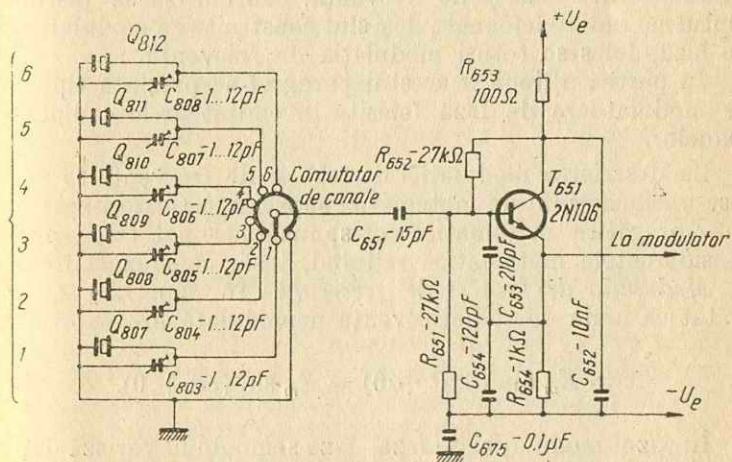


Fig. II.14. Oscilatorul emițătorului radiotelefonului FM-10P, Pye (Anglia).

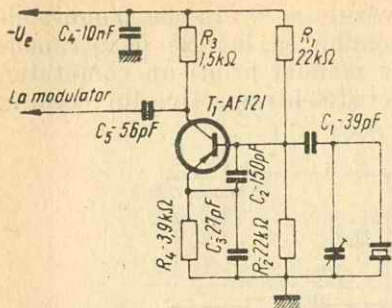


Fig. II. 15. Oscilatorul emițătorului radiotelefonului CQP, 532, Storno.

folosit în echipamentele CQP 532 (Storno).

Se observă că acest oscilator utilizează un tranzistor *pnp*, spre deosebire de cel din fig. II.14, care utilizează un tranzistor *npn*.

d. Modulatorul de fază. În cap. I. § 2, au fost arătate avantajele pe care le oferă modulația de frecvență (fază) față de modulația de amplitudine.

În acest paragraf se prezintă noțiunile esențiale asupra modulației de fază și de frecvență, căutând să se justifice faptul că radiotelefoanele, deși sînt construite cu modulatori de fază, folosesc totuși modulația de frecvență.

În partea a doua a acestui paragraf se prezintă tipurile de modulatori de fază folosiți în emițătoarele radiotelefoanelor.

La descrierea modulației de fază și de frecvență se folosesc unele noțiuni de matematici superioare. Cititorii care nu au o pregătire matematică corespunzătoare pot trece peste considerentele matematice reținînd, însă, concluziile finale.

Modulația de fază și de frecvență. În cap. I. § 2, s-a arătat că unda de radiofrecvență nemodulată are expresia :

$$e = E_m \sin (2\pi ft + \theta) = E_m \sin (\omega t + \theta). \quad (1)$$

În cazul modulației de fază, faza semnalului variază după legea :

$$\Phi(t) = \omega_0 t + \theta(t). \quad (2)$$

Rezultă că unda modulată în fază se poate exprima sub forma :

$$e = E_m \sin [\omega_0 t + \theta(t)], \quad (3)$$

Dacă $f(t)$ este o funcție de timp care are aceeași variație ca și semnalul de modulație, atunci unghiul de fază are o variație în timp de forma :

$$\theta(t) = \theta_0 + f(t). \quad (4)$$

Înlocuind relația (4) în expresia (3), se obține:

$$e = E_m \sin [\omega_0 t + f(t) + \theta_0]. \quad (5)$$

Întrucît pulsația reprezintă viteza de variație a fazei în timp, se poate scrie :

$$\omega_i = \frac{d\Phi}{dt} \quad (6)$$

sau

$$\Phi = \int_0^t \omega_i dt. \quad (7)$$

Se consideră că unda de radiofrecvență este modulată în frecvență cu semnal modulator $f(t)$, adică

$$\omega(t) = \omega_0 + f(t). \quad (8)$$

Folosind expresia (7), faza unei de radiofrecvență va fi :

$$\Phi(t) = \int_0^t \omega(t) dt = \int_0^t [\omega_0 + f(t)] dt = \omega_0 t + \int_0^t f(t) dt + \theta_0. \quad (9)$$

Unda de radiofrecvență modulată în frecvență va avea expresia

$$e = E_m \sin \Phi(t) = E_m \sin \left[\omega_0 t + \int_0^t f(t) dt + \theta_0 \right]. \quad (10)$$

Comparînd oscilația modulată în fază (5) cu oscilația modulată în frecvență (10) se observă că în ambele cazuri fenomenul fizic este același și constă din variația fazei oscilației în ritmul semnalului de modulație.

În același timp se observă că relația între unghiul de fază și semnalul de modulație este diferită la cele două tipuri

de modulație. La modulația de fază unghiul de fază $\theta(t)$ este proporțional, cu aproximația unei constante, cu semnalul de modulație, în timp ce frecvența instantanee corespunzătoare, definită ca derivata fazei în raport cu timpul, variază în timpul modulației, partea ei variabilă fiind proporțională cu derivata semnalului de modulație. La modulația de frecvență partea variabilă a frecvenței instantanee este proporțională cu semnalul de modulație, în timp ce unghiul de fază corespunzător este proporțional cu integrala semnalului de modulație.

Pentru o mai bună clarificare a acestor noțiuni se va considera cazul în care unda de radiofrecvență este modulată cu un semnal modulator sinusoidal:

$$U_m = \sin \omega_m t. \quad (11)$$

În cazul modulației de fază se poate scrie:

$$\theta(t) = \Delta\theta_{max} \sin \omega_m t \quad (12)$$

unde $\Delta\theta_{max}$ este deviația maximă de fază.

Folosind expresia (3), oscilația modulată în fază se poate pune sub forma:

$$e = E_m \sin[\omega_0 t + \theta(t)] = E_m \sin[\omega_0 t + \Delta\theta_{max} \sin \omega_m t]. \quad (13)$$

Ținând seamă de relațiile (6) și (12), partea variabilă a frecvenței instantanee corespunzătoare acestui caz va fi:

$$\begin{aligned} \omega(t) &= \frac{d\theta(t)}{dt} = \frac{d(\Delta\theta_{max} \sin \omega_m t)dt}{dt} = \omega_m \Delta\theta_{max} \cos \omega_m t = \\ &\Rightarrow \omega_m \Delta\theta_{max} \sin\left(\omega_m t + \frac{\pi}{2}\right). \end{aligned} \quad (14)$$

Se observă că în acest caz deviația maximă de frecvență este:

$$\Delta f_{max} = \Delta\theta_{max} f_m. \quad (15)$$

Se observă că în cazul modulației de fază deviația de fază $\Delta\theta_{max}$ este independentă de frecvența de modulație (12), iar deviația de frecvență corespunzătoare este direct proporțională cu frecvența semnalului de modulație (15).

În fig. II.16 se arată variația unghiului de fază $\theta(t)$ și a frecvenței $f(t)$, în cazul în care pentru modulația de fază se folosește un semnal modulator sinusoidal cu frecvența f_m .

În cazul modulației de frecvență, partea variabilă a frecvenței unghiulare instantanee este dată de relația:

$$\omega_i = \Delta\omega_{max} \sin \omega_m t, \quad (16)$$

în care $\Delta\omega_{max}$ este deviația maximă de frecvență unghiulară.

Deviația de fază corespunzătoare este:

$$\begin{aligned} \theta(t) &= \int_0^t \omega_i dt = \\ &= \int_0^t \Delta\omega_{max} \sin \omega_m t dt = \\ &= -\frac{\Delta\omega_{max}}{\omega_m} \cos \omega_m t = \frac{\Delta\omega_{max}}{\omega_m} \sin\left(\omega_m t - \frac{\pi}{2}\right). \end{aligned} \quad (17)$$

Expresia unei modulate în frecvență rezultă:

$$e = E_m \sin\left[\omega_0 t + \frac{\Delta\omega_{max}}{\omega_m} \sin\left(\omega_m t - \frac{\pi}{2}\right)\right]. \quad (18)$$

Din relația (17) se deduce:

$$\Delta\theta_{max} = \frac{\Delta\omega_{max}}{\omega_m} = \frac{\Delta f_{max}}{f_m} = K, \quad (19)$$

K fiind indicele de modulație.

Rezultă că în cazul modulației de frecvență, deviația de frecvență Δf_{max} este independentă de frecvența de modulație, în timp ce deviația de fază corespunzătoare $\Delta\theta_{max}$ este invers proporțională cu frecvența de modulație.

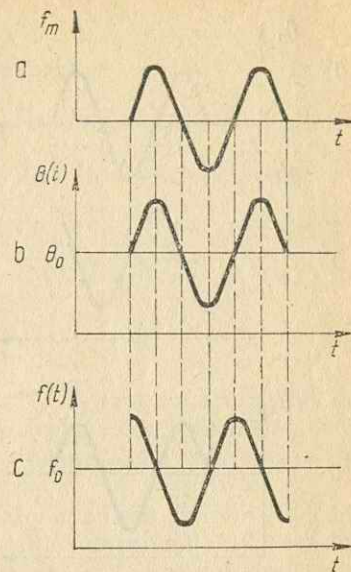


Fig. II.16. Variația unghiului de fază și a frecvenței la modulația de fază cu un semnal sinusoidal.

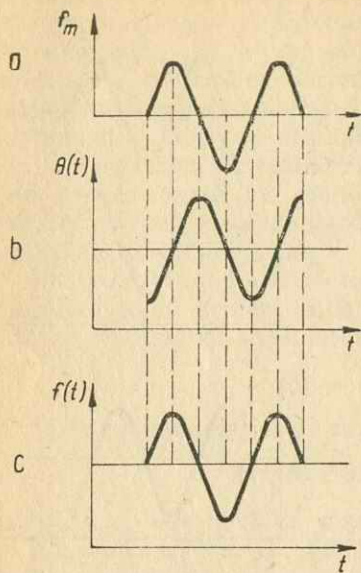


Fig. II.17. Variația unghiului de fază și a frecvenței la modulația de frecvență cu un semnal sinusoidal.

este trecut printr-un circuit de integrare.

În cele ce urmează se analizează spectrul de frecvență al semnalului modulat în frecvență sau fază.

Ținând seama de (13), (18), și (19) se poate scrie :

$$e = E_m \sin(\omega_0 t + K \sin \omega_m t). \quad (20)$$

Această expresie reprezintă o undă modulată în fază cu un semnal sinusoidal sau o undă modulată în frecvență cu un semnal cosinusoidal.

Dezvoltînd expresia (20), se obține :

$$e = E_m \sin(\omega_0 t + K \sin \omega_m t) = E_m [\sin \omega_0 t \cos(K \sin \omega_m t) + \cos \omega_0 t \sin(K \sin \omega_m t)]. \quad (21)$$

În fig. II.17 se arată variația unghiului de fază $\theta(t)$ și a frecvenței $f(t)$ pentru modulația de frecvență obținută cu un semnal f_m sinusoidal.

Din expresiile (5) și (10) sau (13) și (18) se observă că, dacă o oscilație este modulată în fază cu integrala unui semnal modulator, se obține o undă modulată în frecvență cu semnalul original. Acest fenomen este foarte important, pentru că, după cum se va vedea, în radiotelefonie mobilă modulația de frecvență se obține cu modulator de fază. Pentru a transforma modulația de fază în modulație de frecvență, înainte de a fi aplicat modulatorului de fază, semnalul de modulație

Folosind funcțiile Bessel, această expresie poate fi scrisă în felul următor :

$$e = J_0(K)E_m \sin \omega_0 t + J_1(K)E_m \sin(\omega_0 + \omega_m)t - J_1(K)E_m \sin(\omega_0 - \omega_m)t + J_2(K)E_m \sin(\omega_0 + 2\omega_m)t + J_2(K)E_m \sin(\omega_0 - 2\omega_m)t + J_3(K)E_m \sin(\omega_0 + 3\omega_m)t - J_3(K)E_m \sin(\omega_0 - 3\omega_m)t + J_4(K)E_m \sin(\omega_0 + 4\omega_m)t + J_4(K)E_m \sin(\omega_0 - 4\omega_m)t + \dots \quad (22)$$

Coefficienții $J_0(K), J_1(K) \dots J_p(K)$ sînt funcții Bessel de indice p și argument K . Valorile acestor coeficienți sînt date în tabele sau în diagrame de forma celei prezentate în fig. II. 18.

Expresia (22) arată că semnalul modulat în frecvență sau fază are o infinitate de componente sinusoidale de frecvență $f_0 + pf_m$ (unde p este un număr întreg), simetrice două câte două față de frecvența centrală f_0 și distanțate de ea printr-un multiplu întreg al frecvenței modulatorare f_m .

Componentele de ordin impar oscilează în antifază, iar componentele de ordin par oscilează în fază.

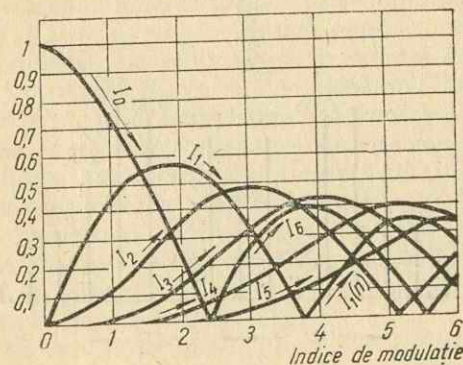


Fig. II.18. Reprezentarea termenilor funcției Bessel.

Studiind termenii funcției Bessel, reprezentați în fig. II.18, rezultă următoarele :

— amplitudinea purtătoarei și amplitudinile componentelor laterale au o variație oscilatorie trecînd printr-o serie de valori nule și prin valori maxime;

— pentru valori mici ale indicelui de modulație ($K < 0,4$), componentele laterale de ordin mai mare decît 1 au valori foarte mici în comparație cu componentele laterale de ordin întii, iar purtătoarea se modifică foarte puțin; în această situație spectrul de frecvențe este asemănător cu cel existent în cazul modulației de amplitudine (purtătoarea și două componente laterale).

— componentele, al căror ordin este apropiat de valoarea indicelui de modulație, au amplitudinea cea mai mare;

— cînd K crește, energia se concentrează în componentele de ordin superior.

Cunoscîndu-se indicele de modulație K , cu ajutorul curbelor din fig. II.18 sau al tabelelor cu coeficienții funcțiilor Bessel, se poate reprezenta spectrul de frecvență respectiv. De exemplu, pentru $K = 5$, dacă ne mărginim la componentele care au o valoare mai mare de 1% din purtătoarea nemonulată, se obține spectrul din fig. II. 19.

Distanța între două componente, așa cum reiese din expresia (22), este egală cu frecvența de modulație f_m . Deci, cînd

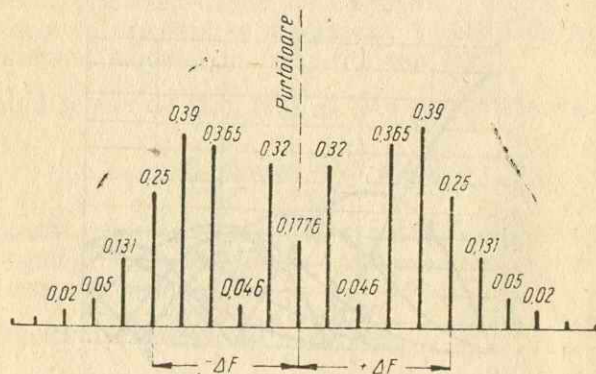


Fig. II. 19. Spectrul oscilației modulate în fază sau frecvență cu $K = 5$.

frecvența de modulație crește, componentele se depărtează, iar cînd frecvența de modulație scade, componentele se apropie. În această situație, dacă indicele de modulație rămîne constant, de fiecare dată va exista același număr de componente laterale semnificative (1% din purtătoarea nemonulată) și distribuția energiei între componente se va păstra neschimbată.

Dacă, însă, indicele de modulație variază și f_m rămîne constantă, distanța dintre componente va rămîne constantă, dar numărul de componente laterale semnificative și distribuția energiei între purtătoare și componentele laterale se va schimba o dată cu valoarea indicelui de modulație.

Pentru un indice de modulație mai mare decît 1, banda ocupată de componentele laterale mai importante, situate deoparte și de alta a frecvenței purtătoare, este aproximativ egală cu de două ori deviația de frecvență.

Transformarea modulației de fază în modulație de frecvență. Din expresia (22) se vede că rezultatele obținute pentru modulația de fază se pot extinde în întregime și pentru cazul modulației de frecvență.

Modulația de fază însă nu este absolut echivalentă cu modulația de frecvență. Dacă indicii de modulație sînt egali, nu există nici-o deosebire între modulația de fază și cea de frecvență în ceea ce privește banda de frecvențe ocupată. Dar, indicele de modulație de fază K_ϕ nu depinde de frecvența de modulație, în timp ce indicele de modulație de frecvență K_f este invers proporțional cu frecvența de modulație. Rezultă că egalitatea $K_\phi = K_f$ are loc numai pentru o singură frecvență de modulație. La schimbarea frecvenței de modulație va varia K_f , în timp ce K_ϕ va rămîne constant. Deci, la modulația de frecvență, prin schimbarea frecvenței de modulație și menținerea constantă a deviației de frecvență, va varia atît amplitudinea purtătoarei cît și amplitudinile și numărul componentelor laterale, în timp ce la modulația de fază, prin menținerea constantă a deviației de fază și varierea frecvenței de modulație, distribuția energiei între purtătoare și componentele laterale, precum și numărul componentelor laterale, se vor menține constante (fig. II.20).

Pentru frecvența de modulație $f_m = 15$ kHz s-a ales indicele de modulație $K = 4$, atît pentru modulația de frecvență cît și pentru modulația de fază.

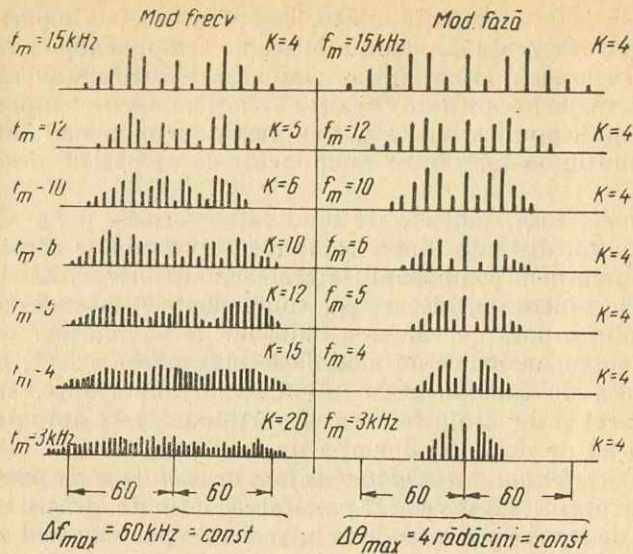


Fig. II.20. Variația spectrelor semnalelor cu modulație de frecvență și de fază pentru diferite frecvențe ale semnalelor de modulație.

În cazul semnalului cu modulație de frecvență, o dată cu scăderea frecvenței de modulație, crescând indicele de modulație, numărul componentelor laterale se mărește, dar lărgimea spectrului rămâne aproape neschimbată și aproximativ egală cu $2 f_{max} = 2 \cdot 60 = 120$ kHz.

În cazul semnalului cu modulație de fază, indicele de modulație rămânând constant o dată cu scăderea frecvenței de modulație, numărul componentelor laterale efective rămâne neschimbat, dar componentele se apropie și de aceea lărgimea spectrului se micșorează.

Se știe că în cazul modulației de frecvență sau de fază influența perturbațiilor atmosferice sau de altă natură este cu atât mai mică, cu cât este mai mare indicele de modulație. Rezultă că modulația de frecvență, permițând să se obțină valori mari ale indicelui de modulație pentru cea mai mare parte a benzii de frecvențe a semnalului de audiofrecvență transmis, prezintă un avantaj esențial față de modulația de fază.

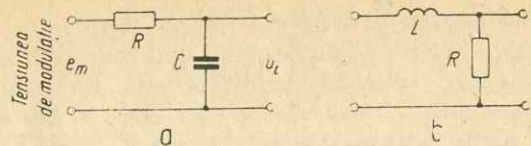


Fig. II.21. Circuitul de corecție.

De asemenea, tot în fig. II.20 se observă că, în cazul modulației de frecvență, banda de frecvență rămâne aproximativ constantă în timpul modulației, deci are loc o utilizare mai eficientă a benzii de frecvențe ocupate de emițător decât în cazul modulației de fază.

Indicele de modulație K_{Φ} nu se poate lua oricât de mare pentru a slăbi perturbațiile, întrucât aceasta ar duce la utilizarea neeficientă a benzii de frecvențe. De exemplu, dacă în fig. II.20 la $f_m = 15$ kHz s-ar lua un indice de modulație $K_{\Phi} = 20$, ar trebui să se țină seamă de 24 componente (acest număr se deduce din tabelele de coeficienți ai funcțiilor Bessel) deci de o bandă egală cu $n \times f_m \times 2 = 24 \times 15 \times 2 = 720$ kHz în timp ce la 50 Hz banda ar fi abia $24 \times 50 \times 2 = 2,4$ kHz, deci de 300 ori mai mică.

Având în vedere aceste avantaje pe care le prezintă modulația de frecvență față de modulația de fază, în prezent în radiotelefonie se folosește aproape exclusiv modulația de frecvență.

În cazul radiotelefoanelor, modulația de frecvență se obține prin intermediul modulației de fază. Deci, va trebui să se transforme modulația de fază în modulație de frecvență. Așa cum s-a arătat mai înainte, această transformare se realizează prin intercalarea unui circuit de integrare între intrarea semnalului de modulație și modulatorul de fază. Acest circuit se numește circuit de corecție și este format dintr-un circuit RC, montat ca în fig. II.21, a.

Se știe că tensiunea la intrarea unui astfel de circuit este:

$$e_m = Ri + \frac{1}{C} \int idt, \quad (23)$$

unde i este curentul care ia naștere în circuit.

Dacă se aleg valorile lui R și C , în așa fel ca

$$U_c = \frac{1}{C} \int i \, dt \ll Ri, \quad (24)$$

atunci se poate considera că

$$e_m = Ri$$

și deci $i = \frac{e_m}{R}$.

În această situație tensiunea pe condensator va fi:

$$U_c = \frac{1}{C} \int i \, dt = \frac{1}{C} \int \frac{e_m}{R} \, dt = \frac{1}{CR} \int e_m \, dt. \quad (25)$$

Se observă că tensiunea U_c , care se aplică modulatorului de fază, este proporțională cu integrala tensiunii de modulație.

Condiția (24) este satisfăcută cînd

$$\frac{1}{\omega_{mj} C} \ll R$$

sau

$$\tau \gg \frac{1}{\omega_{mj}}, \quad (26)$$

unde: $\tau = RC$ este constanta de timp a circuitului;

ω_{mj} — pulsația corespunzătoare celei mai mici frecvențe de modulație.

Dacă la intrarea acestui circuit se aplică un semnal de modulație $e_m = E \cos(\omega_m t + \varphi_m)$, la ieșirea din circuit se obține:

$$\begin{aligned} U_c &= \frac{1}{CR} \int e_m \, dt = \frac{1}{CR} \int E \cos(\omega_m t + \varphi_m) \, dt = \\ &= \frac{E}{\tau \omega_m} \cos\left(\omega_m t + \varphi_m - \frac{\pi}{2}\right). \end{aligned} \quad (27)$$

Se observă că amplitudinea semnalului la ieșirea din circuitul de corecție este invers proporțională cu frecvența de modulație.

Prin introducerea circuitului de corecție, adică prin variația tensiunilor de modulație invers proporțional cu frecvența de modulație, deviația de fază $\Delta\theta_{max}$, fiind proporțională cu tensiunea de modulație, va fi invers proporțională cu frecvența de modulație. În acest caz, din expresia (15) se observă că deviația maximă de frecvență Δf_{max} este independentă de frecvența de modulație, deci se îndeplinește condiția existenței modulației de frecvență.

În radiotelefoane se întrebuițează ca circuit de corecție și circuitul din fig. II.21, *b* care produce un efect asemănător cu cel studiat (v. fig. II.21, *a*).

Exemple de modatoare de fază întrebuițate în radiotelefoane. Pentru obținerea modulației de fază, în radiotelefonie mobilă se folosesc două procedee.

1) În circuitul de ieșire al unui tub sau al unui tranzistor se aplică două tensiuni alternative de aceeași frecvență—frecvența oscilatorului cu cuarț — dar cu un oarecare defazaj între ele; amplitudinea uneia dintre tensiuni se modifică în ritmul semnalului modulator, variindu-se astfel faza tensiunii rezultate în circuitul de ieșire (sarcină).

2) Semnalul dat de oscilatorului cu cuarț este introdus într-un circuit serie RC care este conectat în paralel, fie cu circuitul acordat anodic al etajului separator, fie cu circuitul anodic al oscilatorului, dacă emițătorul nu are etaj separator.

Rezistența R variază în ritmul semnalului modulator, realizîndu-se în acest fel o reactanță capacitivă variabilă în paralel cu circuitul acordat, ceea ce face ca faza tensiunii rezultante să se modifice proporțional cu variația semnalului de modulație.

În cele ce urmează sînt prezentate cîteva modatoare întrebuițate în radiotelefoane.

În modulatorul a cărui schemă este dată în fig. II.22, modulația de fază se realizează în trioda T_{104a} . Pe grila acestei triode se aplică două tensiuni alternative: tensiunea de modulație (tensiunea dată de microfon și amplificată în mod corespunzător) și o tensiune dată de oscilatorului cu cuarț.

Tensiunea de modulație este integrată de circuitul $R_{124} C_{109}$, înainte de a fi aplicată tubului modulator. Tensiunea dată de oscilatorului cu cuarț este aplicată mai întii pe grila tubului T_{104b} care lucrează în montaj repetor pe catod (prin condensatorul $C_{115} = 4\,700 \text{ pF}$ anodul triodei T_{104b} este

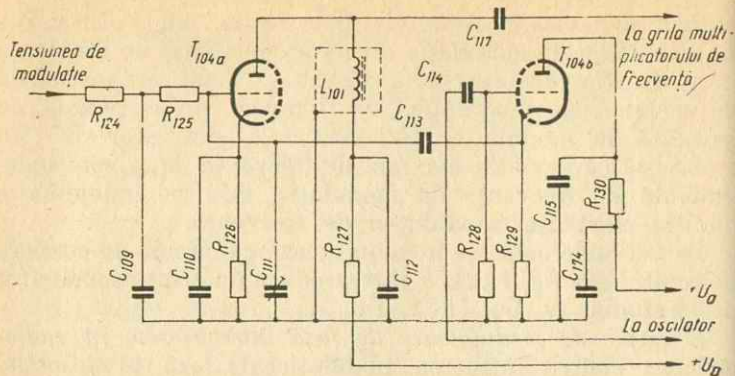


Fig. II.22. Modulatorul de fază al radiotelefonului maghiar de 10 W.

pus la masă din punctul de vedere al curentului alternativ), iar de pe catodul acestui tub, prin condensatorul C_{113} , tensiunea se aplică pe grila tubului modulator T_{104a} .

Tubul T_{104b} îndeplinește funcția de amplificator separator, separând oscilatorul cu cuarț de modulatorul de fază.

Pe anodul tubului modulator T_{104a} pe a cărei grilă se aplică tensiunea de modulație și tensiunea de înaltă frecvență, apar două tensiuni alternative :

a) o tensiune de înaltă frecvență (de frecvența oscilatorului) care ajunge de la grilă pe anod prin capacitatea anod-grilă, deci cu un decalaj de 90° ; această tensiune este constantă, pentru că și tensiunea oscilatorului este constantă.

b) o tensiune de înaltă frecvență (de frecvența oscilatorului) cu amplitudinea variabilă în ritmul semnalului de modulație (semnalul de modulație aplicat pe grilă modifică amplificarea tubului).

După cum se știe, tensiunea anodică este defazată cu 180° față de tensiunea de grilă; deci, tensiunea b va avea un decalaj de 180° față de tensiunea de frecvența oscilatorului aplicată pe grilă. De asemenea, această tensiune fiind amplificată de tub va fi mai mare decât tensiunea a .

În fig. II.23 se dă diagrama vectorială a tensiunilor de pe anodul tubului modulator.

Notațiile folosite în această figură au următoarele semnificații: $U_{o.a.}$ — tensiunea de frecvența oscilatorului aplicată pe anod prin C_{2a} ;

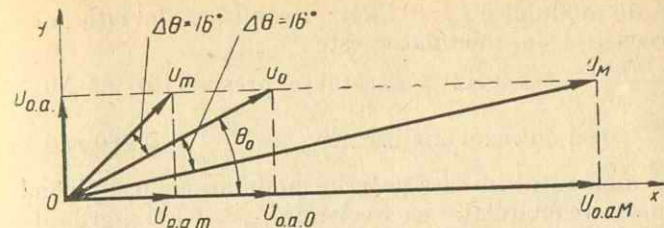


Fig. II.23. Diagrama vectorială a modulației de fază produsă în modulatorul din fig. II. 22.

$U_{o.a.m}$ — tensiunea minimă de frecvența oscilatorului, rezultată pe anod prin amplificarea în ritmul semnalului de modulație a tensiunii aplicate pe grilă;

$U_{o.a.M}$ — tensiunea maximă de frecvența oscilatorului, rezultată pe anod prin amplificarea în ritmul semnalului de modulație a tensiunii aplicate pe grilă;

$U_{o.a.0}$ — tensiunea de frecvența oscilatorului, rezultată pe anod prin amplificarea tensiunii aplicate pe grilă în momentul în care tensiunea de modulație este zero;

U_m — tensiunea alternativă minimă pe anod, rezultată din adunarea tensiunilor $U_{o.a.}$ și $U_{o.a.m}$;

U_M — tensiunea alternativă maximă pe anod, rezultată din adunarea tensiunilor $U_{o.a.}$ și $U_{o.a.M}$;

U_o — tensiunea alternativă pe anod, rezultă din adunarea tensiunilor $U_{o.a}$ și $U_{o.a.0}$.

Din figură se observă următoarele :

— tensiunea $U_{o.a.}$ este tot timpul constantă;

— tensiunea alternativă de pe anod, rezultată din amplificarea în ritmul semnalului de modulație a tensiunii de pe grilă, variază în ritmul modulației în jurul valorii $U_{o.a.0}$, între $U_{o.a.m}$ și $U_{o.a.M}$; în același timp tensiunea alternativă totală de pe anod variază de la U_m la U_M în jurul valorii U_o . Corespunzător cu această variație se modifică unghiul de fază θ de la $\theta_0 - \Delta\theta$ la $\theta_0 + \Delta\theta$.

Variațiile maxime ale unghiului θ se pot calcula dacă se ține seamă că elementele schemei acestui modulator sînt astfel alese, ca în etajul final, după 36 multiplicări, deviația de frecvență să aibă valoarea $\Delta f = 10$ kHz, pentru o frec-

vență de modulație $f_m = 1$ kHz. Rezultă că deviația maximă de frecvență în modulator este :

$$\frac{\Delta f}{n} = \frac{10 \text{ kHz}}{36} \approx 280 \text{ Hz. S-a arătat [expresia (19)] că } \Delta \theta_{max} = \frac{\Delta f_{max}}{f_m}; \text{ deci, în cazul analizat } \Delta \theta_{max} = \frac{280}{1000} = 0,280 \text{ rad} \approx 16^\circ.$$

În momentul în care pe grila modulatorului, aplicându-se tensiunea de modulație cu frecvența $f_m = 1$ kHz, grila devine mai pozitivă (tensiunea de grilă crește), tensiunea anodică scade, deci unghiul θ crește. Când amplitudinea tensiunii de frecvență f_m ajunge la maximum, unghiul de fază are valoarea $\theta_{max} = \theta_0 + 16^\circ$. Din acest moment amplitudinea tensiunii de modulație scăzând de la valoarea maximă la 0, unghiul de modulație va scădea de la θ_{max} la θ_0 . Apoi când tensiunea de modulație devine negativă, unghiul de fază scade, atingând valoarea minimă $\theta_{min} = \theta - 16^\circ$ în momentul în care amplitudinea tensiunii de modulație a atins valoarea negativă maximă. Din acest moment amplitudinea tensiunii de modulație se apropie de valoarea 0; deci, unghiul de fază se apropie de θ_0 , revenind la poziția inițială.

În modul acesta se produce oscilația vectorului U de la U_0 la U_m , de la U_m la U_0 și apoi, în direcție opusă, de la U_0 la U_M , revenind la poziția inițială U_0 , pentru a începe un nou ciclu. O dată cu oscilația vectorului U , axa Ox se rotește uniform cu viteza ω_0 în sensul invers acelor de ceasornic.

În aceste condiții, expresia vectorului U poate fi scrisă după expresia (3) sub forma;

$$U = U_{max} \sin [\omega_0 t + \theta(t)],$$

unde ω_0 este pulsația oscilatorului, iar $\theta(t)$ are variația prezentată mai înainte.

Pe diagrama din fig. II.23 se poate observa că în afară de modulația de fază a tensiunii alternative anodice intervine și o anumită modulație de amplitudine, reprezentată prin variația vectorului U între U_m și U_M . Această modulație parazită de amplitudine este suprimată de etajul multiplicator care urmează după modulator. Acest etaj, pe lângă dublarea frecvenței, efectuează și o limitare de amplitudine (lucrează în regim de limitator).

În fig. II.24 este prezentat modulatorul radiotelefonului CQP531 (Storno) construit cu tranzistoare.

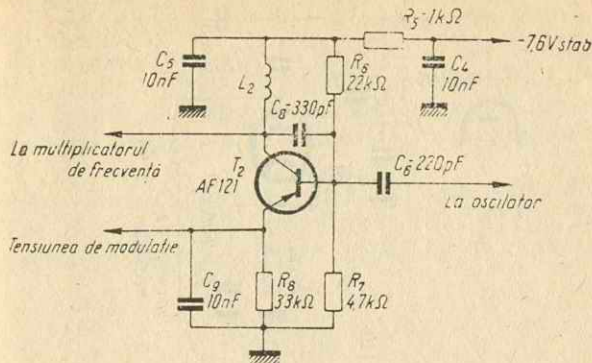


Fig. II.24. Modulatorul de fază al radiotelefonului CQP-531, Storno.

Se observă că acest modulator lucrează într-un mod similar cu modulatorul cu tub electronic analizat anterior (v. fig. II.22).

Tensiunea dată de oscilatorul cu cuarț este aplicată, prin condensatorul C_6 , pe baza tranzistorului, iar tensiunea de modulație, după ce a fost trecută prin circuitul de corecție, se aplică pe emitorul tranzistorului. La ieșirea acestui etaj, pe colector, se aplică două tensiuni de frecvența oscilatorului cu cuarț: o tensiune care se aplică prin condensatorul C_8 și este deci defazată cu 90° față de tensiunea de pe bază și a doua tensiune, care, rezultând prin amplificarea tensiunii de aceeași frecvență de pe bază, este defazată cu 180° față de tensiunea de pe bază. Prima tensiune este constantă, iar cea de-a doua variază în ritmul semnalului de modulație aplicat pe emitor. Astfel, pe colector rezultă o tensiune a cărei fază variază în mod asemănător cu faza θ a vectorului U prezentat în fig. II.23.

În modulatorile de fază prezentate pînă acum, pentru producerea modulației de fază se folosește primul procedeu amintit.

În cele ce urmează se comentează schemele a trei modulatori, două cu tuburi electronice și unul cu tranzistoare în care, pentru obținerea modulației de fază, se folosește cel de-al doilea procedeu.

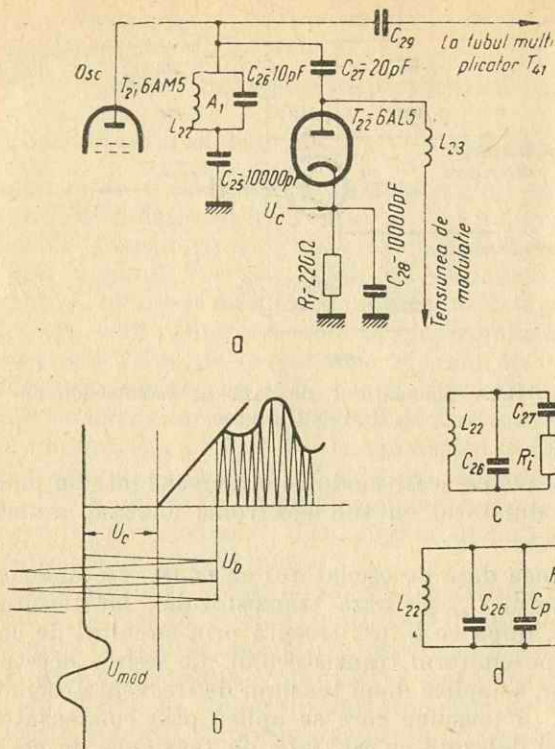


Fig. II.25. Modulatorul de fază al radiotelefonului RT-5, Brown-Boveri.

Schema simplificată a modulatorului de fază din emițătorul radiotelefonului RT-5 (Brown-Boveri) este prezentată în fig. II. 25.

În acest modulator, pentru obținerea modulației se folosește, așa cum s-a menționat, al doilea procedeu.

Circuitul serie RC care participă la producerea modulației este format din condensatorul C_{27} și rezistența internă R_i a tubului T_{22} și se află în paralel cu circuitul acordat A_1 .

Catodul diodei modulatorului este polarizat pozitiv cu o tensiune U_c obținută din catodul unui tub amplificator de joasă frecvență.

Amplitudinile tensiunii de înaltă frecvență care depășesc amplitudinea tensiunii U_c sînt redresate. În același timp, pe anodul diodei, prin bobina de șoc L_{23} , se aplică și tensiunea de modulație. Deci, amplitudinea tensiunii de înaltă frecvență și prin aceasta și rezistența internă a diodei vor fi comandate de tensiunea de modulație, așa cum se vede în fig. II.25, b.

Circuitul serie C_{27}, R_i (fig. II.25, c) este echivalent cu o rezistență R_p în paralel cu circuitul acordat A_1 (fig. II.25, d) și o capacitate C_p care se află tot în paralel cu circuitul acordat :

$$R_p = \frac{1}{\omega_0^2 C_{27}^2 R_i^2} + R_i;$$

$$C_p = \frac{C_{27}}{1 + \omega_0^2 C_{27}^2 R_i^2}.$$

Se observă că C_p este funcție de R_i , deci variază o dată cu R_i . Rezultă că în paralel cu circuitul oscilant A_1 există o reactanță capacitivă variabilă, care modifică faza tensiunii.

În anumite limite unghiul de fază se modifică proporțional cu tensiunea de modulație.

Punctul mediu de funcționare al modulatorului s-a stabilit în urma unui studiu al variației rezistenței R_i în funcție de tensiunea de modulație și al capacității C_p în funcție de R_i . Pentru ca modulatorul să prezinte distorsiuni minime, punctul mediu de funcționare se alege în regiunea în care în același timp C_p are o variație liniară cu R_i , și R_i —o variație liniară cu semnalul de modulație.

În locul unui tub electronic, ca diodă modulatorie se poate întrebuința o diodă semiconductoră cu germaniu sau siliciu. În acest mod este realizat modulatorul radiotelefonului CQM39 (Storno) a cărui schemă este prezentată în fig. II.26.

Circuitul RC se compune din condensatorul C_{10} în serie cu dioda cu germaniu D_1 și este conectat în paralel cu circuitul acordat L_4, C_{12}, C_{27} .

Dioda D_1 este polarizată pozitiv cu tensiunea de 2V, care se aplică prin circuitul R_6, R_5, L_3 . De aceea, în tot timpul alternanței pozitive a tensiunii de înaltă frecvență, prin C_{10} va trece un curent de înaltă frecvență, iar în timpul alternanței

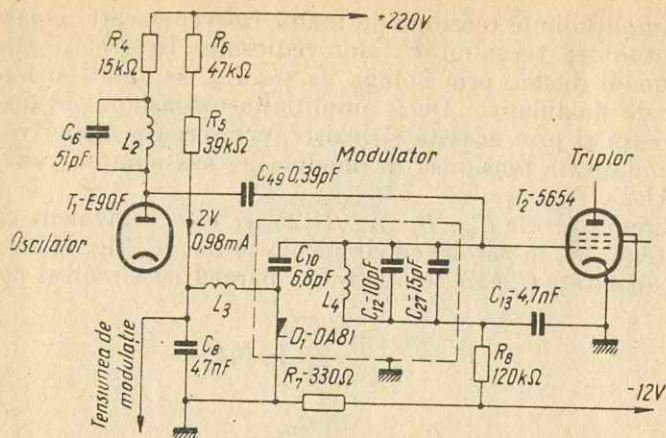


Fig. II.26. Modulatorul radiotelefonului CQM39, Storno.

negative a tensiunii, curentul va trece numai în momentele în care amplitudinea acestei tensiuni este mai mică decât 2V.

Tensiunea de înaltă frecvență, care se aplică circuitului din grila triplorului (L_4 , C_{12} , C_{27}) prin C_{49} , este astfel aleasă, încît curentul de înaltă frecvență să circule prin brațul C_{10} , D_1 în timpul a $2/3 - 3/4$ din ciclu.

Prin aplicarea tensiunii de modulație (prin L_3) pe dioda D_1 , curentul care va trece prin această diodă va varia în ritmul semnalului de joasă frecvență, ceea ce va produce modificarea în același ritm a rezistenței interne R_i a acestei diode. După cum s-a arătat în exemplul precedent, la modificările rezistenței R_i corespund variații de fază ale circuitului acordat din grila triplorului.

Cu acest montaj al modulatoarelor se realizează o deviație maximă de fază egală cu $0,83 \text{ rad} \approx 47^\circ$ pentru $f_m = 1 \text{ kHz}$ la care corespunde o deviație de frecvență $\Delta f = 830 \text{ Hz}$.

În etajele multiplicatoare, această deviație se multiplică de 18 ori, astfel că deviația de frecvență în etajul final este de aproximativ 15 kHz.

În fig. II.27 este prezentată schema unui alt modulator de fază în care pentru obținerea modulației se folosește tot cel de-al doilea procedeu. Acest modulator aparține radiotelefonului francez 7MR-331/200-TRT.

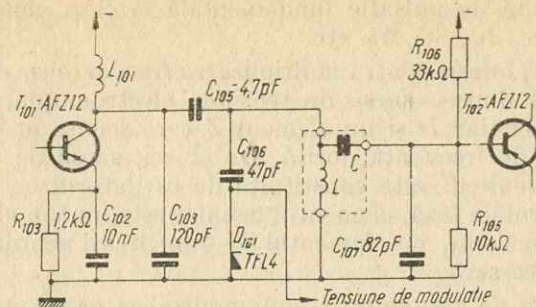


Fig. II.27. Modulatorul radiotelefonului portabil 7MR-331/200, T.R.T. (Franța).

Tranzistorul T_{101} constituie oscilatorul cu cuarț.

Modulatorul este format din circuitul CL și din condensatorul C_{106} și dioda cu siliciu D_{101} .

Fenomenele din acest modulator sînt identice cu cele descrise anterior.

În afară de modulatele prezentate, pentru producerea modulației de fază se întrebuintează și alte modulate, ca : modulatorul Amstrong, modulatorul de fază magnetic, modulatorul de fază în cascadă etc., care însă nu sînt întrebuintate în radiotelefonie de trafic pentru că necesită instalații mai complicate.

e. Etajele de multiplicare a frecvenței și etajul final de putere. Tensiunea de radiofrecvență generală de oscilatorul cu cuarț este modulată în frecvență de modulatorul de fază. În etajele ce urmează modulatorului, frecvența radio și deviația de frecvență sînt multiplicare, pentru a se ajunge la frecvența purtătoare necesară și la deviația de frecvență nominală.

După multiplicarea frecvenței, semnalul modulat în frecvență este aplicat etajului final de putere, care debitează în antenă puterea nominală de radiofrecvență a emițătorului. Etajele multiplicatoare de frecvență sînt generatoare de armonici ale frecvenței semnalului care se aplică la intrarea etajului multiplicator.

Multiplicarea frecvenței este posibilă numai dacă în circuit există un element neliniar, de exemplu, o rezistență neliniară. Aplicînd acestui element o tensiune electromotoare sinusoidală de pulsație ω , nu se obține numai o componentă

a curentului de pulsație fundamentală ω și componentele de pulsație, 2ω , 3ω , 4ω etc.

Un etaj folosit pentru multiplicarea frecvenței se compune în general dintr-o sursă de tensiune electromotoare E , un element neliniar D și un element Z care scoate în evidență tensiunea de frecvența dorită. De obicei, sursa de tensiune electromotoare E este constituită de oscilatorul cu cuarț și modulatorul de fază, elementul neliniar este un tub electronic sau un tranzistor, iar elementul Z — un circuit acordat pe armonica necesară.

Schema de principiu a unui multiplicator cu tub electronic este prezentată în fig. II.28, *a*, iar cea a unui multiplicator cu tranzistor în fig. II.28, *b*.

Regimul de lucru al tubului sau al tranzistorului se alege astfel, încât funcționarea să aibă loc în clasă C, deci curentul anodic (respectiv curentul de colector) se va prezenta sub forma unor impulsuri care conțin o componentă continuă și armonice ale frecvenței fundamentale. Acordând circuitul de ieșire pe frecvența corespunzătoare unei anumite armonici se poate obține o tensiune apreciabilă, de frecvență corespunzătoare armonicii respective.

De obicei, factorul de multiplicare a frecvenței se alege maximum 3, pentru că, odată cu mărirea acestui factor, puterea utilă scade foarte mult.

Tranzistorul amplificator ce lucrează în clasă C (fig. II. 28, *b*) poate fi montat atât în conexiune cu baza comună cât și în conexiune cu colectorul comun.

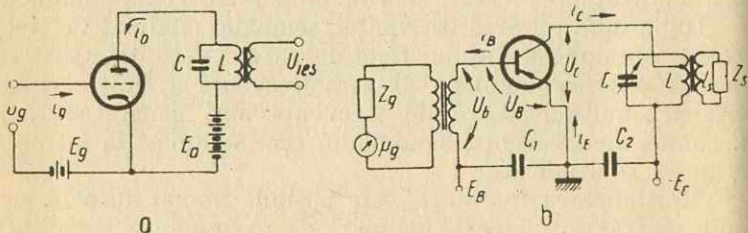


Fig. II.28. Schema de principiu a amplificatorului clasă C: *a* — cu tub electronic; *b* — cu tranzistor.

În cele ce urmează sînt date cîteva exemple de multiplicatoare de frecvență și etaje de putere utilizate în radiotelefoane.

Întrucît radiotelefoanele lucrează într-o bandă întinsă de frecvențe (25 — 470 MHz), apar diferențe esențiale între etajele folosite la frecvențe mai joase (25 — 156 MHz) și cele folosite la frecvențe înalte (156 — 470 MHz).

În fig. II.29 este prezentată schema de principiu a multiplicatoarelor și a etajului final din emițătorul radiotelefonului românesc RT-2 (I.R.M.E.).

Se observă că în acest emițător multiplicarea frecvenței se realizează în patru etaje. Primele trei etaje lucrează ca dubloare de frecvență și sînt echipate cu tuburile 6J4P. Ultimul etaj de multiplicare lucrează ca triplor de frecvență și este construit cu tubul T₆-6J5P.

Circuitele anodice ale acestor etaje sînt filtre de bandă cu două circuite acordate, cuplate inductiv. Prin folosirea acestor circuite în locul circuitelor derivație simple, se realizează mai bine suprimarea armonicilor nedorite.

Ținînd seamă că frecvența de lucru a oscilatorului cu cuarț este $f_0 = 1,4542$ MHz, circuitele cuplate sînt acordate pe frecvențele indicate în tabela următoare :

Circuitul	Frecvența MHz
$L_3, C_{11} - L_4, C_{13}$	$2f_0 = 2,9084$
$L_5, C_{19} - L_6, C_{20}$	$4f_0 = 5,8168$
$L_7, C_{23} - L_8, C_{gC}(T_6)$	$8f_0 = 11,6336$
L_{10}, C_{30}	$24f_0 = 34,9008$

Negativarea grilelor etajelor multiplicatoare se face automat prin căderea de tensiune produsă pe rezistențele R_{12} , R_{16} , R_{20} și R_{24} de către componenta medie a curentului de grilă. Dacă în mod accidental s-ar întrerupe tensiunea alternativă aplicată pe grilă, tubul ar rămîne fără negativare. În acest caz curentul anodic ar crește foarte mult, deci tubul s-ar deteriora. Pentru a înlătura această posibilitate, în catodii tuburilor au fost introduse rezistențele R_{13} , R_{17} , R_{21} , R_{25} . O creștere a curentului anodic va determina o mărire a căderii

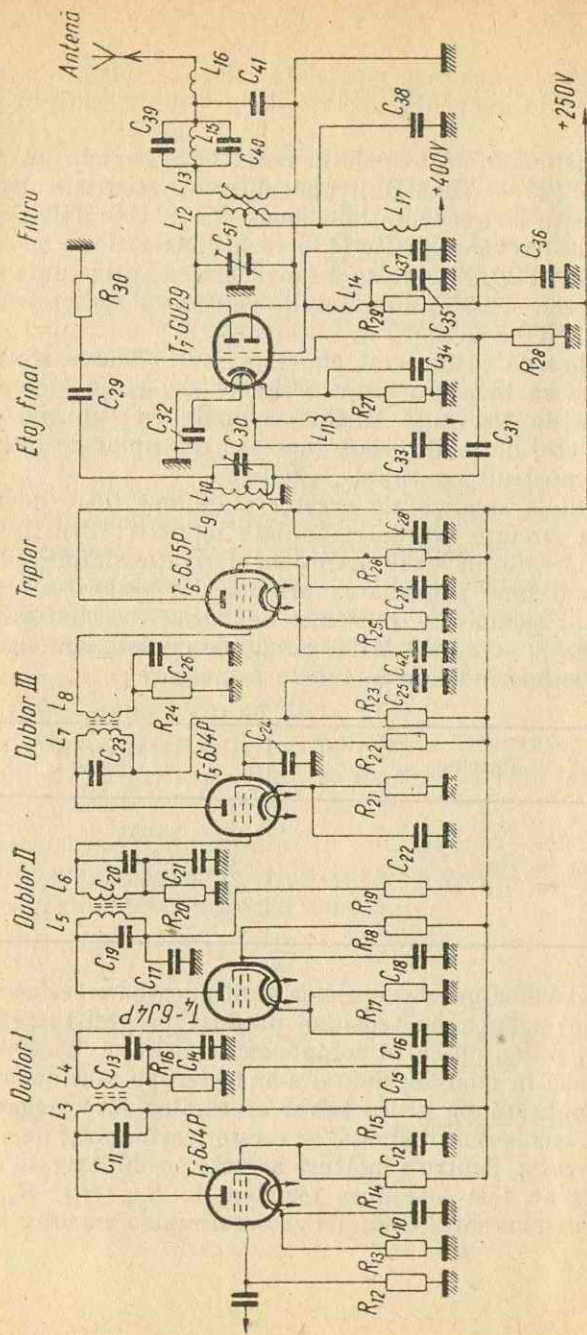


Fig. II.29. Multiplicatoarele de frecvență și etajul final din emițătorul radiotelefonului RT-2, I.R.M.E.

de tensiune pe aceste rezistențe și deci o limitare a curentului anodic.

Etajul final este echipat cu cele două tetrode ale tubului GU29, care lucrează în contratimp și sint negativate automat (C_{29} , R_{30} și C_{31} , R_{28}).

Bobinele L_{11} , L_{14} , L_{17} , împreună cu condensatoarele C_{33} , C_{37} , C_{35} , C_{38} , împiedică intrarea curentului de înaltă frecvență în sursele de alimentare de curent continuu.

Etajul final are ca sarcină antena de emisie nesimetrică cu o impedanță de 75Ω . Conectarea etajului final la antena se face prin intermediul unui transformator de ieșire (L_{12} , L_{13}) cu cuplaj variabil și al unui filtru trece-jos (C_{39} , L_{15} , C_{40} , L_{16} , C_{41}) pentru suprimarea armonicelor. Etajele în contratimp reduc armonicile pare; deci, cea mai puternică armonică a emițătorului este armonică a treia ($3 \times 34,9 = 104,7$ MHz.).

Pentru o atenuare suplimentară a acestei armonici se folosește circuitul L_{15} , C_{39} , C_{40} acordat pe frecvența de 104,7 MHz.

Etajele de înaltă frecvență — multiplicatoare și amplificatoare de putere — ale radiotelefoanelor care lucrează în benzile superioare de unde ultracurte ($f > 156$ MHz) sint realizate cu tuburi speciale pentru frecvențe foarte înalte (în locul tuburilor obișnuite) și cu linii de transmisiune bifilare sau coaxiale (în locul circuitelor LC), cu ajutorul cărora se pot realiza circuite oscilante cu factor de calitate și impedanță ridicată.

În fig. II. 30 se prezintă etajul prefinal și cel final al emițătorului radiotelefonului RT-5 (Brown-Boveri) care lucrează în banda de 160 MHz și debitează în antena o putere de 20 W.

Tubul T_{61} lucrează ca triplor, avind circuitul anodic acordat pe o frecvență din banda de 160 MHz, iar circuitul de grilă — pe o frecvență de trei ori mai mică. Se observă că circuitul de grilă este un circuit acordat cu constante concentrate, în timp ce circuitul anodic se compune dintr-o linie în $\lambda/4$ în scurtcircuit (L_{65}). Această linie este cuplată cu linia L_{66} care constituie circuitul acordat de grilă al etajului final de putere. Pentru acordul brut al circuitului format din linia L_{66} se folosește o bară de scurtcircuitare montată la capătul

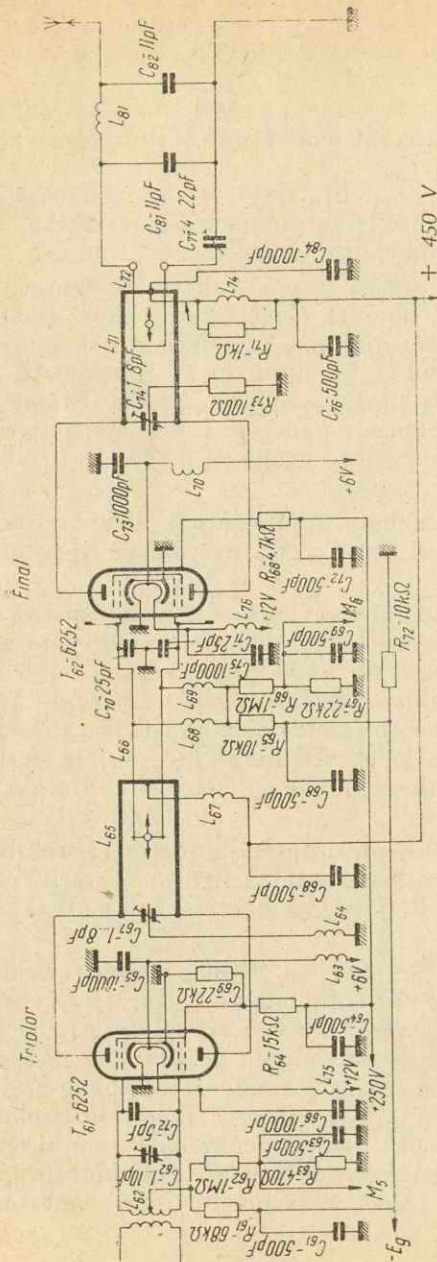


Fig. II.30. Etajul prefinal și cel final al emițătorului radiotelefonului RT-5, Brown-Boveri (Elveția).

dinspre triplor al liniei, iar pentru un acord fin — condensatoarele C_{70} , C_{71} .

Etajul final are circuitul anodic constituit de linia L_{71} acordată cu condensatorul C_{74} și cuplată cu linia L_{72} .

Cu ajutorul condensatorului ajustabil C_{77} se realizează un circuit serie, a cărui frecvență de rezonanță este chiar frecvența de lucru și care are rolul de a elimina influența inductanțelor disperse din linie. C_{81} , L_{81} , C_{82} formează un filtru pentru suprimarea armonicilor.

În fig. II. 31 este prezentată schema etajului final al emițătorului radiotelefonului U450L (Pye-Anglia) care lucrează în banda 440 — 500 MHz.

Acest etaj îndeplinește funcția de triplor, deci, circuitele de grilă lucrează pe frecvența 150 — 167 MHz. Circuitul anodic este realizat cu două linii (L_{409} , L_{410}) cuplate inductiv; acordul primei linii se realizează cu o bară de scurtcircuitare, iar al celei de-a doua — cu condensatorul C_{438} .

Pentru conectarea cablului coaxial de antenă la linia L_{410} tresa metalică a cablului se leagă la capătul în scurtcircuit al liniei, iar conductorul central — la punctul de pe linie în

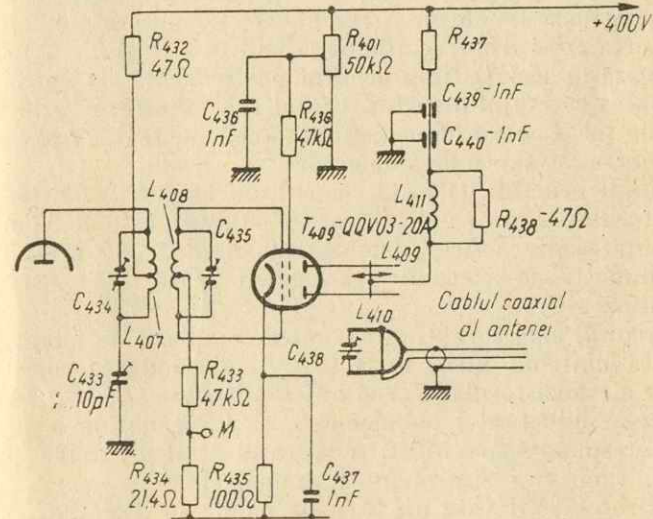


Fig. II.31. Etajul final al emițătorului radiotelefonului U450L, Pye (Anglia).

care impedanța liniei văzută dinspre cablul coaxial este egală cu impedanța caracteristică a cablului (50 Ω).

Până în prezent au fost tranzistorizate numai etajele multiplicatoare de frecvență și etajele finale ale emițătoarelor de mică putere.

În fig. II.32 este prezentat lanțul de multiplicare al emițătorului portabil tranzistorizat CQP531 (Storno) care lucrează în banda 66—88 MHz.

Frecvența oscilatorului este multiplicată de 12 ori.

Toate etajele de multiplicare lucrează în conexiune EC și în clasă C.

Circuitele de ieșire ale fiecărui etaj sunt formate din filtre de bandă (L_1, C_3, C_5, L_2, C_4) acordate pe armonica necesară fiecărui etaj.

Radiotelefonul din care fac parte etajele din fig. II.32 este construit pe bază de module, de aceea, fiecare etaj constituie o unitate separată.

În fig. II.33 este prezentată schema etajului de ieșire de radiofrecvență al aceluiași emițător.

Primul etaj (PA531) lucrează ca preamplificator-defazor într-un montaj EC, în clasă B-C și fără rezistență în emitor, pentru a se obține o amplificare de putere mai mare. La ieșirea acestui etaj se află un circuit în π (C_2, L_1, C_3) care realizează în același timp acordul pe frecvență de emisie și adaptarea cu etajul următor. Etajul este alimentat prin bobina de șoc L_2 care împiedică tensiunea de înaltă frecvență de a intra în sursa de alimentare.

Etajul următor (PA532) constituie etajul de putere al emițătorului. Puterea de intrare a etajului este de 50 mW, iar puterea de ieșire, debitată în antenă, 500 mW. Din același motiv, ca și etajul precedent, lucrează fără rezistență în emitor.

Circuitul colectorului este o rețea complexă de adaptare, formată dintr-un filtru în Π (C_1, L_2 , capacitatea colector-emitor a tranzistorului T_2) și un circuit serie (L_1, C_2). Prin ajustarea inductanței bobinelor L_1 și L_2 se obține o adaptare corespunzătoare între tranzistorul final și sarcină și în același timp și o suprimare a armonicilor.

Filtrul FN531 este un filtru de bandă în T ($L_1, C_2, L_2, C_1, L_3, C_3$) care asigură o atenuare mare a radiațiilor nedorite și a armonicilor provenite din emițător.

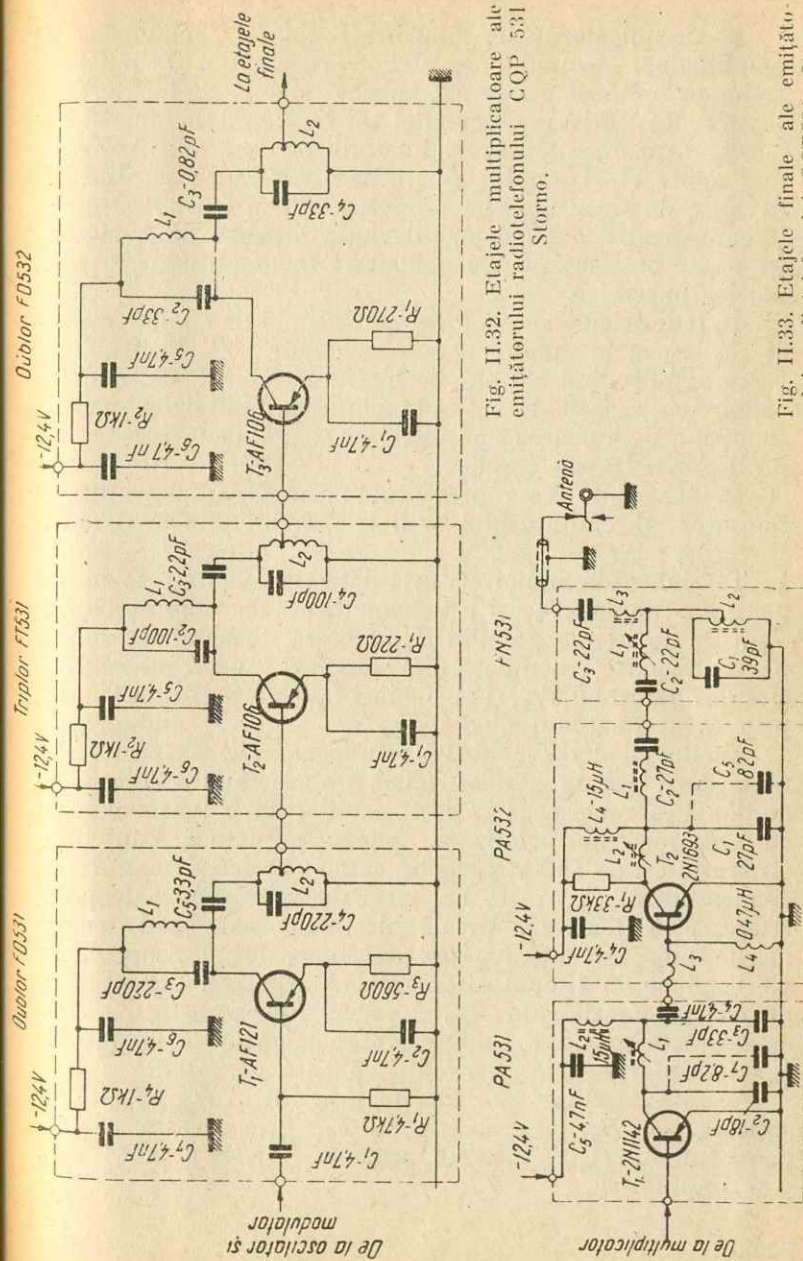


Fig. II.32. Etajele multiplicatoare ale emițătorului radiotelefonului CQP 531 Storno.

Fig. II.33. Etajele finale ale emițătorului radiotelefonului CQP531, Storno.

f. Amplificatorul de audiofrecvență și limitatorul de amplitudine. Semnalul de audiofrecvență dat de microfon trebuie amplificat pentru ca, aplicat modulatorului de fază, să permită obținerea deviației de frecvență nominală. De aceea, între microfon și modulatorul de fază sînt introduse mai multe etaje amplificatoare de audiofrecvență. Întrucît deviația de frecvență este proporțională cu tensiunea modulatorului, pentru a nu depăși deviația maximă de frecvență, în aceste etaje se face și o limitare în amplitudine a semnalelor puternice.

În radiotelefoane amplificarea tensiunii de audiofrecvență se realizează în amplificatoare cu cuplaj *RC*. Pentru limitarea amplitudinii se folosesc limitatoare cu diode, amplificatoare cu reglaj automat al amplificării, limitatoare a căror funcționare se bazează pe neliniaritatea caracteristicilor tuburilor sau tranzistoarelor.

În fig. II.34 este prezentată schema amplificatorului limitator al emițătorului radiotelefonului RT-5 (Brown-Boveri).

Tensiunea de audiofrecvență dată de microfon se aplică pe grila tubului T_{91} și este amplificată de tuburile T_{91} și T_{92} . De la ieșirea tubului T_{92} această tensiune se aplică, pe de-o parte, modulatorului de fază, prin intermediul transformatorului $T_{r_{91}}$ și al bobinei L_{91} , iar, pe de altă parte, prin C_{96} pe catodul diodei T_{22} .

Anodul diodei T_{22} —6AL5 este legat la masă prin rezistența R_{109} , deci în repaos (cînd nu se aplică tensiunea audio) el este mai negativ decît catodul cu o tensiune egală cu tensiunea de polarizare aplicată pe catod. Atîta timp cît tensiunea de audiofrecvență, care se aplică pe catod prin condensatorul C_{96} , este mai mică decît tensiunea de polarizare, prin diodă nu circulă nici un curent. Cînd tensiunea de audiofrecvență depășește tensiunea de polarizare, dioda va conduce în timpul alternanțelor negative. Curentul se închide prin rezistența R_{109} și produce pe aceasta o cădere de tensiune continuă negativă, proporțională cu amplitudinea tensiunii de audiofrecvență aplicată pe catod.

Această tensiune este filtrată prin filtrul R_{108} , C_{98} , C_{99} și aplicată prin R_{93} pe grila tubului T_{91} . Prin aceasta, negativarea tubului T_{91} se mărește, producînd scăderea pantei, deci și a amplificării.

Rezultă că, de la un anumit nivel, tensiunea care se aplică modulatorului de fază este limitată.

Tensiunea de polarizare a diodei este astfel aleasă, încît limitarea să acționeze după ce tensiunea de audiofrecvență a atins nivelul necesar obținerii valorii nominale a deviației de frecvență. În caz contrar nu se va putea obține deviația de frecvență nominală, oricît de mult ar crește tensiunea de audiofrecvență.

Datorită acțiunii grupului R_{103} , C_{95} , tensiunea de audiofrecvență care se aplică pe catodul diodei T_{22} are o creștere liniară cu frecvența de modulație, începînd de la 1 kHz. Rezultă că la frecvențele de modulație mai mari de 1 kHz tensiunea negativă a RAA este mai mare, deci amplificarea tubului T_{91} scade cu frecvența de modulație.

Această limitare a tensiunilor de frecvențe înalte se adaugă la limitarea produsă de circuitul de corecție al modulatorului de fază, contribuînd astfel la transformarea modulației de fază în modulație de frecvență.

Deoarece sistemul de reglaj automat al amplificării (RAA) acționează cu o întîrziere dată de elementele de

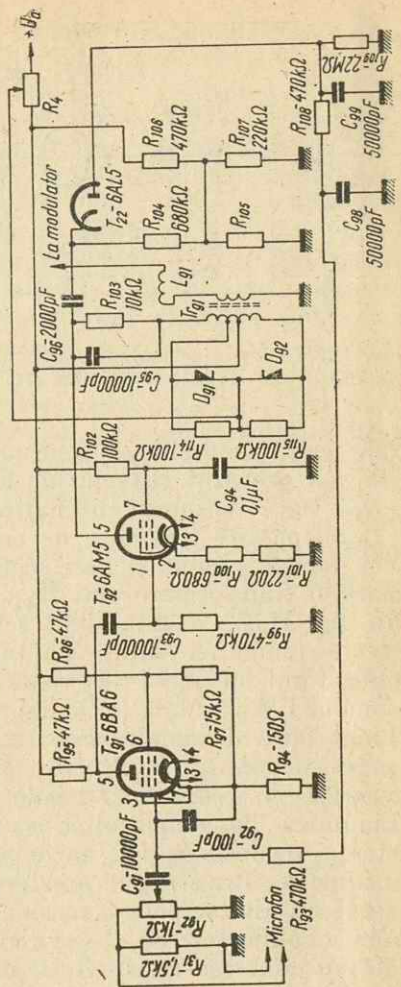


Fig. II.34. Amplificatorul-limitator din emițătorul radiotelefonului RT-5, Brown-Boveri.

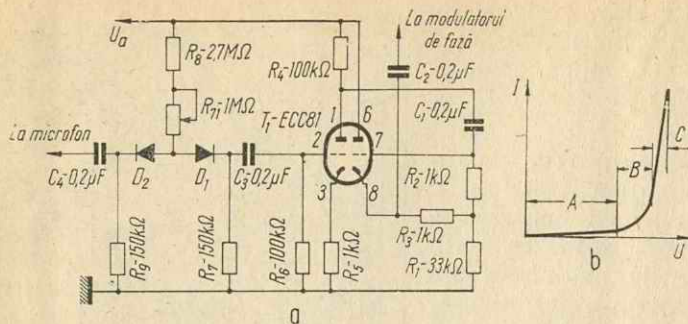


Fig. II.35. Etajele de audiofrecvență ale emițătorului radiotelefonului FM325 Mors (R. P. Polonă).

filtraj, pentru a limita și eventualele impulsuri de durată scurtă, s-a prevăzut sistemul de limitare format de diodele D_{91}, D_{92} . Dacă tensiunea alternativă care se aplică diodelor D_{91}, D_{92} depășește tensiunea de polarizare a acestor diode, atunci diodele conduc și deci scurtcircuitează o porțiune a primarului transformatorului Tr_{91} .

În fig. II.35, *a* este dată schema etajelor de joasă frecvență (audiofrecvență), limitatorul de amplitudine și amplificatorul de joasă frecvență — din emițătorul radiotelefonului FM325 Mors (Polonia).

Limitatorul de amplitudine este realizat cu diodele D_1, D_2 și rezistențele R_7, R_9, R_8, R_{71} , iar amplificatorul de joasă frecvență — cu cele două triode ale tubului T_1 -ECC81.

Limitarea de amplitudine se realizează prin mărirea rezistenței diodelor D_1 și D_2 la amplitudini mari ale tensiunii de modulație. Rezistențele acestor diode, împreună cu R_7 , formează un divizor pentru tensiunea care se aplică pe grila tubului amplificator. Se observă că această tensiune scade o dată cu creșterea rezistențelor diodelor D_1 și D_2 .

Analizând caracteristica diodei dată în fig. II.35, *b*, se observă că în zona *A* dioda prezintă o rezistență mare și aproximativ constantă, iar în zona *B* — zona de curbură — dioda are o rezistență ce variază de la valorile mari din zona *A* la valorile foarte mici din zona *C*.

Cu ajutorul tensiunii continue de polarizare ce se aplică prin rezistențele R_8, R_{71}, R_9 și R_7 , punctul de funcționare al

diodelor D_1 și D_2 (când nu se aplică modulația) este fixat în zona *C*.

Prin aplicarea unei tensiuni mici de modulație, poziția punctului inițial de funcționare se modifică, deoarece tensiunea instantanee pe diodă devine variabilă, dar rămâne în zona *C* — zonă cu rezistență foarte mică și aproximativ constantă. Deci, în cazul tensiunilor mici de modulație nu se produce o limitare de amplitudine.

În cazul în care tensiunea de modulație are amplitudine mare, în timpul unei alternanțe punctul instantaneu de funcționare va trece în zona *B*, deci dioda va prezenta o rezistență variabilă și crescătoare.

Se observă că în timpul alternanțelor pozitive (mari) diferența de potențial la bornele diodei D_2 scade, deci dioda D_2 lucrează în zona *B* (rezistență variabilă și mare), în timp ce diferența de potențial la bornele diodei D_1 crește, deci punctul de funcționare al acestei diode rămâne în zona *C* (rezistență constantă și mică).

În cazul alternanței negative situația se schimbă: dioda D_2 va lucra în zona *C*, iar dioda D_1 în zona *B*. Rezultă că se face o limitare de amplitudine perfect simetrică.

De asemenea, se mai observă că nu se face o limitare a amplitudinii, ci o compresiune a amplitudinii (o limitare treptată).

Limitatorul este urmat de două etaje de amplificare cu cuplaj *RC*. Ultimul etaj este un repetor catodic cu negativare automată (tensiunea de negativare se ia de pe rezistența R_3). Utilizând montajul repetor catodic se reduc distorsiunile produse de limitatorul de amplitudine (reacție negativă puternică), se realizează o bună adaptare cu modulatorul de fază (rezistența de ieșire mică) și se menține o tensiune de ieșire constantă la variațiile de impedanță ale sarcinii (impedanța modulatorului de fază variază o dată cu tensiunea de modulație).

În fig. II.36 este prezentată schema etajelor de audiofrecvență ale emițătorului radiotelefonului de buzunar CQP511, CQP512 (Storno) care funcționează în banda de frecvențe 146—174 MHz.

După cum s-a mai arătat, acest radiotelefon este construit sub formă de module.

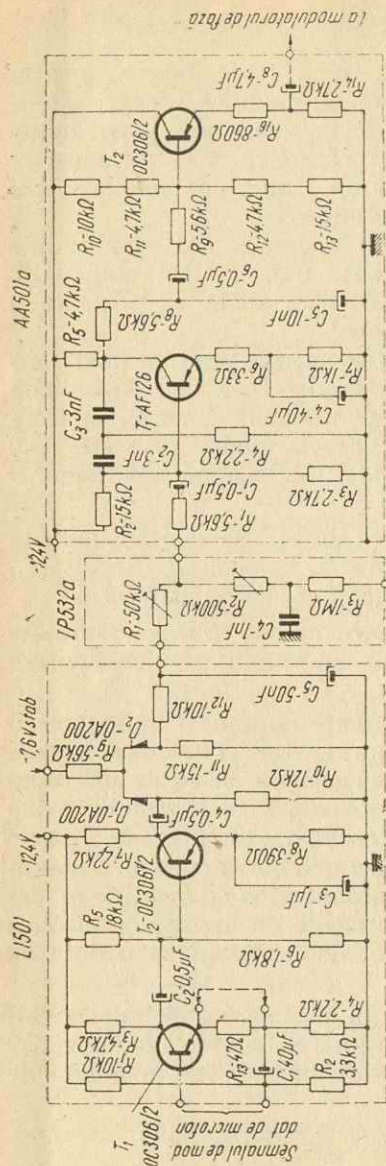


Fig. II.36. Etajele de audiofrecvență ale emițătorului radiotelefonului CQP512, Storno.

Primul modul din fig. II. 36, L1501, conține două etaje de amplificare T_1 , T_2 și un etaj limitator realizat cu diodele D_1 și D_2 .

La intrarea primului etaj T_1 se aplică semnalul de modulație dat de microfon. Rezistența R_{13} din emitorul tranzistorului T_1 poate fi scurtcircuitată, permițind astfel ca în anumite situații să se mărească sensibilitatea circuitului de intrare, deoarece, prin reducerea reacției negative, se mărește amplificarea etajului (cu 6 dB).

Al doilea etaj T_2 al modului L1501 este un amplificator cu emitorul la masă care are ca sarcină limitatorul cu diode.

Se știe că în spectrul vorbirii nivelul componentelor de frecvență înaltă este mai mic decât nivelul componentelor de frecvență medie. Pentru a nu se produce o limitare numai la anumite frecvențe, înainte de limitator, semnalului modulator i se aplică o preaccentuare-ridicare a frecvențelor înalte cu 6 dB/octavă. Această preaccentuare este realizată

de condensatorul C_3 din circuitul de emitor care, reducând reacția negativă o dată cu mărirea frecvenței, duce la mărirea amplificării etajului.

Rezultă că pe limitatorul cu diode se aplică o tensiune de mărime egală la toate frecvențele.

Etajul limitator lucrează în mod similar cu cel din fig. II.35.

După limitator urmează circuitul de integrare R_{12} , C_5 , care produce o atenuare de 6 dB/octavă (deaccentuare) și deci reduce nivelul relativ al componentelor de frecvențe înalte la valoarea corespunzătoare semnalului de ieșire din microfon.

Potențiometrele R_1 și R_2 se folosesc la reglarea tensiunii modulatorie la nivelul necesar modulatorului de fază.

Modulul AA501a are rolul de a amplifica semnalul de audiofrecvență limitat.

Primul etaj, în care se folosește tranzistorul T_1 , este prevăzut cu un filtru trece-sus C_3 , C_2 , R_4 prin care se aplică o reacție negativă la frecvențe mai mari de 3 000 Hz, atenuind astfel componentele cu frecvențe mai mari de 3 000 Hz.

Tot o atenuare a frecvențelor înalte produce și grupul R_8C_5 .

Etajul final, cu tranzistorul T_2 funcționează cu ieșirea pe emitor, pentru a prezenta o impedanță de ieșire mică, necesară modulatorului de fază.

În fig. II.37 este prezentată schema etajelor de joasă frecvență ale emițătorului radiotelefonului francez 7MR-331/501—T.R.T., în care etajul limitator de amplitudine este realizat cu un tranzistor.

Tensiunea de la ieșirea microfonului se aplică prin C_{152} tranzistorului T_{114} care, împreună cu T_{115} , o amplifică pînă la valoarea necesară la intrarea limitatorului T_{116} .

Din motivele expuse mai înainte (v. fig. II.36) se procedează și în acest caz la o preaccentuare înainte de limitator și o deaccentuare după limitator. Preaccentuarea este realizată de rețeaua formată din condensatorul C_{151} și impedanța de intrare a tranzistorului T_{115} .

Etajul care folosește tranzistorul T_{116} este astfel realizat, încît pentru valori mari ale tensiunii de modulație aplicate pe bază, acest etaj lucrează în regim de limitator. Se știe că mărirea curentului de sarcină este determinată de valoarea

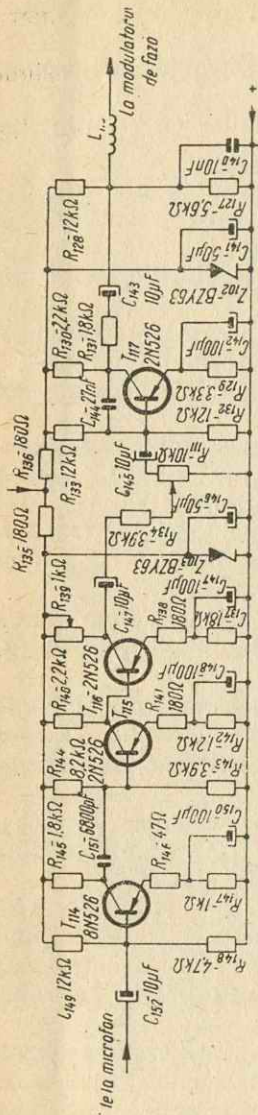


Fig. II. 37. Amplificatorul limitator al emițătorului radiotelefonului 7.MR-331/501 T.R.T. (Franța).

rea curentului în circuitul bazei, care, la rindul său, depinde de tensiunea între emitor și bază. La aplicarea tensiunii de modulație pe baza tranzistorului T_{116} , alternanțele pozitive de amplitudini mari vor fi limitate prin blocarea tranzistorului (depășirea tensiunii de tăiere a curentului de colector), iar alternanțele negative de amplitudine mari vor fi limitate prin trecerea tranzistorului în regim de saturație.

Cu ajutorul rezistenței reglabile R_{139} punctul mediu de funcționare al tranzistorului T_{116} se stabilește în așa fel, încât limitarea să fie simetrică.

Tensiunea de joasă frecvență din colectorul tranzistorului T_{116} se aplică prin C_{147} potențiometrului R_{111} (cu care se face reglajul deviației de frecvență) și apoi tranzistorului T_{117} care constituie etajul de ieșire al amplificatorului.

Condensatorul C_{144} , montat între colectorul și baza tranzistorului T_{117} , prin reacția negativă selectivă pe care o introduce, provoacă o deaccentuare care compensează preaccentuarea realizată la ieșirea etajului realizat cu tranzistorul T_{114} .

Tensiunea de joasă frecvență de la ieșirea etajului T_{117} este

aplicată modulatorului de fază prin bobina de șoc de înaltă frecvență L_{113} .

Diodele Zener Z_{102} , Z_{103} (BZY63) stabilizează tensiunea de alimentare a tuturor etajelor de joasă frecvență.

3. RECEPTORUL

Pentru recepționarea undelor modulate în frecvență pot fi folosite receptoare cu amplificare directă, cu reacție, cu superreacție și receptoare superheterodină.

Radiotelefoanele sînt prevăzute cu receptoare de tip superheterodină, deoarece numai acestea asigură integral performanțele necesare.

Majoritatea receptoarelor radiotelefoanelor lucrează cu dublă schimbare de frecvență, dar la frecvențe înalte (450—470 MHz) se utilizează și receptoare cu triplă schimbare de frecvență.

Receptoarele cu o singură schimbare de frecvență sînt necorespunzătoare pentru că nu pot asigura selectivitatea necesară pentru frecvențele canalului adiacent, frecvențele imagine, frecvențele intermediare și frecvențele parazite.

În fig. II.38 este prezentată schema-bloc a unui receptor superheterodină cu dublă schimbare de frecvență.

Semnalul de radiofrecvență din antenă se aplică circuitului de intrare C.I. Acesta are rolul de a cupla antena cu amplificatorul de înaltă frecvență și de a adapta impedanța antenei la impedanța circuitului de intrare al amplificatorului de radiofrecvență.

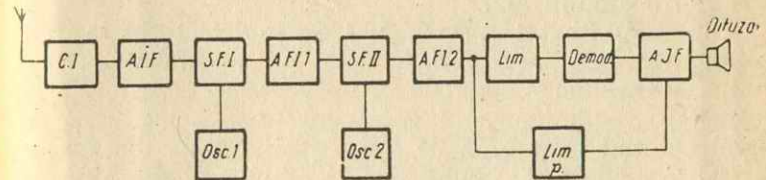


Fig. II.38. Schema-bloc a unui receptor de radiotelefon :

C.I. — circuit de intrare; A.I.F. — amplificator de înaltă frecvență; S.F. I, S.F. II — schimbător de frecvență; A.F. I.1, A.F. I.2 — amplificator de frecvență intermediară; Lim — limitator; Demod — demodulator; A.J.F. — amplificator de joasă frecvență; Osc 1, Osc 2 — oscilatoare.

Amplificatorul de înaltă frecvență A.Î.F. este un amplificator selectiv, de aceea el contribuie și la mărirea selectivității receptorului, în special pentru frecvențele imagine, intermediare și parazite. Amplificatorul de înaltă frecvență înlătură radiația în antenă a oscilatorului local.

La intrarea etajului schimbător de frecvență care urmează *S.F.I.* se aplică, atât semnalul de înaltă frecvență primit din antenă, cât și oscilația oscilatorului local *Osc1.* La ieșirea acestui etaj apar diferite combinații de frecvențe, dintre care, cu ajutorul unui filtru, se reține numai frecvența intermediară f_{i1} ($f_{i1} = f_s - f_{o1}$).

Deoarece radiotelefoanele lucrează pe frecvențe fixe, frecvența oscilatorului local este fixă și stabilizată printr-un cuarț.

Semnalul de frecvență intermediară este amplificat într-un amplificator selectiv *A.F.I.1* și aplicat celui de-al doilea schimbător de frecvență *S.F.II.* La ieșirea acestui etaj se obține cea de-a doua frecvență intermediară, f_{i2} .

Radiotelefoanele cu dublă schimbare de frecvență au prima frecvență intermediară de ordinul citorva megaherți, de obicei 6 MHz, 8,5 MHz sau 10,7 MHz și a doua frecvență intermediară de ordinul citorva sute de kiloherți, 455 kHz sau 470 kHz.

Etajele de frecvență intermediară sînt prevăzute cu 10—15 circuite acordate.

Amplificatorul de frecvență intermediară *A.F.I.2* este urmat de etajul limitator de amplitudine *Lim*, care are rolul de a elimina modulația de amplitudine parazită. Datorită limitatorului de amplitudine se poate beneficia de avantajele modulației de frecvență față de modulația de amplitudine, în ceea ce privește perturbațiile. În plus, acest etaj realizează și o amplificare.

Din etajul limitator, semnalul trece în detectorul de frecvență (demodulator) *Demod.* În acest etaj, semnalele de frecvență intermediară modulate în frecvență se transformă în semnale de audiofrecvență, corespunzătoare celor care au produs inițial modulația de frecvență la stația de emisie. Aceste semnale sînt amplificate de etajul amplificator de joasă frecvență *A.J.F.* și redate de difuzor.

Receptoarele radiotelefoanelor, avînd o sensibilitate foarte mare, au un zgomot (fișit) mare în pauzele de convorbire (cînd lipsește semnalul de recepție). Pentru a elimina acest

zgomot, receptorul este prevăzut cu un dispozitiv special, care blochează auditiia în pauzele dintre convorbiri.

În fig. II.39 este dată schema electrică a receptorului radiotelefonului RR313/20N. Explicarea acestei scheme se va face treptat, o dată cu descrierea etajelor componente ale schemei-bloc din fig. II.38.

Schema-bloc a receptoarelor cu triplă schimbare de frecvență conține trei schimbătoare de frecvență și trei lanțuri de amplificare de frecvență intermediară. Prima frecvență intermediară este 30—40 MHz, a doua — 10,7 MHz și a treia — 455 kHz. Restul etajelor sînt asemănătoare cu cele ale receptoarelor cu dublă schimbare de frecvență.

Numărul pieselor utilizate în receptoare este mai mare decît numărul pieselor din emițătoare. Astfel, emițătoarele au 8—10 tuburi, iar cele tranzistorizate folosesc 12—15 tranzistoare, pe cînd un receptor cu tuburi este construit aproximativ cu 15 tuburi, iar unul cu tranzistoare—cu 20—30 tranzistoare.

În cele ce urmează se va arăta cum sînt realizate în diverse radiotelefoane, etajele schemei-bloc din fig. II.38.

a. **Circuitul de intrare și amplificatorul de înaltă frecvență.** Energia semnalelor recepționate se transmite de la antenă la circuitul de intrare. Acesta este format dintr-un transformator ridicător de tensiune, avînd primarul conectat la antenă și secundarul acordat și legat la grila primului tub. La unele receptoare circuitul de intrare este format dintr-un circuit acordat conectat printr-un condensator la grila tubului. În acest caz antena este conectată la o priză a bobinei circuitului oscilant, priză care se alege astfel, ca să se asigure cel mai favorabil raport semnal/zgomot.

Etajul de amplificare de înaltă frecvență are mai multe roluri: mărește raportul semnal/zgomot, reduce radiația primului oscilator local, contribuie la mărirea selectivității receptorului prin atenuarea frecvențelor imagine și a altor frecvențe nedorite.

Există mai multe surse de zgomot: zgomotele introduse de tub datorită unor modificări întîmplătoare ale numărului de electroni emiși de catod, zgomote de origină termică, datorite agitației termice a electronilor în piese și conductoare, în special în rezistențe, zgomote datorite fluctuațiilor întîmplătoare ale curenților din conductoare etc.

Toate aceste zgomote sînt prezente în primul etaj de amplificare al receptorului.

Este evident că amplificatorul va amplifica atît semnalul cît și zgomotele.

Efectul zgomotelor proprii în primul etaj este mult mai important decît în etajele următoare; de aceea se poate socoti că zgomotele provin în întregime din primul etaj.

În receptoarele superheterodină care nu sînt prevăzute cu un etaj amplificator de înaltă frecvență, energia oscilatorului local poate ajunge în antenă, de unde este radiată în spațiu. După cum se știe, radiațiile acestea nu sînt permise, întrucît produc perturbații în recepționarea stațiilor de radiodifuziune sau de trafic.

Datorită prezenței etajului de înaltă frecvență acordat pe o frecvență diferită de a cea a oscilatorului local, oscilatorul local este izolat de antenă.

În receptorul cu modulație de frecvență blocul de înaltă frecvență este mult mai important și mai necesar decît în receptoarele cu modulație de amplitudine. Aceasta se datorește faptului că, la intrarea etajului limitator din receptoarele pentru modulație de frecvență fiind necesar să se aplice o tensiune de frecvență intermediară mare, de ordinul volților, amplificarea pînă la etajul limitator trebuie să fie mult mai mare decît în receptoarele cu modulație de amplitudine. Dacă această amplificare s-ar obține numai în etajele de frecvență intermediară, atunci s-ar mări pericolul de funcționare instabilă a acestor etaje. Etajul de înaltă frecvență avînd o amplificare de 10—20, reduce amplificarea care trebuie realizată în etajele de frecvență intermediară. Din același motiv se caută să se obțină un transfer maxim de putere în circuitul de intrare.

Se știe că la un receptor superheterodină există două semnale care, aplicate schimbătorului de frecvență, dau la ieșirea din schimbător frecvența intermediară. Unul din aceste semnale are o frecvență egală cu frecvența oscilatorului local plus frecvența intermediară și este semnalul util, iar cel de-al doilea are o frecvență egală cu frecvența oscilatorului local minus frecvența intermediară și se numește semnal imagine.

Întrucît semnalul de frecvență imagine aplicat primului schimbător de frecvență produce la ieșirea acestuia un sem-

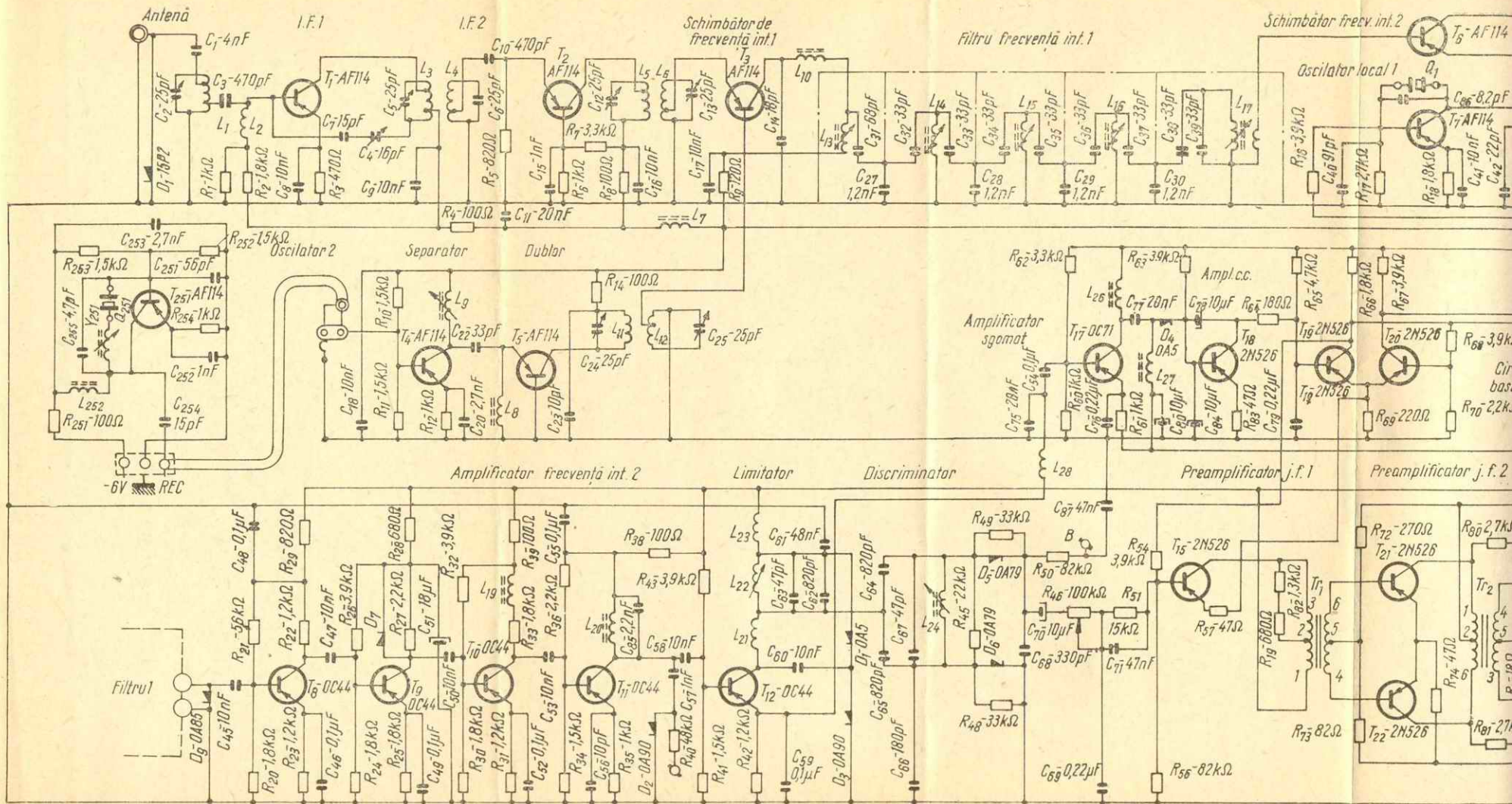


Fig. II.39. Schema receptorului radiotelefonului mobil RR313/20 N, T.R.T. (Franța).

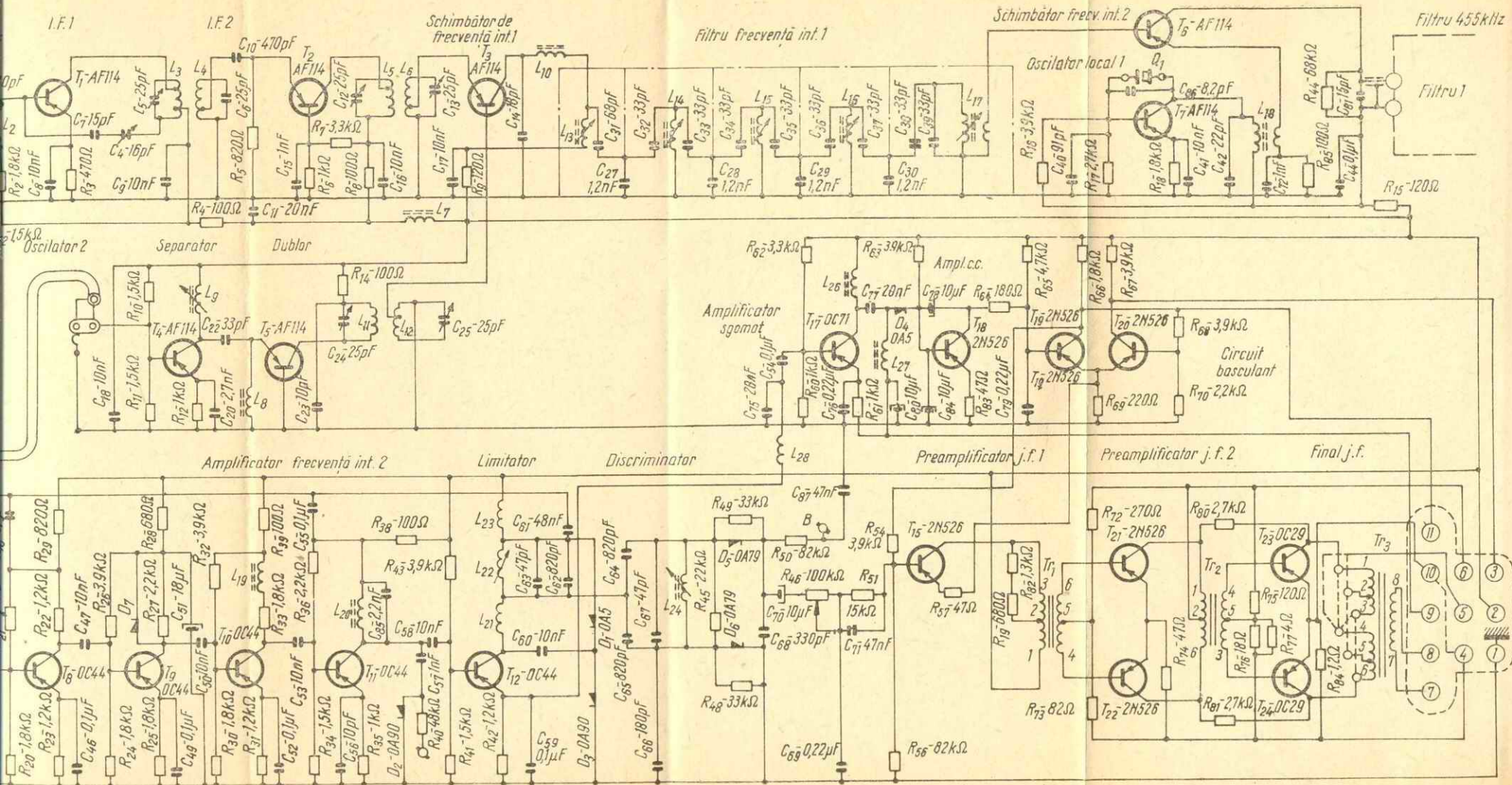


Fig. II.39. Schema receptorului radiotelefonului mobil RR313/20 N, T.R.T. (Franța).

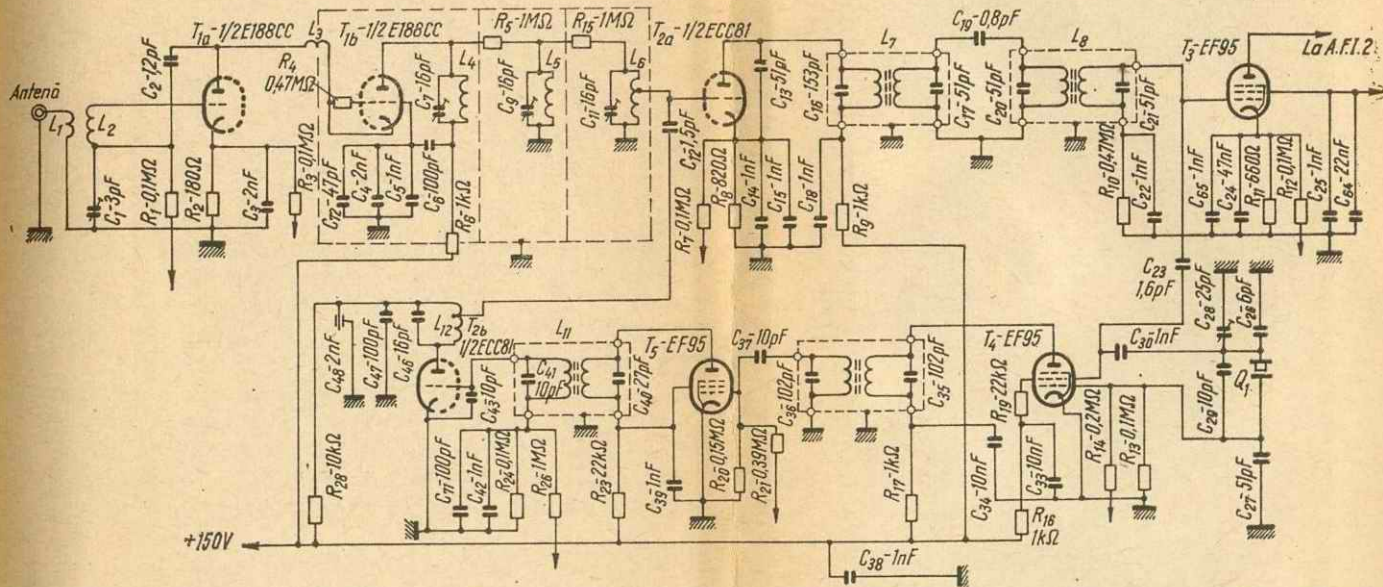


Fig. II.41. Amplificatorul de înaltă frecvență și schimbătoarele de frecvență din receptorul radiotelefonului CQ F 13-1, (Storno).

Toate aceste zgomote sînt prezente în primul etaj de

ampl
E
lul e
E
impo
socot
I

cu
to
în
mi
de

pe
to

fre
rec
tor
rel
o
vol
mu
tud
jele
fun
ver
tre
ace
put

nal
rea
sem
loca
cel
torul
semn
I
schin

80

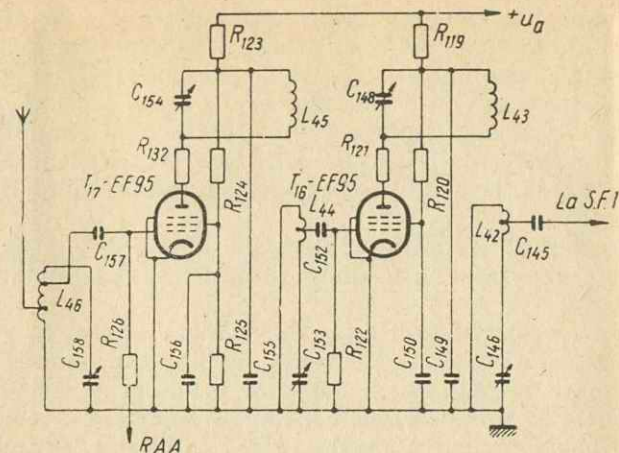


Fig. II.40. Amplificatorul de înaltă frecvență al radiotelefonului FM. 302 Mors (R.P.Polonă).

nal parazit de frecvență intermediară, etajul amplificator de înaltă frecvență trebuie să realizeze o atenuare mare (aproximativ 80–90 dB) a acestui semnal.

Amplificatoarele de înaltă frecvență din receptoarele radiotelefoanelor sînt, fie amplificatoare acordate, fie amplificatoare în montaj de tip cascadă.

Amplificatoarele cu tuburi de prima categorie sînt construite, de obicei, cu două etaje și folosesc pentode. Circuitele anodice ale tuburilor sînt filtre de bandă, compuse din două sau mai multe circuite oscilante acordate pe frecvența de recepție.

În fig. II.40 este prezentată schema unui astfel de amplificator realizat cu tuburi.

În cele ce urmează se prezintă funcționarea amplificatorului cu tranzistoare din receptorul radiotelefonului RR313/2ON T.R.T. (v. fig. II.39).

Acest amplificator are două etaje în care se folosesc tranzistoarele T_1 și T_2 . Semnalul de înaltă frecvență recepționat de antenă este transmis primului etaj prin intermediul circuitului de intrare, format din condensatorul C_1 și circuitul acordat L_1C_2 .

Primul etaj este realizat cu tranzistorul T_1 , montat cu emitorul la masă și polarizat prin rezistențele R_1 și R_2 . Acest etaj este neutrodinat prin condensatoarele C_4 și C_7 , conectate în serie între circuitul de colector L_3 , C_5 și bază.

După o nouă amplificare în al doilea etaj amplificator de înaltă frecvență, realizat cu tranzistorul T_2 , montat cu baza la masă, semnalul este aplicat etajului schimbător de frecvență.

Se observă că legătura între cele două etaje de amplificare este realizată prin două filtre de bandă cuplate inductiv.

Când receptorul se găsește în imediata apropiere a unui emițător, care emite pe frecvența receptorului, apare o tensiune mare între baza și emitorul primului tranzistor T_1 care poate să întrecă tensiunea de străpungere a joncțiunii emitor-bază. Pentru a proteja acest tranzistor, etajul este prevăzut cu dioda D_1 , montată în paralel cu circuitul de intrare. În cazul în care la intrarea receptorului se aplică o tensiune mare, dioda conduce, rezistența sa internă se micșorează și astfel circuitul de intrare este scurtcircuitat.

În continuare sînt prezentate două scheme de amplificatoare de înaltă frecvență de tip cascodă.

Primele două etaje ale schemei din fig. II.41 reprezintă amplificatorul de tip cascodă al receptorului radiotelefonului CQF13-1 (Storno).

Acest amplificator este format dintr-un etaj cu triodă (T_{1a}) cu catodul la masă, urmat de un etaj cu triodă (T_{1b}) cu grila la masă.

Pentru a asigura stabilitatea în funcționare, primul etaj are o sarcină anodică mică constituită de impedanța de intrare a celei de a doua triode. Rezistența de intrare a triodei T_{1b} fiind mică, coeficientul de amplificare în tensiune al primului etaj nu întrece unitatea. Din această cauză, pericolul de instabilitate reprezentat de reacția prin capacitatea C_{ag} se micșorează foarte mult. În plus, tot pentru a mări stabilitatea acestui etaj se folosește o mică capacitate de neutrodinare C_2 , prin care se aplică la intrare, în circuitul de grilă, o fracțiune din tensiunea anodică, în antifază cu cea aplicată prin C_{ga} , astfel încît să anuleze efectul acesteia.

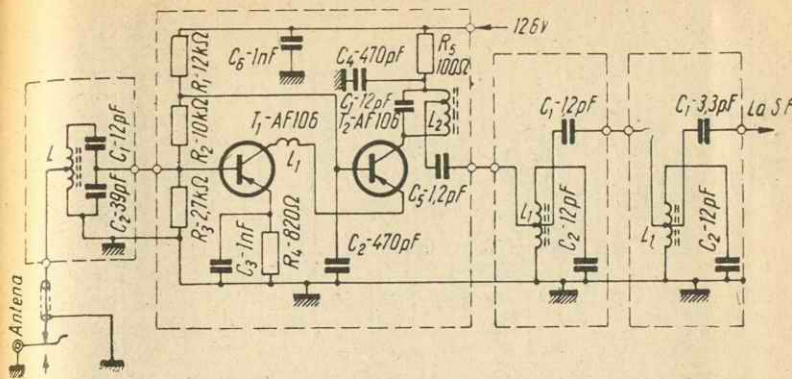


Fig. II.42. Amplificatorul de înaltă frecvență al receptorului radiotelefonului CQP511, Storno

Montajul cascodă are un nivel mic de zgomote și asigură în același timp o amplificare mare, datorită triodei T_{1b} și circuitului de intrare.

Schema unui amplificator în montaj cascodă construit cu tranzistoare este prezentată în fig. II.42.

Adaptarea impedanței antenei la impedanța de intrare a amplificatorului de înaltă frecvență se realizează legînd antena la o priză a bobinei L și baza primului tranzistor la divizorul capacitiv C_1 , C_2 .

Bobina L_1 , prin care se conectează colectorul tranzistorului T_1 la emitorul tranzistorului T_2 , împreună cu capacitatea dintre colectorul tranzistorului T_1 și șasiu și capacitatea dintre emitorul lui T_2 și șasiu, lucrează ca un circuit acordat de bandă largă.

Din punctul de vedere al alimentării cu curent continuu, tranzistoarele T_1 și T_2 sînt conectate în serie; deci fiecare dintre ele primește aproximativ jumătate din tensiunea bateriei.

În acest paragraf se dau exemple de etaje de înaltă frecvență din receptoarele radiotelefoanelor, care, lucrînd la frecvențele superioare din banda de unde ultracurte, sînt realizate cu linii în locul circuitelor LC.

În fig. II.43 se prezintă partea de înaltă frecvență și primul schimbător de frecvență din receptorul radiotelefonu-

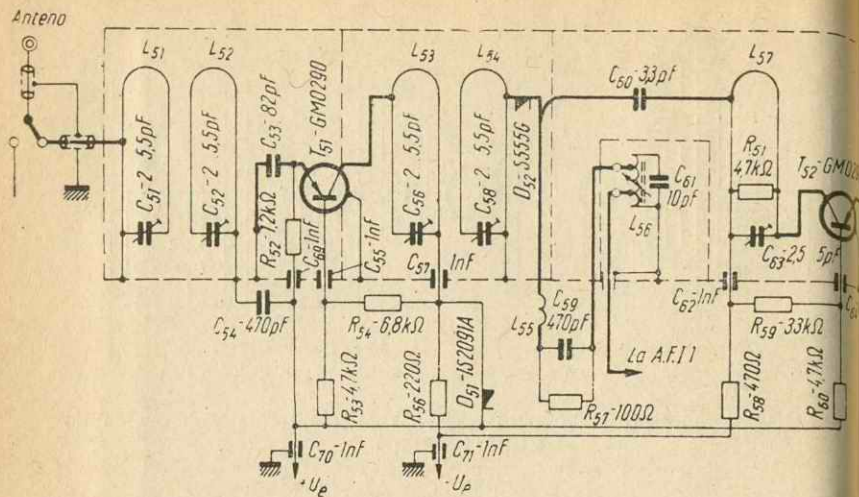


Fig. II.43. Amplificatorul de înaltă frecvență și schimbătorul de frecvență din receptorul radiotelefonului U30, Pye, 450–470 MHz.

lui U30Pye, a cărui bandă de lucru este cuprinsă între 450 și 470 MHz.

Circuitul de intrare este format din liniile L_{51} , L_{52} , acordate cu condensatoarele C_{51} , C_{52} și cuplate între ele inductiv.

Amplificatorul de înaltă frecvență este realizat cu tranzistorul T_{51} (CMO290). La ieșirea etajului, în circuitul colectorului se folosesc liniile L_{53} și L_{54} . Linia L_{54} este cuplată cu dioda D_{52} care constituie schimbătorul de frecvență al receptorului.

Sistemele oscilante formate din linii bifilare simetrice prezintă dezavantajul că dau naștere unui cimp electromagnetic exterior care duce la apariția unor cuplaje parazite cu alte circuite și la pierderi prin radiație. De asemenea, pierderile în conductoarele din care sunt făcute liniile sunt apreciabile, pentru că liniile au un diametru relativ mic. De aceea, în locul liniilor bifilare simetrice se preferă circuite coaxiale, care au pierderi mai mici (suprafața conductoarelor fiind mare) și nu radiază (conductorul exterior fiind un ecran).

Cuplajele parazite sunt complet eliminate și linia poate fi montată fără izolație deoarece conductorul exterior are pe toată suprafața potențialul zero.

În fig. II.44 este prezentată partea de înaltă frecvență a receptorului radiotelefonului RT-5 (Brown-Boveri) care utilizează, ca circuite acordate, linii coaxiale.

Amplificatorul de înaltă frecvență este compus din două etaje de amplificare în care se folosesc tuburile T_{21} și T_{22} .

Circuitul de intrare este realizat de linia coaxială A_{21} ; cu o lungime puțin mai mică decât $\lambda/4$ și scurt-circuitată la un capăt.

Cuplajul liniei coaxiale cu cablul antenei se face direct: conductorul interior al cablului pătrunde printr-o gaură în interiorul circuitului coaxial și se sudează de conductorul central; tresa metalică (conductorul exterior) a cablului de antenă se sudează de partea exterioară a circuitului coaxial. Acest cuplaj este analog cuplajului prin autotransformator folosit în circuitele obișnuite.

Între tuburile T_{21} și T_{22} se găsește un

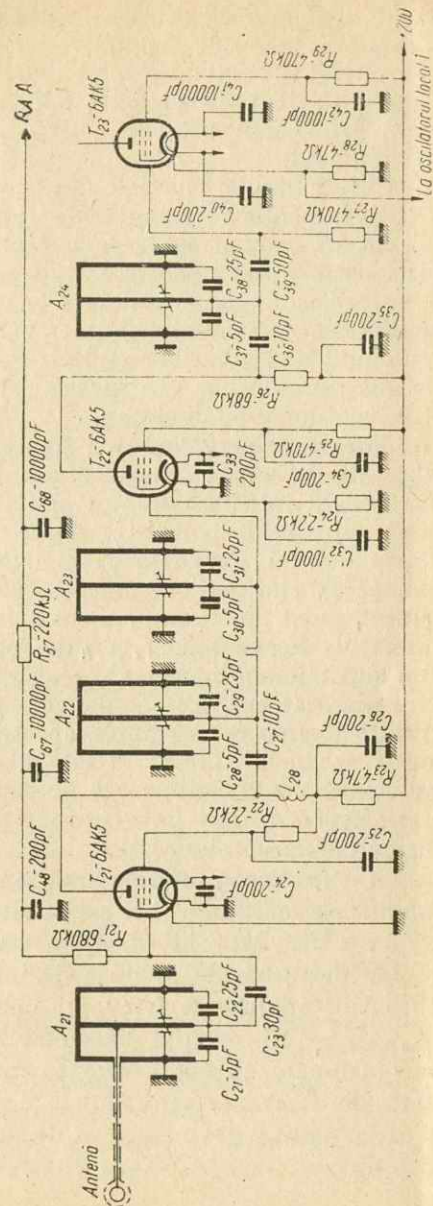


Fig. II.44. Amplificatorul de înaltă frecvență al receptorului radiotelefonului RT-5, Brown-Boveri.

filtru de bandă realizat cu două circuite coaxiale A_{22} și A_{23} , cuplate între ele capacitiv.

În circuitul anodic al celui de-al doilea tub amplificator de înaltă frecvență se găsește linia coaxială A_{24} , care este cuplată prin condensatorul C_{39} cu primul schimbător de frecvență (T_{23}).

Circuitele (liniile) coaxiale din această schemă sînt acordate pe frecvența de recepție de 159,40 MHz. Acordul fiecărui circuit coaxial se face cu ajutorul unui condensator realizat astfel: prin două orificii ale carcasei exterioare, așezate pe același ax, se introduce câte un șurub care pătrunde în spațiul dintre conductorul central și cel periferic. La capetele dinăuntru șuruburile se termină printr-un mic disc. Prin învîrtirea șuruburilor se reglează capacitatea suplimentară dintre cele două conductoare.

b. Etajele schimbătoare de frecvență și etajele amplificatoare de frecvență intermediară. Schimbătorul de frecvență constă într-un oscilator și un element nelinier care poate fi un tub, un tranzistor sau o diodă semiconductoare.

Semnalul de frecvență f_s și tensiunea oscilatorului de frecvență f_h sînt aplicate elementului nelinier. La ieșirea acestui element apar componente avînd frecvențele egale cu combinațiile frecvențelor f_s și f_h de forma $\pm mf_s \pm nf_h$, unde m și n sînt numere întregi. Cu ajutorul filtrelor de frecvență intermediară se extrage componenta $f_s - f_h$.

Prin schimbarea frecvenței, spectrul semnalului modulat se păstrează nemodificat; el este doar „translatat“, fiecare componentă modificîndu-se în aceeași măsură.

La alegerea primei frecvențe intermediare se ține seamă de următoarele considerente:

— cu o frecvență intermediară mai mică se poate realiza o amplificare mai mare și o selectivitate mai bună;

— cu o frecvență intermediară mai mare se pot elimina mai bine perturbațiile produse de interferențe, și mai ales perturbațiile produse de frecvența imagine. Avînd în vedere că $f_{im} = f_s - 2f_i$, rezultă că cu cît frecvența intermediară f_i va fi mai mare, cu atît frecvența imagine f_{im} va fi mai depărtată de frecvența semnalului, deci va fi atenuată mai mult de circuitul de intrare și de amplificatorul de înaltă frecvență.

Aceste două considerente fiind contradictorii, pentru frecvența intermediară se alege o valoare de compromis. În plus, frecvențele intermediare trebuie să fie alese în afara gamelor de radiodifuziune pentru a nu coincide cu frecvența vreunui emițător.

Prima frecvență intermediară este, de obicei, 6MHz, pentru frecvențele de recepție mai mici decît 50 MHz și 8,5 MHz sau 10,7 MHz pentru frecvențele de recepție mai mari decît 50 MHz. Deoarece prima frecvență intermediară are valoare mare în comparație cu distanța dintre canale, nu se poate realiza și o atenuare a frecvențelor din canalul adiacent. Distanța de 25 kHz dintre canale, reprezintă numai 0,24% din frecvența intermediară de 10,7 MHz.

Rolul atenuării frecvențelor din canalul adiacent revine etajelor care lucrează la cea de-a doua frecvență intermediară. De aceea, a doua frecvență intermediară se alege mult mai mică, 450 sau 470 kHz. În acest caz, distanța de 25 kHz dintre canale reprezintă mai mult de 5,3% din frecvența intermediară, ceea ce permite să se obțină atenuări mai mari de 80 dB pentru canalele adiacente.

Un schimbător de frecvență trebuie să îndeplinească următoarele cerințe:

— să asigure o amplificare cît mai mare; factorul de amplificare al schimbătorului de frecvență este dat de raportul dintre amplitudinea tensiunii utile (de ieșire) de frecvență intermediară și amplitudinea tensiunii de semnal, aplicată la intrare;

— să aibă nivel minim de zgomot; la alegerea tipului de schimbător de frecvență pentru prima frecvență intermediară se ține seama că o dată cu mărirea frecvenței de recepție se reduce amplificarea etajelor de radiofrecvență și panta de conversiune a schimbătorului de frecvență; de aceea, zgomotul introdus de schimbătorul de frecvență are importanță mult mai mare decît atunci cînd se lucrează la frecvențe joase.

Pentru a putea fi îndeplinite aceste cerințe, primul schimbător de frecvență din receptoarele cu tuburi se realizează cu pentode și triode, deoarece tuburile cu mai multe grile au o tensiune de zgomot mai mare.

În banda superioară a undelor ultracurte, și mai ales atunci cînd efectuîndu-se trei schimbări de frecvență, prima

frecvență intermediară este de 30—40 MHz, se utilizează montaje de schimbătoare de frecvență cu diode sau diode semiconductoră care au un nivel de zgomot mai mic și necesită mai puține conexiuni.

La cel de-al doilea schimbător de frecvență (455—470 kHz) se pot utiliza și triode-hexode sau tricde-heptode.

Stabilitatea oscilatorului local trebuie să fie foarte mare. Dacă oscilatorul local nu este stabil, se modifică frecvența de centru a oscilațiilor, ceea ce face ca etajele de frecvență intermediară și discriminatorul să lucreze dezacordate. Aceasta duce la mărirea distorsiunilor și chiar la întreruperea audierii. Din aceste cauze ambele oscilatoare locale se stabilizează cu cuarț.

În fig. 11.41 se poate vedea felul în care se realizează cele două schimbări de frecvență în receptorul radiotelefonului CQF13 (Storno).

Semnalul din antenă, după ce este amplificat de etajul în montaj cascadă T_{11} , se aplică pe grila primului schimbător de frecvență T_{2a} . Tot pe această grilă se aplică și oscilația locală, prin intermediul condensatorului C_{12} . Pentru a micșora cuplajul între oscilatorul local și circuitul de semnal, condensatorul C_{12} se alege de valoare foarte mică (1,5 pF).

Datorită filtrelor de bandă L_7, L_8 , cuplate între ele capacitiv prin C_{19} , la ieșirea tubului T_{2a} se reține numai oscilația de frecvență intermediară. Aceasta este aplicată apoi celui de-al doilea schimbător de frecvență realizat cu tubul T_3 -EF95. Se observă că acest schimbător realizează tot o schimbare de frecvență aditivă, întrucât semnalul și oscilația locală se aplică pe același electrod-grilă.

La ieșirea tubului T_3 se obține oscilația cu frecvența egală cu cea de-a doua frecvență intermediară (455 kHz), care se aplică în continuare celui de-al doilea amplificator de frecvență intermediară.

Pentru ambele schimbări de frecvență se folosește un singur oscilator de bază stabilizat cu cuarț (T_4 -EF95), a cărui oscilație se aplică, pe de-o parte, celui de-al doilea schimbător de frecvență iar, pe de altă parte, unui lanț de multiplicatoare de frecvență care multiplică frecvența oscilatorului de 16 ori. În felul acesta se obține prima oscilație locală.

Multiplicarea de frecvență se efectuează în felul următor: secțiunea grilă-ecran, grilă, catod a tubului T_4 lucrează ca oscilator pe frecvența f_0 a cristalului, iar secțiunea catod, grilă, anod — ca amplificator clasă C. Circuitul anodic al tubului T_4 este acordat pe armonica a doua; deci, tubul realizează o dublare de frecvență. Tensiunea astfel obținută se aplică pe grila tubului T_5 , al cărui circuit anodic este acordat pe frecvența $4f_0$, deci se realizează încă o dublare de frecvență. În sfârșit, tensiunea de frecvență $4f_0$ se aplică tubului T_{2b} care efectuează o multiplicare de 4 ori; deci, la ieșirea acestui etaj se obține frecvența $16f_0$, frecvența necesară oscilatorului local. Tensiunea astfel obținută se aplică prin condensatorul C_{12} pe grila primului schimbător de frecvență T_{2a} .

Radiotelefonul CQF13-1 lucrează pe frecvențe fixe din banda 136—174 MHz.

Pentru a se menține fixă cea de-a doua frecvență intermediară (455 kHz) atunci când variază frecvența semnalului de recepție, este necesar ca frecvența oscilatorului cu cuarț și prima frecvență intermediară să ia valori diferite pentru fiecare frecvență de recepție.

Notînd cu f_s frecvența semnalului, cu f_0 — frecvența oscilațiilor oscilatorului cu cuarț și cu f_{i1} — prima frecvență intermediară, se pot scrie relațiile:

$$f_s = 16 f_0 + f_{i1};$$

$$f_{i1} = f_0 + 0,455,$$

de unde se deduce:

$$f_0 = \frac{f_s - 0,455}{17} \text{ MHz};$$

$$f_{i1} = \frac{f_s + 7,28}{17} \text{ MHz}.$$

Deci, variația primei frecvențe intermediare pentru modificarea frecvenței semnalului de la 136 MHz la 174 MHz este:

$$f_{i1} = \frac{\Delta f_s}{17} = \frac{38}{17} \approx 2,252 \text{ MHz}.$$

Metoda folosirii unui singur oscilator cu cuarț pentru ambele oscilatoare locale nu este generalizată în radiotelefonie. Majoritatea receptoarelor radiotelefoanelor au două oscilatoare locale, deci folosesc două cristale de cuarț. La aceste receptoare cele două frecvențe intermediare rămân constante pentru toate frecvențele din banda de recepție respectivă. Frecvența primului oscilator local se schimbă o dată cu frecvența de recepție, în timp ce frecvența celui de-al doilea schimbător de frecvență rămâne constantă. În acest fel funcționează receptorul a cărui schemă este prezentată în fig. II.39.

Prima schimbare de frecvență se face în etajul echipat cu tranzistorul T_3 . Pe emitorul acestui tranzistor se aplică semnalul captat de antenă, amplificat de tranzistoarele T_1 și T_2 ; pe baza aceluiași tranzistor (T_3) se aplică oscilația locală. Oscilația locală se obține de la un oscilator cu cuarț (T_{251}) urmat de un etaj separator (T_4) și de un etaj dublor de frecvență (T_5).

La ieșirea schimbătorului de frecvență T_3 se află un filtru de bandă acordat pe prima frecvență intermediară de 7 MHz. Acest filtru este compus din cinci circuite cuplate prin cuplaj capacitiv serie.

În continuare, semnalul de frecvență intermediară este transmis celui de-al doilea schimbător de frecvență realizat cu tranzistorul T_6 . Pe baza acestui tranzistor se aplică tensiunea primei frecvențe intermediare, iar pe emitor — tensiunea oscilatorului local (T_7).

La ieșirea celui de-al doilea schimbător de frecvență (T_6) se obține cea de-a doua frecvență intermediară, care se aplică în continuare filtrului și celui de-al doilea amplificator de frecvență intermediară.

Schimbătorul de frecvență, a cărui schemă a fost prezentată în fig. II.43, este realizată cu diodă semiconductoră.

Semnalul amplificat de tranzistorul T_{51} și oscilația locală se aplică pe dioda D_{52} .

Oscilația locală se obține de la un oscilator cu cuarț prin multiplicare de 2×3 ori. În figură este prezentat numai triplorul realizat cu tranzistorul T_{52} .

La ieșirea diodei se obține o tensiune a cărei frecvență este egală cu prima frecvență intermediară de 73,46... 76,3 MHz

și care, prin intermediul bobinei L_{55} și al grupului C_{59}, R_{57} , se aplică unui circuit acordat pe frecvența intermediară. Bobina L_{55} are scopul de a împiedica tensiunea produsă de oscilatorul local să pătrundă în circuitele de frecvență intermediară.

Cu ajutorul grupului C_{59}, R_{57} se stabilește punctul de funcționare al schimbătorului de frecvență.

După a doua schimbare de frecvență, semnalul cu frecvența egală cu cea de-a doua frecvență intermediară ($f_{i2} = 455$ sau 470 kHz) este aplicat unui amplificator *A.F.I.2*, care determină principalele calități ale receptorului radiotelefonului: sensibilitatea și selectivitatea.

Semnalul cu frecvența f_{i2} trebuie să fie amplificat până la valoarea care asigură buna funcționare a limitatorului de amplitudine și a demodulatorului. Dacă acest semnal nu este amplificat suficient, atunci limitatorul de amplitudine nu va suprima zgomotul (paraziții), deci sensibilitatea receptorului se va înrăutăți.

Partea receptorului cuprinsă între antenă și limitatorul de amplitudine asigură o amplificare de cel puțin 10^5 .

Etajul amplificator de înaltă frecvență și primul amplificator de frecvență intermediară realizează o amplificare mică de aproximativ $1-5 \cdot 10^2$. Amplificarea acestor etaje nu se alege mai mare pentru a nu suprasolicita etajele schimbătoare de frecvență în cazul în care se recepționează un semnal puternic.

Etajele de înaltă frecvență și de frecvență intermediară *I* amplifică și semnalele din canalele apropiate. Un astfel de semnal perturbator puternic (de la un emițător din apropiere) poate modifica punctul de funcționare al schimbătorului de frecvență în așa fel încât acesta blochează semnalele utile slabe. Se produce așa-numitul „efect de mascare”, care face ca receptorul să nu redea semnalele utile slabe. În același timp receptorul nu redă nici semnalul perturbator pentru că acesta este atenuat în etajele care lucrează la frecvența f_{i2} . Întrucât tensiunea de R.A.A. se obține de la un limitator de amplitudine și se aplică primului etaj de înaltă frecvență, semnalele perturbatoare din canalele apropiate, fiind atenuate de amplificatorul de frecvență intermediară *A.F.I.2*, nu produc o tensiune de control automat, deci amplificatorul de înaltă frecvență va lucra cu amplificarea maximă.

Pentru a elimina într-o oarecare măsură efectul de mascare, amplificarea etajelor de înaltă frecvență și de frecvență intermediară 1 se menține scăzută și cea mai mare parte din amplificarea receptorului trebuie s-o realizeze cel de-al doilea amplificator de frecvență intermediară.

De altfel, în etajele de înaltă frecvență și de frecvență intermediară 1 se obține greu o amplificare mare, întrucât aceste etaje lucrează la frecvențe înalte.

Etajele de frecvență intermediară 2 asigură în afară de amplificarea și selectivitatea receptorului pentru canalul adiacent (la 25 sau 50 kHz) și bineînțeles contribuie la atenuarea tuturor frecvențelor care nu intră în banda de trecere.

Pentru obținerea amplificării necesare, cel de-al doilea amplificator de frecvență intermediară se construiește cu 4–6 etaje, iar pentru realizarea atenuării canalului adiacent (minimum 80 dB), ca sarcină a fiecărui etaj de amplificare se folosește un filtru de bandă sau câteva circuite derivație cuplate între ele inductiv sau capacitiv.

În ultimul timp se pare că s-a generalizat metoda de a se obține întreaga selectivitate a canalului de f_{i2} într-un singur filtru construit separat de etajele de amplificare. Acest filtru se montează imediat după cel de-al doilea schimbător de frecvență. În acest caz sarcinile etajelor de amplificare sînt simple circuite acordate și amortizate sau chiar circuite cu cuplaj RC. Această metodă este avantajoasă pentru că simplifică construcția și reglajul etajelor care lucrează la frecvența f_{i2} .

Amplificatorul A.F.I.2 al receptorului radiotelefonului RT-2 (I.R.M.E.) este compus din patru etaje realizate cu tuburile EF80. Fiecare tub are ca sarcină cite un circuit acordat derivație, amortizat de o rezistență. Aceste etaje introduc o atenuare mică pentru canalul adiacent. Între ieșirea etajului schimbător de frecvență S.F.2 și grila primului tub din amplificatorul A.F.I.2. se găsește un filtru de bandă compus din 11 circuite derivație cuplate capacitiv între ele (fig. II. 45, a).

Fiecare celulă este ecranată și filtrul este blindat, pentru a se elimina influențele perturbatoare.

Pe curba de selectivitate (fig. II.45, b) se observă că acest filtru asigură o bandă de trecere de ± 12 kHz pentru o atenuare de 3 dB la capetele benzii și o bandă de ± 15

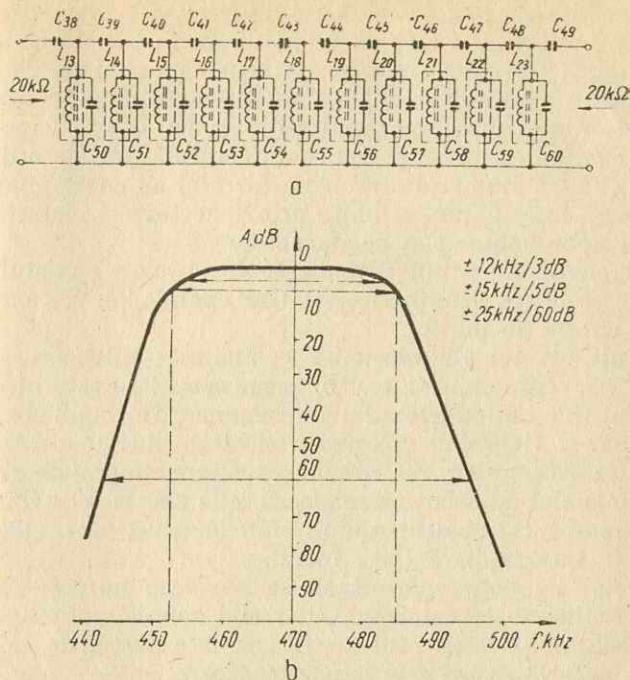


Fig. II.45. Filtrul de bandă acordat pe frecvența f_{i2} folosit în radioreceptorul radiotelefonului RT-2, I.R.M.E.: a – schema electrică; b – caracteristica de frecvență a filtrului.

kHz pentru o atenuare de 5 dB. Această bandă de trecere este suficientă pentru că acest radiotelefon lucrează cu deviația maximă de frecvență de ± 10 kHz.

Selectivitatea depășește 90 dB pentru un dezacord de ± 35 kHz față de frecvența centrală.

Cu timpul canalele de radiocomunicații devin din ce în ce mai înguste și sînt din ce în ce mai apropiate unul de altul. Inițial, canalele adiacente erau situate la distanțe mai mari de 100 kHz, apoi s-au apropiat la 50 kHz (60 kHz) și 25 kHz (30 kHz). În prezent unele firme au început să construiască radiotelefoane cu distanțele dintre canale de numai 12,5 kHz (15 kHz); de aceea este necesar ca etajele de frecvență intermediară să aibă selectivitate din ce în ce mai mare.

În acest scop se folosesc filtre de frecvență intermediară (450—470 kHz) cu cuarț care, avind un factor de calitate foarte bun ($10^5 - 10^6$), permit obținerea unor benzi de trecere înguste (câțiva kiloherți) și a unei atenuări mari ($> 50\text{dB}$) la dezacorduri mici. În cazul filtrelor cu cuarț, raportul dintre banda de trecere și frecvența centrală este de ordinul $(2 - 4) \cdot 10^{-3}$. Banda de trecere a filtrului cu cuarț poate fi modificată între anumite limite prin conectarea la lamela de cuarț a unor bobine sau condensatoare.

Filtrele de cuarț pot fi realizate cu un singur cristal, cu două cristale (în semipunte), cu trei cristale (în T) sau cu patru cristale (în punte).

În ultimii ani s-a reușit să se realizeze filtre cu cuarț pentru frecvențe mai înalte. Un asemenea filtru este utilizat în receptorul radiotelefonului de buzunar Stornophone 500 (CQP531 și CQP532), pentru frecvența intermediară de 10,7 MHz. Acest filtru realizează o atenuare minimă de 80 dB pentru canalul adiacent situat la 25 kHz sau la 50 kHz. De aceea, receptorul acestui radiotelefon lucrează cu o singură frecvență intermediară (10,7 MHz).

Filtrele cu cuarț permit să se realizeze aproape orice caracteristică de transmisiune, dar sînt relativ voluminoase și costisitoare. Coeficientul lor termic este destul de ridicat și rezistența la șocuri este nesatisfăcătoare.

Cele mai moderne filtre, foarte eficiente și de dimensiuni minime, sînt cele mecanice sau cu magnetostricțiune. Acestea sînt compuse, în principiu, dintr-un filtru mecanic prevăzut la ambele capete cu traductoare electromecanice de magnetostricțiune, care la un capăt transformă oscilațiile electrice în oscilații mecanice, iar la celălalt capăt — oscilațiile mecanice în oscilații electrice.

Elementul de bază — filtrul mecanic — este compus dintr-un lanț de rezonatoare mecanice, legate între ele prin cuplaje mecanice corespunzătoare. În fig. II.46 este arătată construcția filtrului mecanic EMF-D-500-3V, cu rezonatoare în formă de discuri, produs de industria sovietică.

Traductorul de la intrare este format din bobina I, un segment de conductor subțire 2, executat dintr-un aliaj de fier-nichel, cu bune proprietăți magnetostrictive și magnetul permanent 3, care asigură o polarizare magnetică inițială, necesară funcționării normale a traductorului. Con-

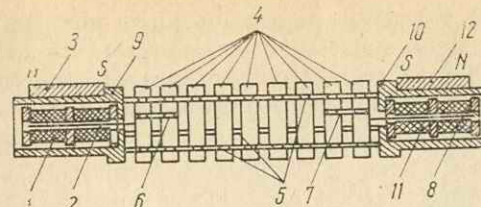


Fig. II.46. Filtrul mecanic EMF-D-500-3V :
1, 11 — bobină, 2, 8 — conductor magnetostrictiv;
3 — magnet permanent; 4 — rezonator; 5 — conduc-
tor de cuplaj; 6, 7 — conductoare de mărire a cu-
plajelor; 9, 10 — bucșă de fixare.

ductorul 2 este fixat în centrul primului disc al sistemului oscilant. Rezonatoarele 4, în formă de discuri, sînt unite între ele prin câteva conductoare de cuplaj 5, sudate la fiecare disc în două puncte de la periferia discului. Conductoarele suplimentare 6 și 7 servesc la mărirea cuplajului între ultimele și penultimele rezonatoare. În centrul ultimului rezonator este fixat conductorul 8 al traductorului magnetostrictiv de ieșire. Tot lanțul de rezonatoare, prin intermediul prelungirii conductoarelor de cuplaj 5, se sprijină pe bucșele de fixare 9 și 10, cu ajutorul cărora sistemul oscilant se montează în armătura filtrului. În ambele bucșe de fixare sînt practicate orificii de trecere pentru conductoarele 2 și 8. În interiorul bucșelor se află montate bobinele 1 și 11.

Pentru mărirea randamentului traductoarelor, circuitele de intrare și de ieșire sînt acordate pe frecvența filtrului cu ajutorul unor condensatoare exterioare.

Acest filtru lucrează în felul următor: oscilațiile electrice sînt aplicate bobinei 1. Cimpul magnetic alternativ al bobinei produce oscilații mecanice longitudinale în conductorul 2, care le transmite primului rezonator în formă de disc. Prin intermediul conductoarelor de cuplaj 5 aceste oscilații sînt transmise succesiv de la rezonator la rezonator. Ultimul disc excită oscilații longitudinale în conductorul 8 al traductorului de ieșire. Ca urmare a efectului magnetostrictiv invers, în bobina 11 apar oscilații electrice care se transmit la ieșirea filtrului.

În prezent se fabrică astfel de filtre care au frecvența de lucru de 470 kHz și lățimi de bandă cuprinse între 500 Hz și 15 kHz.

Curba de selectivitate a unui filtru mecanic folosit în receptoarele de radiotelefoane este prezentată în fig. II.47. În fig. II.48 este arătat felul în care se conectează filtrul mecanic într-un montaj cu tuburi și într-un montaj cu tranzistoare.

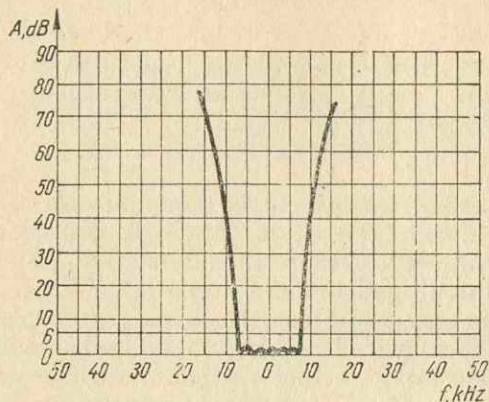


Fig. II.47. Curba de selectivitate a unui filtru mecanic.

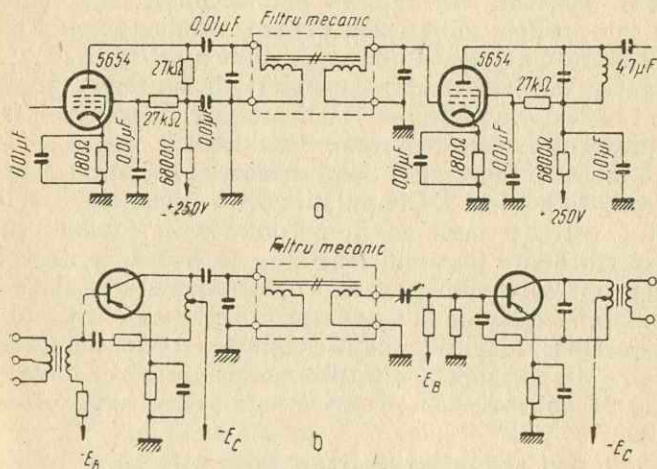


Fig. II.48. Conectarea filtrului mecanic :
a — într-un montaj cu tuburi; b — într-un montaj cu tranzistoare.

În ultimii ani s-au realizat filtre piezoelectrice. Un astfel de filtru este format din două șaibe ceramice circulare cu diametrul de 7 mm și grosimea de 0,6 mm, argintate pe ambele fețe și cuplate între ele printr-un strat metalic subțire. Electrozii exteriori (straturile de argint) constituie intrarea și ieșirea, iar stratul de cuplaj formează electrodul comun. Schema echivalentă a unui disc ceramic este asemănătoare cu a unui cristal de cuarț.

Este indicat ca filtrele piezoelectrice să fie folosite în circuite cu tranzistoare, deoarece pot lucra pe o rezistență de sarcină redusă ($R_s = 50 - 200 \Omega$) și pot fi alimentate de la generatoare cu rezistență internă mică (3–6 kΩ), fără a-și înrăutăți selectivitatea.

Aceste filtre sînt avantajoase deoarece au dimensiuni reduse și se pot realiza la un preț de cost scăzut. Pînă în prezent, însă, filtrele piezoelectrice nu au fost introduse în construcția radiotelefoanelor, întrucît parametrii lor variază în mod apreciabil cu temperatura.

c. Limitatorul de amplitudine. Demodularea semnalului modulat în frecvență se face în etajul discriminator de frecvență.

În celelalte etaje ale receptorului, pînă la discriminator, semnalul suferă și o modulație de amplitudine parazită. Aceasta apare în amplificatoarele de radiofrecvență și de frecvență intermediară din cauza neliniarității caracteristicilor de răspuns în amplitudine a circuitelor în banda de frecvențe ocupată de transmisiune. De asemenea, semnalul de radiofrecvență conține și de la emisie o modulație de amplitudine parazită provenită din etajul modulator de frecvență.

În general, discriminatorile de frecvență nu elimină modulația de amplitudine. De aceea, pentru a beneficia de avantajele modulației de frecvență, în ceea ce privește eliminarea perturbațiilor, este necesar ca semnalul care se aplică discriminatorului de frecvență să fie modulat numai în frecvență, deci să se înlăture modulația parazită de amplitudine. Această cerință este satisfăcută prin utilizarea unui limitator de amplitudine introdus înaintea discriminatorului de frecvență.

Un limitator menține constant nivelul semnalului de la ieșire pentru orice variație a nivelului semnalului de la in-

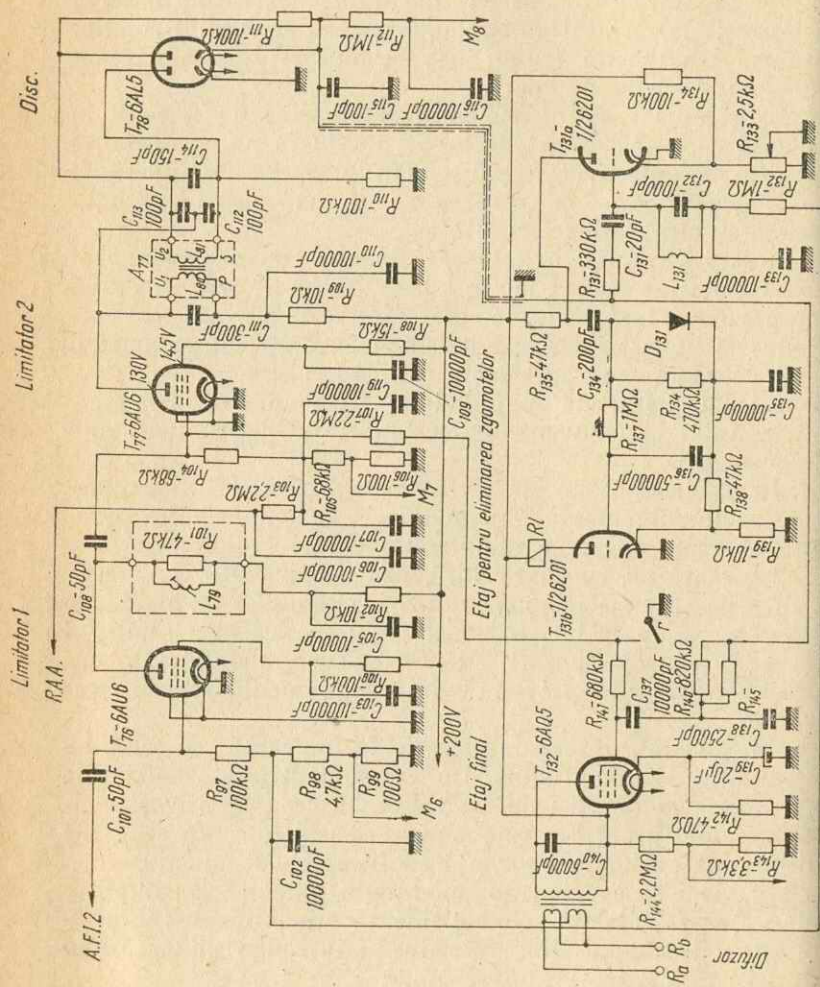


Fig. II.49. Limitatoare de amplitudine, discriminatorul și etajele de joasă frecvență din receptorul radiotelefonului RT-5, Brown Boveri.

trare, eliminând astfel, variațiile de amplitudine de la intrare. Un astfel de limitator trebuie să răspundă atât la variații lente cât și la variații rapide de amplitudine. În afară de acestea, limitatorul face ca nivelul puterii de la ieșirea receptorului să fie independent de mărimea tensiunii aplicate la intrarea lui.

În receptoarele de radiotelefoane construite cu tuburi electronice se utilizează, în majoritatea cazurilor, amplificatoare-limitatoare, a căror funcționare se bazează pe neliniaritatea caracteristicilor tuburilor.

Tuburile T_{76} și T_{77} din receptorul radiotelefonului RT-5, Brown-Boveri (fig.II. 49) realizează limitarea de amplitudine necesară.

Cu aceste două tuburi se obține atât o limitare de grilă cât și o limitare anodică.

În cele ce urmează se explică felul în care se realizează limitarea de grilă și apoi limitarea anodică.

Se observă că ambele tuburi au catodul legat la masă, deci, în lipsa semnalului, negativarea tubului este nulă.

Semnalul de frecvență intermediară, care se aplică pe grila tubului, este redresat și la bornele rezistențelor $R_{97} + R_{98} + R_{99}$, respectiv $R_{104} + R_{105} + R_{106}$, ia naștere o tensiune de negativare cu atât mai mare, cu cât amplitudinea semnalului este mai mare. Această tensiune deplasează punctul mediu de funcționare al tubului și astfel panta se modifică.

Grila găsimu-se inițial la potențialul catodului, negativarea automată începe să se producă chiar de la cele mai mici tensiuni, aplicate pe grilă. Acțiunea de limitare devine însă eficace numai atunci când tensiunea de negativare este suficient de mare pentru ca alternanțele negative ale tensiunii de grilă să treacă dincolo de punctul corespunzător tăierii curentului anodic. În acest caz, panta dinamică corespunzătoare fundamentalei depinde de unghiul de tăiere al curentului anodic. Cu cât amplitudinea este mai mare, cu atât punctul mediu de funcționare se deplasează mai spre stînga, unghiul de tăiere al curentului scade și panta dinamică se micșorează. În felul acesta se obține o tăiere a alternanțelor negative.

Curentul anodic are forma unor impulsuri. Circuitul anodic fiind acordat pe frecvența intermediară, care constituie

componenta fundamentală a impulsului, pe circuitul acordat se va obține numai o tensiune de frecvență intermediară, în timp ce armonicile vor fi filtrate.

În afară de limitarea de grilă, tuburile T_{76} și T_{77} realizează o limitare anodică.

Se știe că la pentode caracteristica dinamică de grilă prezintă un cot de saturație în regiunea superioară, începând cu negativări chiar mai mici decât zero. Saturația aceasta se accentuează pentru tensiuni anodice și de ecran mici și produce o limitare a alternanțelor pozitive ale semnalului de intrare.

Prin limitarea de grilă și limitarea anodică se obține în același timp limitarea curentului anodic pentru ambele alternanțe ale tensiunii de grilă.

Pentru a evita suprasolicitarea etajelor de înaltă frecvență, atunci când la intrarea receptorului se aplică un semnal mare, se folosește un reglaj automat al amplificării. Pentru aceasta tensiunea negativă de pe grila tubului T_{77} se aplică, prin divizorul de tensiune R_{104} , R_{105} și prin rezistențele R_{103} , R_{57} , R_{21} , pe grila primului tub al receptorului (v. și fig. II.44). Această tensiune, proporțională cu purtătoarea semnalului, micșorează amplificarea primului tub atunci când semnalul de intrare depășește $5 \mu V$.

În receptoarele cu tranzistoare, pentru limitarea amplitudinii se folosesc, de obicei, sisteme de limitare cu diode semiconductoare.

În receptorul radiotelefonului U45OL (Pye), etajul limitator este realizat cu tranzistorul T_{106} și diodele cu siliciu D_{101} și D_{102} (fig. II.50).

Aceste diode sînt montate în paralel cu bobina L_{101} care constituie circuitul de sarcină al etajului limitator. La semnale mici diodele, prezentînd rezistențe mari (v. cap. II, §1, f) nu acționează asupra circuitului L_{101} , dar, la semnale mari, rezistențele diodelor fiind mici circuitul de sarcină este amortizat.

Deoarece diodele D_{101} și D_{102} sînt montate în opoziție, ambele alternanțe ale tensiunii de frecvență intermediară de pe sarcina etajului (L_{101}) vor fi limitate. Cu cât semnalul va fi mai mare, cu atît rezistența prezentată de diode va fi mai mică; deci, amortizarea circuitului L_{101} va crește o dată cu mărirea tensiunii.

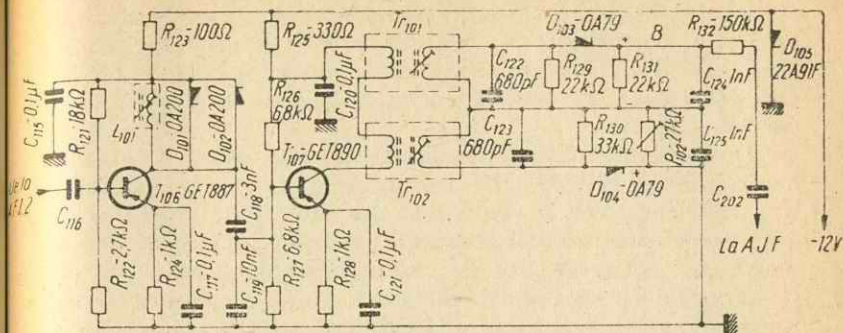


Fig. II.50. Limitatorul și discriminatorul din receptorul radiotelefonului U45OL, Pye.

La unele receptoare cu tranzistoare limitarea de amplitudine se efectuează în mai multe etaje ale celui de-al doilea amplificator de frecvență intermediară. Astfel, la receptorul radiotelefonului RR312/20W T.R.T. (v. fig. II.39) la ieșirea din filtrul de f_{12} semnalul este limitat de dioda D_9 și apoi este aplicat primului etaj de amplificare. În etajul T_9 se efectuează o altă limitare prin dioda D_7 . Etajele T_{11} și T_{12} lucrează în regim de saturație, deci și în aceste etaje se produce o limitare de amplitudine. Ultimul etaj al amplificatorului de frecvență intermediară T_{12} este prevăzut în circuitul de colector cu diodele D_1 și D_3 . Dioda D_1 limitează alternanțele negative prin șuntarea unei părți a sarcinii de colector (L_{21} și L_{22}), iar dioda D_3 limitează alternanțele pozitive prin șuntarea întregii sarcini de colector.

d. **Discriminatorul.** Se știe că procedeul general de detecție a semnalelor modulate în frecvență constă în transformarea lor în semnale modulate în amplitudine și apoi detecțarea acestor semnale.

Transformarea semnalelor modulate în frecvență în semnale modulate în amplitudine se face cu ajutorul unor montaje liniare — circuite acordate LC — iar detecția semnalului modulat în amplitudine se face cu diode cu vid sau cu diode semiconductoare. În cele ce urmează sînt descrise cîteva discriminatorare utilizate în radiotelefoane.

În fig. II.50 a fost prezentat discriminatorul diferențial al receptorului U450L (Pye). Frecvența centrală (f_{i2}) este 455 kHz. Circuitul Tr_{101} este acordat pe frecvența de 455 + 20 kHz, iar circuitul Tr_{102} este acordat pe frecvența de 455 - 20 kHz.

Dacă la intrarea discriminatorului se aplică o tensiune cu frecvența de 455 kHz, tensiunile care apar pe circuitele Tr_{101} și Tr_{102} vor fi egale, deci în circuitele diodelor D_{103} , D_{104} vor circula curenți redresați egali. În acest caz, la bornele rezistențelor R_{131} și P_{102} vor apărea două tensiuni continue egale și cu polaritățile din figură. Tensiunea dintre punctul de nul și punctul B fiind egală cu diferența acestor tensiuni, va fi nulă.

Ținând seamă de faptul că emițătorul respectiv lucrează cu o deviație de frecvență $\Delta f = 10$ kHz, rezultă că în timpul modulației, frecvența instantanee care se aplică la intrarea discriminatorului ia valori cuprinse între 455 - 10 kHz și 455 + 10 kHz.

În timpul modulației, cind frecvența variază de la 455 kHz la 455 + 10 kHz pe circuitul Tr_{101} , deci și pe dioda D_{103} , se aplică o tensiune mai mare decât pe circuitul Tr_{102} , respectiv pe dioda D_{104} , deoarece frecvența tensiunii aplicate este apropiată de frecvența de acord a circuitului Tr_{101} și depărtată de frecvența de acord a circuitului Tr_{102} (Tr_{101} lucrează aproape de rezonanță, iar Tr_{102} departe de rezonanță). În acest caz tensiunea pozitivă de pe rezistența R_{131} crește, iar tensiunea negativă de pe P_{102} scade, deci tensiunea la ieșirea discriminatorului (între punctul B și masă) este pozitivă.

Cind frecvența instantanee variază de la 455 - 10 kHz situația se inversează și tensiunea de ieșire este negativă. În felul acesta, la ieșirea discriminatorului se obține tensiunea de audiofrecvență de modulație. Alternanța pozitivă a tensiunii de audiofrecvență de la ieșirea discriminatorului corespunde variației frecvenței instantanee de la intrarea discriminatorului, de la 455 la 465 kHz și de la 465 la 455 kHz; alternanța negativă corespunde variației frecvenței instantanee de la 455 la 445 kHz și de la 445 la 455 kHz.

Se înțelege că frecvența tensiunii de audiofrecvență obținută la ieșirea discriminatorului este dată de numărul de

variații pe secundă în jurul frecvenței de 455 kHz, a frecvenței instantanee de la intrarea discriminatorului.

În fig. II.51 este prezentată curba de răspuns a discriminatorului diferențial din fig. II.50.

Punctul de „0” al discriminatorului este reglat cu ajutorul rezistenței ajustabile P_{102} .

Cel mai folosit discriminator în receptoarele radiotelefoanelor este discriminatorul de fază.

În fig. II.49 a fost prezentat discriminatorul de fază al receptorului RT-5 (Brown-Boveri). Acesta este realizat cu circuitul A_{77} și dubla diodă T_{78} . Ambele circuite P și S sint acordate pe frecvența intermediară de 455 kHz. Al doilea circuit este prevăzut cu o priză mediană prin care se aplică pe doide tensiunea primară U_1 ; pe o doidă se aplică tensiunea $U_1 + \frac{U_2}{2}$ iar pe cealaltă - tensiunea $U_1 - \frac{U_2}{2}$.

În timpul modulației, o dată cu variația frecvenței instantanee, se produce și variația amplitudinii și fazei acestor tensiuni, modulația de frecvență transformându-se în modulație de amplitudine.

Unda modulată în amplitudine este detectată de detectorul format din diode și grupul de detecție R_{110} , R_{111} , C_{115} (montaj de detecție paralel).

Tensiunea de joasă frecvență rezultată în urma detecției se ia de la bornele condensatorului C_{115} și se aplică amplificatorului de joasă frecvență.

Discriminatorul de fază prezentat în fig. II.39 este format din circuitele acordate L_{24} , C_{67} , C_{65} , C_{64} și diodele D_5 și D_6 . Semnalul de frecvență intermediară este aplicat discriminatorului prin circuitul acordat L_{22} , C_{62} , C_{63} . Cuplajul magnetic între cele două circuite acordate a fost înlocuit printr-un

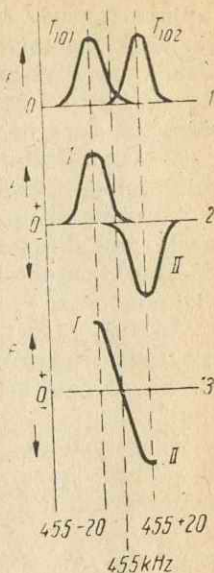


Fig. II.51. Curba de răspuns a discriminatorului diferențial (receptor U450L, Pye):

1 - curbele de răspuns ale circuitelor Tr_{101} și Tr_{102} , 2 - curba de răspuns a circuitului Tr_{102} ; 3 - partea comună a celor două curbe care servește la demodulare.

cuplaj capacitiv (C_{66}). Ca și la discriminatorul descris anterior legătura între circuitul primar și cel secundar se efectuează prin divizorul capacitiv format de C_{65} , C_{64} . La varianta cea mai cunoscută de discriminator de fază, această legătură se face prin punctul de mijloc al bobinei secundare.

e. Amplificatorul de joasă frecvență. După demodulare, semnalul de joasă frecvență este aplicat unui amplificator de tensiune și apoi unui amplificator de putere care are ca sarcină un difuzor.

Amplificatoarele de joasă frecvență din receptoarele radio-telefoanelor se realizează cu circuite obișnuite.

În fig. II.39 este prezentat amplificatorul de joasă frecvență dintr-un receptor tranzistorizat. Acesta este compus din etajele echipate cu tranzistoarele T_{15} , T_{21} , T_{22} , T_{23} și T_{24} .

Tensiunea de joasă frecvență la ieșirea discriminatorului se aplică prin intermediul condensatorului C_{70} și al potențiometrului R_{46} pe baza tranzistorului T_{15} din primul etaj preamplificator. Circuitul integrator R_{46} , C_{69} asociat circuitului R_{51} , C_{71} , provoacă o deaccentuare, care compensează accentuarea produsă de modulatorul de fază din emițător. Funcționarea primului etaj preamplificator T_{15} este condiționată de dispozitivul pentru eliminarea zgomotelor (squelch), care va fi descris în § f.

În continuare semnalul este amplificat în două etaje în contratimp, prevăzute cu o reacție negativă prin rezistențele R_{80} — R_{81} .

Primarul transformatorului de ieșire T_{r_3} are două înfășurări, care se pot lega în paralel sau în serie, în funcție de tensiunea bateriei (6V sau 12V) pentru ca să se asigure impedanța de sarcină optimă pentru tranzistoarele T_{23} și T_{24} . Înfășurarea secundară a transformatorului T_{r_3} se conectează la difuzor.

f. Dispozitiv pentru eliminarea zgomotelor din pauzele de convorbire (squelch). Când receptorul nu recepționează purtătoarea pe care este acordat, în difuzor se aude un zgomot puternic format din zgomotul de fond al receptorului și din zgomotele pe care le captează antena.

În cazul în care se recepționează semnalul pe care este acordat receptorul, zgomotele modulează în amplitudine

purtătoarea, dar ele sunt eliminate de către limitatoarele cu care este prevăzut fiecare receptor de radiotelefon.

Se observă, deci, că aceste zgomote nu perturbă convorbirea, dar ele produc un efect neplăcut asupra personalului de exploatare în pauzele de recepție.

Pentru a înlătura acest zgomot, toate receptoarele radio-telefoanelor construite în ultimii ani sunt prevăzute cu un dispozitiv (squelch) care blochează sau întrerupe automat funcționarea amplificatorului de joasă frecvență în pauzele dintre convorbiri.

În cele ce urmează se prezintă două astfel de dispozitive: unul construit cu tuburi electronice și altul cu tranzistoare.

Receptorul radiotelefonului RT-5 (Brown-Boveri) este prevăzut cu un dispozitiv pentru eliminarea zgomotelor, construit cu cele două triode ale tubului T_{131} (v. fig. II.49).

În pauzele dintre convorbiri acest dispozitiv blochează tubul final T_{132} prin aplicarea pe grila acestuia a unei tensiuni negative mari.

În momentul în care la intrarea receptorului nu se aplică semnalul respectiv, la ieșirea discriminatorului apare o tensiune de zgomot care se aplică la grila tubului T_{131a} .

Circuitul L_{131} , C_{132} este acordat pe frecvența de 17 kHz; deci, tensiunile care au frecvențele apropiate de 17 kHz acționează asupra tubului T_{131a} . Tensiunile acestea, amplificate de tubul T_{131a} , sînt redresate de dioda D_{131} și aplicate cu polaritate negativă pe grila tubului T_{131b} .

Se observă că în circuitul anodic al acestui tub se află releul Rl . Când tubul conduce, releul este acționat și contactul r este închis. Circuitul de grilă al etajului final (T_{132}) se închide la masă prin rezistența R_{141} și prin contactul r .

La apariția zgomotului, tubul T_{131b} , fiind puternic negativat, se blochează; deci, contactul r al releului Rl se desface (poziția din figură). În acest fel este posibil ca o tensiune negativă mare (40 V), luată de pe grila tubului limitator T_{77} , să se aplice pe grila etajului final și să-l blocheze. Această tensiune negativă ia naștere pe grila tubului T_{77} prin redresarea tensiunii de zgomot.

În momentul în care apare semnalul, tensiunea de zgomot dispare, fiind suprimată de limitatoarele de amplitudine; deci, tubul T_{131b} va conduce. Releul Rl este acționat și ten-

siunea de blocare de pe grila etajului final dispare, prin închiderea contactului r .

Semnăul util rezultat din demodularea undei purtătoare nu poate acționa dispozitivul de eliminare a zgomotului, intrucit, fiind cuprins în banda 300—3 000 Hz, este filtrat de circuitul L_{131}, C_{132} . În plus în timpul existenței purtătoarei, tensiunea negativă luată de la grila primului limitator prin divizorul de tensiune $R_{97}, R_{98} + R_{99}$ și, aplicată prin R_{132} și L_{131} pe grila tubului T_{131a} crește, deci, amplificarea tubului T_{131a} scade.

În fig. II. 39 este prezentat și dispozitivul de eliminare a zgomotului din receptorul radiotelefonului RR313/20N—T.R.T. Acesta este format dintr-un amplificator de zgomot (T_{17}) un redresor al tensiunii de zgomot (D_4), un amplificator de curent continuu (T_{18}), un circuit basculant monostabil (T_{19}, T_{20}).

Intrarea amplificatorului de zgomot — baza tranzistorului T_{17} este cuplată prin condensatorul C_{54} și prin bobina de șoc L_{28} la emitorul tranzistorului T_{12} . În lipsa semnalului tensiunea de zgomot generată de etajele de înaltă frecvență apare pe emitorul tranzistorului T_{12} . De aici, prin L_{28} și C_{54} , tensiunea de zgomot se aplică pe baza tranzistorului T_{17} care lucrează ca amplificator. Tensiunea amplificată, obținută pe colectorul acestui tranzistor, este redresată de dioda D_4 , astfel că pe baza tranzistorului T_{18} se aplică o tensiune pozitivă. Ca urmare, tranzistorul T_{18} este blocat. Curentul de colector al tranzistorului T_{18} fiind nul, tensiunea negativă care se aplică prin R_{65} pe baza tranzistorului T_{19} crește, ceea ce produce saturarea tranzistorului T_{19} . Datorită acestei saturări, curentul de colector este maxim, tensiunea negativă pe colector este minimă și tensiunea pozitivă pe emitor scade. Tensiunea negativă de colector, astfel redusă, se aplică prin R_{54} pe baza tranzistorului T_{15} , iar tensiunea pozitivă de pe emitor, de asemenea redusă, se aplică prin R_{57} pe emitorul tranzistorului T_{15} . Datorită acestor modificări ale tensiunilor de bază și de emitor, tranzistorul T_{15} se blochează, deci funcționarea amplificatorului de joasă frecvență se întrerupe.

Se observă că saturarea tranzistorului T_{19} afectează tranzistorul T_{20} , în același fel ca tranzistorul T_{15} . Deci, și tranzistorul T_{20} va fi blocat. Tensiunea pe colectorul acestui tranzistor va fi de—6V.

De pe colectoarele tranzistoarelor T_{19} și T_{20} se iau tensiuni care se folosesc pentru semnalizări și comenzi.

În prezența purtătoarei, tensiunea de zgomot dispare. Tensiunea de frecvență intermediară nu se aplică pe tranzistorul T_{17} , fiind filtrată de filtrul trece-jos format din elementele L_{28} și C_{75} . Rezul tă că pe amplificatorul de zgomot nu se aplică nici un semnal. În acest caz baza tranzistorului T_{18} este puternic negativată, deci, acest tranzistor este saturat; pe baza tranzistorului T_{19} se aplică o tensiune mică, deci T_{19} este blocat și T_{20} — saturat. Blocarea tranzistorului T_{19} face ca pe baza tranzistorului T_{15} să se aplice o tensiune negativă care deblochează acest tranzistor.

4. ALIMENTAREA

a. Alimentarea stațiilor fixe. Stațiile fixe sînt alimentate de la rețeaua de curent alternativ de 120 sau 220 V, prin intermediul unui redresor care furnizează tensiunile continue de alimentare ale tuturor etajelor emițătorului și receptorului, precum și tensiunile folosite de sistemul de comandă și semnalizare.

Redresoarele radiotelefoanelor sînt similare cu redresoarele obișnuite folosite în instalațiile de telecomunicații.

b. Alimentarea stațiilor portabile. Radiotelefoanele portabile construite în întregime cu tranzistoare sînt alimentate direct de la o baterie de acumuloare cu nichel-cadmium. Aceste baterii pot funcționa timp de 10—20 ore, fără a trebui să fie reîncărcate.

Reîncărcarea se poate face de mai mult de 500 ori, fără ca să aibă loc o scădere apreciabilă a capacității.

Curentul consumat de un radiotelefon este diferit în funcție de situația în care se află aparatul : emisie, recepție, sau așteptare.

Radiotelefonul de buzunar Stornophone, care utilizează bateria BU501 de 12,6 V și 225 mAh, consumă 130 mA pe

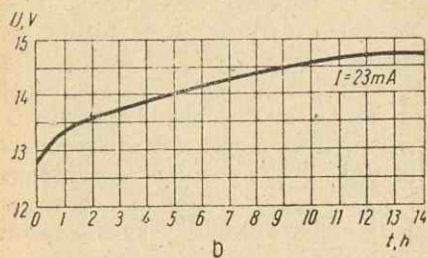
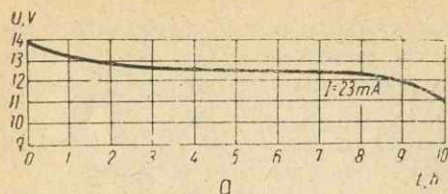


Fig. II.52. Diagramele acumulatorului Bu501 pentru radiotelefon:
a - diagrama de descărcare; b - diagrama de încărcare.

tă; cind bateria se descarcă complet, tensiunea scade brusc.

Dacă se consumă curenți mari, de exemplu, cind se emite, tensiunea bateriei scade puțin în timpul ultimelor ore ale perioadei de descărcare.

În fig. II.52 sînt prezentate diagramele de descărcare și încărcare ale bateriei Bu501.

Se observă că pentru un curent de 23 mA, curba de descărcare este o linie dreaptă. După 10 ore de funcționare tensiunea scade la 11 V. Dacă se continuă folosirea bateriei, tensiunea scade brusc și există pericolul ca bateria să se deterioreze. De aceea, bateriile a căror tensiune a ajuns la 11 V trebuie să fie reîncărcate.

Încărcarea acestei baterii (fig. II.52, b) se face în aproximativ 14 ore, cu ajutorul unor redresoare (încărcătoare) care trebuie să debiteze un curent de încărcare constant. Încărcătoarele încarcă în același timp mai multe baterii.

În cele ce urmează sînt date schemele a două încărcătoare de baterii.

Încărcătorul CU502 al radiotelefonului Sornophone (fig. II.53) conține 10 sertărașe în care se pot introduce 10 baterii pentru încărcare simultană.

poziția emisie, 16 mA pe poziția recepție și 8 mA pe poziția așteptare.

Dacă se consideră că, în timpul unei convorbiri, acest radiotelefon va lucra 10% pe emisie, 80% pe recepție și 10% pe așteptare, consumul mediu pentru fiecare oră de lucru va fi de 21 mA; deci, bateria va permite un timp de funcționare de aproximativ 10 ore.

În timpul recepției, tensiunea bateriei este aproape constantă

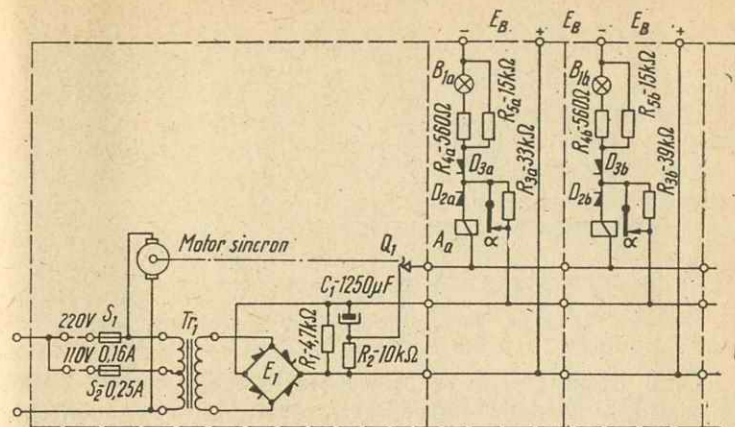


Fig. II.53. Încărcătorul de baterie CU502 al radiotelefonului Sornophone.

Bateria se conectează la bornele $+E_B$, $-E_B$. Circuitul de încărcare al unei baterii este: de la plusul punții de redresare E_1 , $+E_B - E_B$, B_{1a} , R_{4a} , D_{3a} , α la minusul punții de redresare E_1 .

Lampa B_{1a} are funcțiunea de stabilizatoare de curent.

Încărcătorul este prevăzut cu un dispozitiv care indică cît timp mai este necesar pentru ca bateria să fie complet încărcată; același dispozitiv scoate bateria din circuitul de încărcare cînd încărcarea s-a terminat (după 14 ore). Datorită acestui dispozitiv nu este necesar să se țină o evidență a timpului cît stă fiecare baterie la încărcare. Ținerea unei astfel de evidențe ar fi destul de incomodă, mai ales că în practică nu se pun la încărcat toate bateriile o dată.

Sistemul acesta de marcare lucrează în felul următor: fiecare sertăraș de încărcare este prevăzut cu un numărator A_a , care inițial se potrivește să indice 14 ore. Motorul sincron figurat este prevăzut cu un dispozitiv de multiplicare, care acționează o roată cu came. Această roată stabilește contactul Q_1 la fiecare o oră și jumătate, permițînd condensatorului electrolitic C_1 să se descarc prin contactul Q_1 , bobina număratorului A_a , dioda redresoare D_{2a} și contactul α al releului. Prin aceasta, indicația număratorului A_a scade cu o unitate.

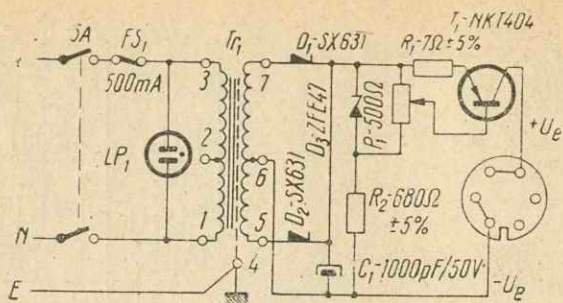


Fig. 11.54. Încărcătorul de baterie BC2, Pye.

Cînd după 14 ore se ajunge la indicația zero a numărătorului, se desface contactul α , întrerupîndu-se încărcarea bateriei.

Dioda D_{2a} are rolul de a împiedica trecerea curentului de încărcare prin bobina numărătorului A_a către celelalte sertărașe de încărcare, atunci cînd contactul α este deschis.

Dioda D_{3a} înlătură posibilitatea de descărcare a bateriei prin bobina releului numărător A_a și celelalte sertărașe de încărcare.

Contactele α ale releului numărător rămîn deschise pînă cînd numărătorul sertărașului este potrivit din nou pentru încărcare.

În fig. 11.54 este dată schema electrică a încărcătorului BC2 (Pye-Anglia) folosit pentru încărcarea bateriilor radiotelefonului portabil FM10-Pye de 10 W. Acest încărcător încarcă baterii de 12 V, 6Ah în 16 ore.

Bateria se conectează la contactele $+U_c$ și $-U_c$ ale soclului din dreapta figurii, iar rețeaua de curent alternativ la bornele L, N.

Cu ajutorul diodelor D_1 , D_2 se face o dublă redresare. Dioda Zener D_3 menține tensiunea constantă între baza și emitorul tranzistorului T_1 . Deci, variațiile tensiunii de alimentare vor provoca numai o variație a tensiunii dintre emitor și colector. La creșterea acestei tensiuni curentul de emitor, care trece prin rezistența R_1 , se va mări și prin aceasta tensiunea care se va aplica pe emitor va scădea. În felul acesta, tensiunea dintre emitor și colector, deci și curentul de colector, revine la valoarea nominală. La scăderea ten-

siunii de alimentare, tensiunea dintre emitor și colector se va menține constantă datorită micșorării căderii de tensiune pe rezistența R_1 .

În mod asemănător se produce și stabilizarea curentului la variațiile rezistenței interne a bateriei în timpul încărcării.

Alimentarea stațiilor mobile. Alimentarea posturilor mobile, se face, de obicei, de la bateria vehiculului care le transportă. Numai la posturi mari, unde capacitatea bateriei vehiculului nu este suficientă, se utilizează o baterie separată.

După cum s-a remarcat și mai înainte, posturile mobile care n-au fost tranzistorizate în întregime au nevoie și de tensiuni de alimentare mai mari decît tensiunea bateriei pentru a alimenta circuitele anodice. Pentru obținerea acestor tensiuni se folosesc unități de alimentare cu vibratoare, convertizoare rotative sau convertizoare cu tranzistoare.

Alimentatorul cu vibrator constă dintr-un transformator special, ridicător de tensiune, combinat cu un întreruptor vibrant — vibratorul. Această unitate este conectată la bateria de alimentare.

Vibratorul, prin contactele sale, permite conectarea sursei de alimentare cînd la o jumătate a înfășurării primare a transformatorului, cînd la cealaltă jumătate. În felul acesta, în primarul transformatorului iau naștere impulsuri de curent continuu care circulă într-o jumătate de înfășurare într-un sens și în cealaltă jumătate în sens contrar. Transformatorul fiind ridicător de tensiune, în secundar se induce o tensiune înaltă care poate să fie redresată prin metode obișnuite.

Convertizorul rotativ este un motor-generator construit într-o singură unitate. El este prevăzut cu două înfășurări: una servește motorului de acționare, în timp ce pe a doua înfășurare se obține tensiunea înaltă de ieșire din convertizor.

Convertizoarele rotative au un randament mai bun decît alimentatoarele cu vibratoare (40—50%) și permit obținerea unei puteri mai mari.

Soluția cea mai modernă de alimentare a radiotelefoanelor mobile constă în folosirea unui convertizor cu tranzistoare. Acesta are un randament mare, este simplu și economic din punct de vedere constructiv și prezintă durată și siguranță mare în funcționare.

Alimentatorul cu vibrator sau convertizorul rotativ al stațiilor aflate în exploatare pot fi înlocuite cu un convertizor cu tranzistoare.

În cele ce urmează se face o descriere mai amplă a sistemului de alimentare cu un convertizor cu tranzistoare.

Convertizoarele de tensiune cu tranzistoare sînt generatoare de oscilații dreptunghiulare. În asemenea generatoare, tranzistoarele lucrează în regim de comutație. Comutația are loc datorită saturației miezului transformatorului sau al bobinei ce face parte din schema convertizorului.

Funcționarea tranzistoarelor în regim de comutație permite să se obțină un randament de 70—90% în timp ce randamentul generatoarelor sinusoidale cu tranzistoare care, de asemenea, pot fi folosite în convertizoare, este de 40—50%. În afară de aceasta, la funcționarea în regim de comutație dispersia parametrilor tranzistoarelor influențează mult mai puțin asupra funcționării montajului. Convertizoarele radiotelefoanelor sînt convertizoare cu autoexcitație în contratimp.

În fig. II.55 sînt prezentate schemele de principiu ale unor convertizoare cu tranzistoare.

Transformatorul folosit în astfel de convertizoare poate fi construit cu tole de ferosiliciu, permalloy sau cu ferită. Folosirea miezului de permalloy sau ferită permite obținerea unui randament mai mare.

Frecvența de lucru a convertizoarelor care folosesc transformatoare cu tole de ferosiliciu este de cîteva sute de herți,

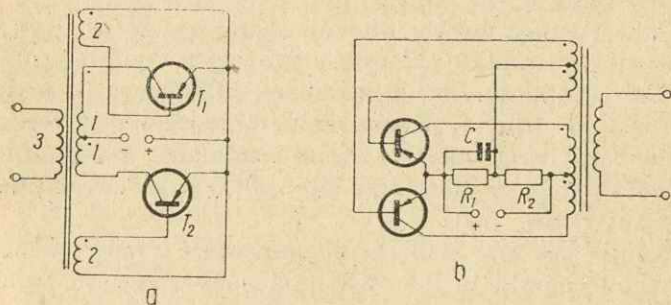


Fig. II.55. Schema de principiu a unui convertizor cu tranzistoare:
 a — convertizor cu autoexcitație în contratimp; b — convertizor prevăzut cu circuit de polarizare.

în timp ce a celor care lucrează cu transformatoare cu miezuri de permalloy sau ferită este de cîteva kiloherți.

Înfășurările transformatorului se conectează astfel, încît la capetele marcate prin puncte să fie induse tensiuni cu aceeași polaritate.

În cele ce urmează este descrisă funcționarea schemei din fig. II.55, a.

Se presupune că datorită asimetriei inevitabile a schemei, tranzistorul T_1 s-a deblocat. În acest caz, curentul din înfășurarea primară și fluxul în miez crește după o lege liniară, inducîndu-se tensiuni și în celelalte înfășurări.

Punctele de pe schemă corespund semnelui „+”. Astfel, baza tranzistorului T_1 se află la o tensiune negativă în raport cu emitorul; de aceea, tranzistorul T_1 se menține deblocat. În acest timp, datorită tensiunii electromotoare induse în jumătatea inferioară a înfășurării 2, pe baza tranzistorului T_2 se aplică o tensiune pozitivă în raport cu tensiunea emitorului respectiv; de aceea, tranzistorul T_2 se menține blocat.

Tranzistorul T_1 rămîne în stare de conducție pînă cînd miezul ajunge la saturație. Saturația miezului duce la o creștere rapidă a curentului de colector I_C pînă la valoarea

$$I_C = \beta I_B,$$

unde: I_B este curentul continuu de bază care circulă prin jumătatea superioară a înfășurării 2;

β — factorul de amplificare în curent al tranzistorului în schema cu emitor comun.

Apoi, viteza de variație a curentului în înfășurarea de colector scăzînd pînă la zero, scad pînă la zero și tensiunile electromotoare induse în înfășurările transformatorului. Reducerea tensiunii aplicate la baza tranzistorului deblocat T_1 micșorează curentul bazei și prin aceasta și curentul de colector.

Scăderea curentului I_C reduce fluxul magnetic în miez și prin aceasta se modifică semnul tensiunilor electromotoare induse în înfășurările transformatorului. Pe baza tranzistorului T_2 se aplică de data aceasta o tensiune negativă; deci, acest tranzistor se deblochează, în timp ce pe baza tranzistorului T_1 , aplicîndu-se o tensiune pozitivă, acest tranzistor se blochează.

Atita timp cît conduce T_1 , curentul de colector I_{C1} circulă printr-o jumătate a înfășurării într-un sens; cît timp conduce tranzistorul T_2 , curentul respectiv I_{C2} circulă în sens opus prin cealaltă jumătate a înfășurării.

Dacă curenții de saturație ai tranzistoarelor T_1 și T_2 sînt egali și dacă jumătățile înfășurărilor 1 și 2 sînt identice, convertizorul generează o tensiune de formă dreptunghiulară cu semiperioade egale ale oscilațiilor.

Frecvența oscilațiilor generate de convertizor este determinată de timpul necesar pentru variația fluxului magnetic de la $-\Phi_s$ pînă la $+\Phi_s$ și depinde de parametrii miezului și de mărimea tensiunii de intrare. Expresia acestei frecvențe este :

$$f = \frac{E}{4\Phi_s N},$$

unde E este tensiunea sursei de alimentare :

N — numărul de spire al unei jumătăți a înfășurării de colector;

Φ_s — fluxul magnetic.

La conectarea bruscă a convertizorului la tensiunea de alimentare apar curenți în ambele tranzistoare. Din cauza micilor diferențe dintre caracteristicile celor două tranzistoare sau din cauza fluctuațiilor nesimetrice ale curenților (zgomote), diferența de stare dintre tranzistoare se accentuează pînă la intrarea în saturație a unuia dintre ele, respectiv blocarea celuilalt.

În cazul în care tensiunile induse în circuitele de bază ale tranzistoarelor sînt foarte mici, curenții prin tranzistoare rezultă, de asemenea, mici și implicit și parametrul β este mic, astfel încît procesul regenerativ nu poate lua naștere. De aceea, schemele folosite în practică conțin circuite speciale de polarizare a bazei tranzistoarelor. Polarizarea este astfel aleasă, încît la o tensiune de alimentare normală, curenții de colector (în absența tensiunii de reacție în înfășurările bazelor) să fie suficient de mari pentru ca valoarea parametrului β să permită realizarea unui factor de reacție supraunitar în bucla de reacție a unui tranzistor.

În fig. II. 55, *b* este prezentată o schemă de convertizor prevăzut cu un circuit de polarizare.

La conectarea sursei de alimentare, pe rezistența R_1 apare o tensiune de ordinul fracțiunilor de volt care, prin intermediul înfășurărilor transformatorului, se aplică pe bazele tranzistoarelor, polarizindu-le negativ în raport cu emitoarele.

Datorită asimetriei inevitabile a montajului, unul din tranzistoare se deblochează înaintea celuilalt și tensiunile electromotoare ce iau naștere în înfășurările transformatorului deblochează integral acest tranzistor. Cel de-al doilea tranzistor se menține blocat, intrucît pe baza lui apare o tensiune pozitivă în raport cu emitorul.

La funcționarea normală a convertizorului, prin rezistența R_1 trece curentul bazei tranzistorului deblocat. Sensul acestui curent este opus sensului curentului ce trece prin divizorul $R_1 R_2$, deci, acest curent provoacă o cădere de tensiune pe R_1 cu plusul spre bază, care tinde să blocheze tranzistorul. Transformatorul se calculează astfel, încît tensiunile electromotoare din înfășurările legate la bazele tranzistoarelor să depășească această tensiune de blocare cu o valoare suficientă pentru crearea curentului necesar al bazei tranzistorului deblocat.

Condensatorul C aplatizează virfurile de tensiune ce apar în timpul comutării, mai ales la mersul în gol.

Schema cu divizor prezentată asigură pornirea convertizorului atît în sarcină cît și la mersul în gol.

Puterea maximă a convertizorului este determinată de valorile maxime admisibile ale curentului de colector și de puterea de disipație a tranzistorului dat.

Tensiunea maximă a sursei de alimentare, care poate fi aplicată la intrarea convertizorului, este determinată de tensiunea maximă admisibilă pe tranzistor. Tensiunea admisibilă pe tranzistorul blocat trebuie să fie de cel puțin două ori mai mare decît tensiunea sursei de curent continuu utilizată pentru alimentare.

Pentru a mări puterea convertizoarelor se folosește montarea tranzistoarelor în paralel, iar în cazurile în care tensiunea maximă admisibilă pe tranzistor este mai mică decît dublul tensiunii sursei de alimentare, se pot monta mai multe tranzistoare în serie.

Schema unui convertizor cu tranzistoare folosit de radio-telefonul mobil RR312/20N — (T.R.T.—Franța) este prezentată în fig. II.56.

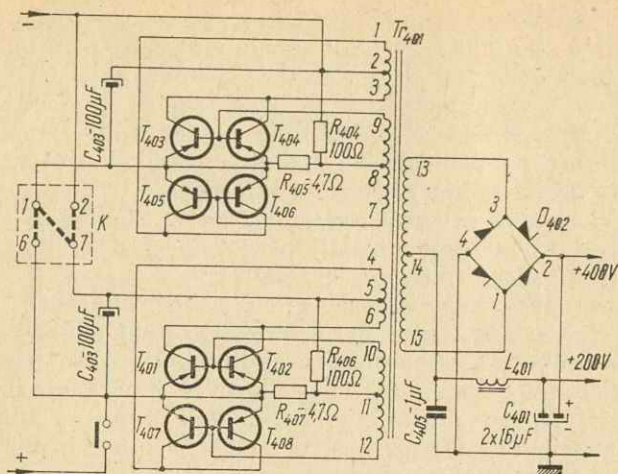


Fig. II. 56. Convertizorul radiotelefonului RR312/20 N.T.R.T. (Franța).

Circuitul de intrare (oscilatorul autoblocat) este format din două subansambluri identice care se conectează în paralel sau în serie cu ajutorul comutatorului K , după cum alimentarea se face de la o baterie de 6 B sau 12 V.

În cele ce urmează este descrisă funcționarea ansamblului din partea de sus a figurii (alegerea este arbitrară). Acesta utilizează înfășurările simetrice $1-3$ și $7-9$ ale transformatorului Tr_{401} și două perechi de tranzistoare montate în paralel T_{403} , T_{404} și T_{405} , T_{406} .

Colectoarele fiecărei perechi de tranzistoare sînt conectate la extremitățile înfășurării $1-3$, în timp ce bazele sînt conectate la extremitățile înfășurării de reacție $7-9$. Prin mijlocul acestei înfășurări (8) se face polarizarea bazelor de la divizorul de tensiune R_{405} , R_{404} , conectat între -6 V și $+6$ V. Tensiunea de alimentare de 6 V este aplicată între emitor și priza mediană 2 a înfășurării de colector.

La pornirea convertizorului tensiunea aplicată între emitor și priza mediană (2) a înfășurării de colector ($1-3$) dă naștere unui curent care parcurge înfășurările $2-1$ și $2-3$ în sens invers, producînd două fluxuri magnetice cu sensuri opuse Φ_{2-1} și Φ_{2-3} .

Diferența dintre fluxurile Φ_{2-1} și Φ_{2-3} nu este egală cu zero din cauza asimetriei inerente tuturor circuitelor, oricît de mică ar fi aceasta. De aceea, în înfășurarea de reacție $7-9$ se induce o tensiune care, aplicată bazelor, accentuează asimetria.

Curentul de colector din ramura defavorizată se micșorează și se anulează repede, prin blocarea tranzistorului, în timp ce curentul de colector prin cealaltă ramură crește pînă la saturație. Din acest moment tensiunea indusă în înfășurarea de reacție se anulează. Curentul colectorului care are valoarea maximă scade și această scădere face ca la bornele bobinelor să apară tensiuni cu sens invers față de cele anterioare. Tranzistoarele care au condus pînă acum se blochează, în timp ce tranzistoarele care erau blocate încep să conducă. În felul acesta începe un nou ciclu.

Tensiunea alternativă de formă dreptunghiulară din secundarul transformatorului este redresată de puntea în care se folosesc diodele D_{402} .

În felul acesta se obține tensiunea de 400 V cu care se alimentează circuitul anodic al tubului final și tensiunea de 200 V cu care se alimentează toate celelalte tuburi.

5. ANTENE

Antena este un subansamblu foarte important al radiotelefonului, pentru că distanța de comunicație depinde — în cea mai mare măsură — de eficacitatea antenei și de poziția pe care aceasta o ocupă în spațiu. Dacă antena nu este corect dimensionată și adaptată, performanțele radiotelefonului nu mai sînt valorificate.

De aceea, radiotelefoanele lucrează cu antene acordate și adaptate la impedanțele cablului de legătură cu emițătorul (receptorul).

Antenele stațiilor (posturilor) portabile, mobile și fixe sînt diferite între ele, întrucît nici condițiile de instalare nu sînt identice. Stațiile portabile și cele mobile nu pot avea decît antene simple, de dimensiuni cît mai mici, ca să permită o folosire comodă a stației respective, în timp ce stația fixă poate dispune de o antenă mai complicată care să-i asigure o eficacitate cît mai bună.

Antena postului portabil se fixează pe cutia aparatului, antena postului mobil — pe acoperișul vehiculului în care este instalat postul, iar antena postului fix — pe acoperișul unei clădiri sau pe un pilon înalt.

Spre deosebire de radiodifuziunea cu modulație de frecvență pe U.U.S. și de televiziune, unde se folosește polarizarea orizontală, în radiotelefonie mobilă pe U.U.S. s-a generalizat folosirea polarizării verticale. Aceasta se datorește faptului că antenele verticale ale stațiilor portabile se pot monta ușor pe cutia aparatului, iar antenele verticale ale posturilor mobile se pot monta fără dificultăți pe capota unei mașini, pe o motocicletă etc. De asemenea, posturile fixe care comunică cu posturi mobile sau portabile sînt prevăzute cu antene verticale, pentru a lucra cu aceeași polarizare. Totuși, în cazurile legăturilor dintre două posturi fixe se întrebuițează și antene cu polarizare orizontală, pentru că acestea sînt mai ușor de realizat din punct de vedere constructiv și undele polarizate orizontal sînt mai puțin absorbite de obstacole, în special de păduri.

Sistemul de antenă este compus din antena propriu-zisă, dispozitivul de fixare sau suportul și linia de transmisiune, care face legătura între emițător-receptor și antenă.

Ca linie de transmisiune, în radiotelefonie se folosește numai cablul coaxial.

a. Antena postului mobil. Postul mobil folosește o antenă omnidirecțională formată dintr-o verge verticală de lungime $\lambda/4$, care se montează pe capota mașinii în care este instalat postul. Se știe că o astfel de antenă, cînd este folosită la postul de radiodifuziune pentru lungimi de undă mari (unde lungi și medii), este alimentată cu o tensiune aplicată între baza ei și priza de pămînt.

În cazul antenelor posturilor mobile, ce lucrează în gama U.U.S., rolul pămîntului îl îndeplinește contragreutatea formată de caroseria mașinii. Capătul dinspre antenă al cablului coaxial de alimentare se leagă în felul următor: conductorul central la baza antenei, iar tresa metalică, la caroseria mașinii, cît mai aproape de baza antenei. Se înțelege că antena (vergea metalică) este izolată de caroseria mașinii.

După cum se știe, o antenă în $\lambda/4$ prezintă o impedanță de aproximativ 36Ω . Pentru a nu complica instalația ante-

nei, se preferă conectarea cablului coaxial direct la antenă, fără nici un dispozitiv de adaptare. În cazul acesta se folosește cablul coaxial cu impedanța de 50Ω , căruia îi corespunde un factor de undă staționară de 1,2, ceea ce este acceptabil.

Cînd se folosește un cablu coaxial cu impedanța de 75Ω se poate face o adaptare, fie printr-un trunchi de linie deschis, construit din același cablu coaxial, fie printr-un circuit de adaptare cu constante concentrate.

Dacă se lucrează la frecvențe mai mici decît 50 MHz, lungimea antenei în $\lambda/4$, este destul de mare și incomodează uneori deplasarea mașinii. În acest caz se poate folosi o antenă mai scurtă decît $\lambda/4$. O astfel de antenă prezintă o reactanță capacitivă care trebuie compensată. Compensarea se face, fie cu o bobină care se inseriază la baza antenei sau în orice alt punct al antenei, fie cu un trunchi de linie legat în paralel cu intrarea, realizîndu-se în același timp și adaptarea rezistenței de radiație la impedanța caracteristică a liniei coaxiale.

Se precizează, însă, că prin scurtare eficacitatea antenei scade.

b. Antena postului fix. Posturile fixe au nevoie de antene care să permită obținerea unor legături cu posturile mobile aflate în oricare poziție.

Folosirea unei antene directive la postul fix necesită un sistem de rotire, montat la baza antenei și acționat de la distanță (camera de comandă), și un sistem de telesemnalizare a poziției antenei. Construirea unei astfel de antene directive rotative este complicată, de aceea se preferă utilizarea antenelor omnidirecționale. Totuși, în cazurile în care postul mobil se deplasează numai într-o direcție, sau în cazurile în care stațiile lucrează în lanț, de-a lungul unui traseu, se recomandă folosirea antenelor directive. Acestea radiază cea mai mare parte a puterii furnizată de emițător în direcția principală de radiație, asigurînd la recepție o intensitate de cîmp sporită.

Antene omnidirecționale. Cele mai utilizate antene omnidirecționale pentru postul fix sînt antenele cu contragreutăți și antenele cu manșon de protecție.

Antena cu contragreutăți se folosește în general la frecvențe din benzile inferioare de U.U.S. (sub 100 MHz), iar

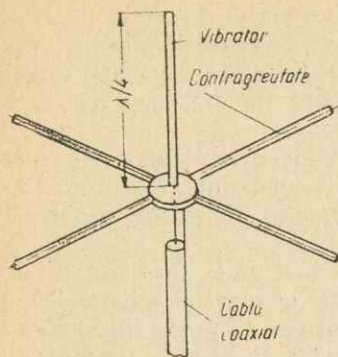


Fig. II.57. Antenă cu contragreutăți.

înălțimea la care este montată antena, cu condiția ca degajarea ei să fie suficient de bună.

Antena cu contragreutăți prezentată în fig. II.57 are unele dezavantaje: impedanța de intrare (36Ω) este diferită de impedanța cablurilor coaxiale curente, antena nu este protejată împotriva descărcărilor atmosferice. Pentru a înălțura aceste dezavantaje, antenei i se adaugă un dispozitiv de adaptare, format dintr-o linie cu lungimea mai mică decât $\lambda/4$, scurtcircuitată la un capăt (fig. II.58, a). Radiatorul se construiește ceva mai mic decât $\lambda/4$, deci va prezenta o reactanță capacitivă care va fi compensată de linie. Prin deplasarea barei de scurtcircuitare a liniei se face adaptarea între impedanța antenei și cea a cablului coaxial.

Constructiv această antenă se realizează ca în fig. II.58, b. Partea de sub contragreutate, pînă la discul metalic, constituie linia de adaptare. Tija metalică a vibratorului trece prin izolator și prin interiorul țevii A (partea punctată) și se fixează în dreptul găurilor de reglaj, făcînd contact în aceste puncte cu țeava A. Fixarea se face prin șuruburi, cu ajutorul unui disc metalic. Se observă că linia de adaptare este formată din prelungirea vibratorului sub contragreutăți și din țeava A. Între contragreutăți și țeava A există o legătură galvanică. Reglajul antenei se face prin deplasarea în dreptul găurilor de reglaj a punții de scurtcircuitare formată din discul metalic.

antena cu manșon de protecție în benzile superioare (peste 100 MHz).

Antena cu contragreutăți (fig. II.57) este formată dintr-o vergea radiantă (vibrator) și din patru verzele radiale care formează contragreutatea antenei. Toate cele cinci verzele au lungimea $\lambda/4$.

Caracteristica de radiație și rezistența de radiație a acestei antene sînt independente de conductivitatea solului și, într-o oarecare măsură, și de

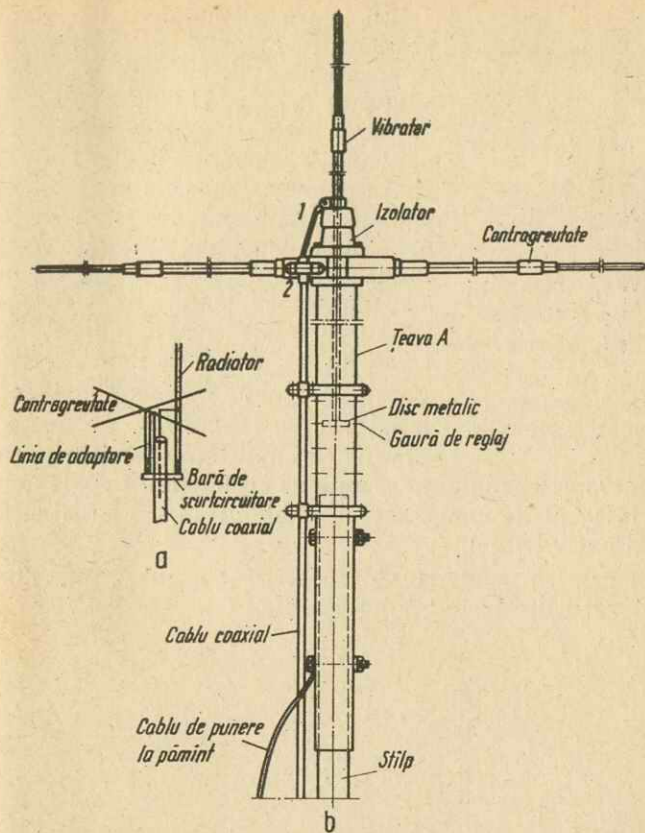


Fig. II.58. Antenă cu contragreutăți prevăzută cu dispozitiv de adaptare:

a — schema antenei; b — realizare constructivă.

Conductorul interior al cablului coaxial se conectează la baza vibratorului (punctul 1), iar tresa metalică — la contragreutăți (punctul 2).

Antena face contact cu stîlpul de susținere, care se leagă la priza de pământ, deci este protejată împotriva trăsnetelor.

În felul arătat mai înainte este construită antena postului fix al radiotelefonului polonez FM302.

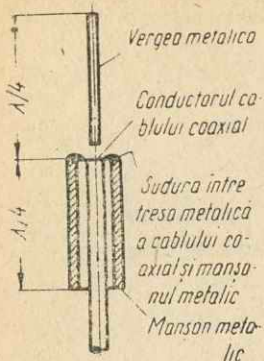


Fig. II.59. Antenă cu manșon de protecție.

În afara sistemului de adaptare prezentat, antenele cu contragreutăți se construiesc și cu alte sisteme de adaptare (v. fig. II.60). Antena cu manșon de protecție este prezentată schematic în fig. II.59. Lungimea manșonului este egală cu $\lambda/4$. Împreună cu tresa metalică a cablului coaxial, suprafața manșonului formează o linie cu lungimea $\lambda/4$ scurtcircuitată, care are o rezistență infinit de mare pentru curentul care trece de pe partea radiantă spre învelișul cablului. Vergea metalică cu lungimea egală cu $\lambda/4$ formează împreună cu suprafața exterioară a manșonului partea radiantă a antenei cu lungimea egală cu $\lambda/2$, care la locul de conectare a cablului are o rezistență de aproximativ 75 Ω .

În cele ce urmează sint descrise succint cîteva antene directive utilizate în radiotelefonie.

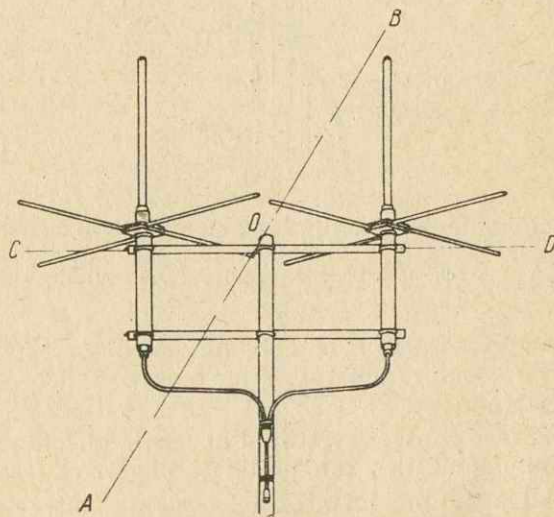


Fig. II.60. Antenă cu două elemente active.

Antene directive cu elemente active. Cu o pereche de antene cu contragreutăți (fig. II.60), montate la distanța de $\lambda/2$ și alimentate în fază, se obține o caracteristică de radiație bidirecțională în planul orizontal, în formă de 8 (fig. II.61).

Obținerea acestei forme de caracteristici se explică în felul următor: în direcțiile OA și OB undele emise de ambele antene parcurg aceeași distanță; de aceea, ele coincid ca fază și se însumează. În direcțiile OC și OD , unda radiată de una din antene parcurge un drum suplimentar egal cu $\lambda/2$ și din această cauză este decalată în urmă cu 180° . Deci, în aceste direcții undele se anulează reciproc. În direcțiile intermediare există un anumit decalaj mediu variabil de la 0 la 180° , între undele radiate de ambii dipoli, iar

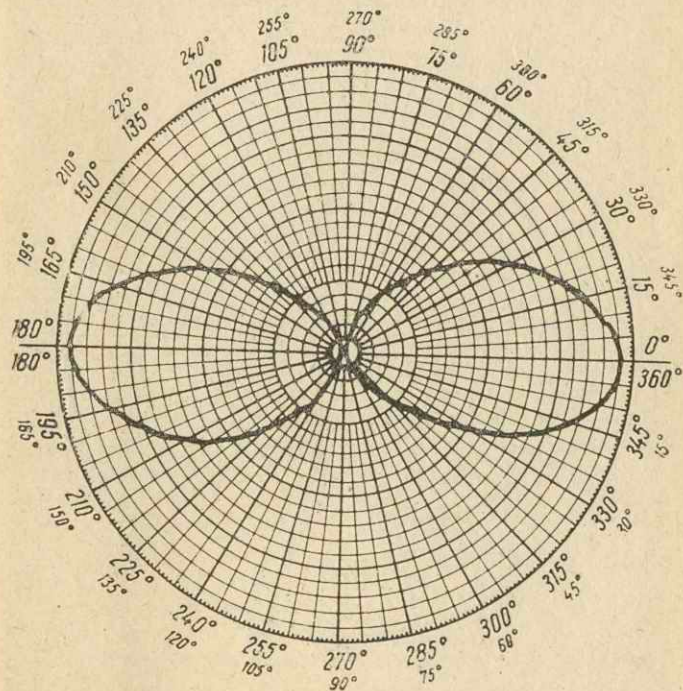


Fig. II.61. Caracteristica de radiație bidirecțională.

cîmpul rezultat are o intensitate mai mică decît dublul intensității cîmpului creat de o singură antenă.

Dacă distanța dintre antene este $\lambda/4$ și dacă tensiunile de alimentare sînt defazate cu 90° , se obține o caracteristică de radiație în planul orizontal în formă de cardioidă (fig. II.62).

În direcția OC , unda radiată de una din antene parcurge în plus o distanță egală cu $\lambda/4$; deci rămîne în urmă cu 90° . Această undă însă este emisă de antena al cărei curent are un avans de 90° față de curentul celeilalte antene; deci în direcția OC undele se propagă în concordanță de fază, adunîndu-se, iar în direcția OD , cele două unde fiind decalate cu 180° , cîmpul rezultat se anulează.

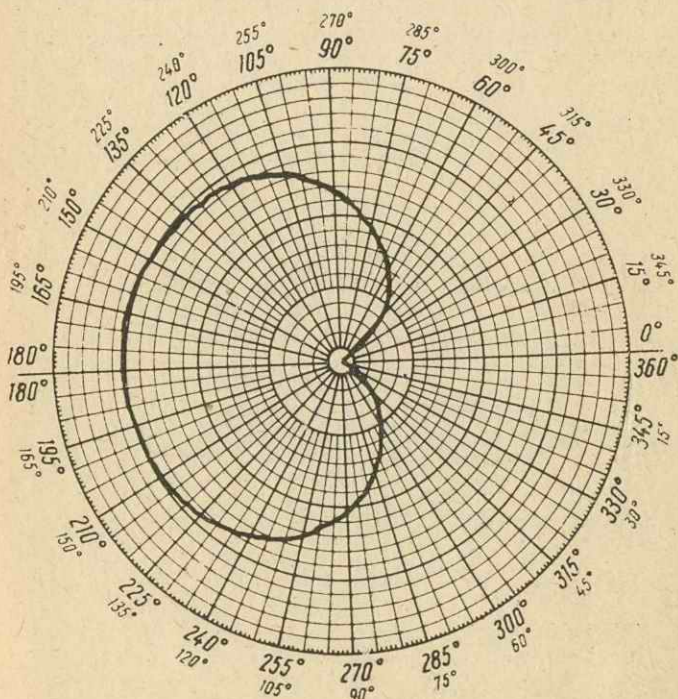


Fig. II.62. Caracteristica de radiație cardioidă.

Antena pereche cu diagrama de radiație bidirecțională este folosită la posturile fixe care funcționează în lanț de-a lungul unor trasee, iar antena cu diagrama de radiație de forma unei cardioide este recomandabilă posturilor fixe situate la marginea zonei de lucru.

Antene directive cu elemente pasive. Dacă la antena cu contragreutate se adaugă o tijă cu lungimea $\lambda/4$, paralelă cu radiatorul și situată față de acesta la o distanță mai mică de $\lambda/4$, se obține o caracteristică de radiație în planul orizontal de forma unei cardioide. Cu acest reflector pasiv nu se obțin rezultate la fel de bune ca în cazul sistemului format din două antene active, descris mai înainte. Prin potrivirea experimentală a lungimii reflectorului și a distanței dintre el și antenă se poate obține o radiație minimă în sensul reflectorului și o radiație maximă în sensul antenei.

O antenă care poate fi folosită de posturile mobile atunci cînd lucrează în cîmpie este prezentată în fig. II.63.

Se observă că această antenă este formată dintr-un vibrator cu o lungime egală cu 6λ și o contragreutate cu lungimea $\lambda/4$. Capătul dinspre contragreutate al antenei este ridicat deasupra pămîntului la înălțimea de 5 m, cu ajutorul unui pilon. Capătul de jos al antenei este fixat cu ajutorul unui țărșuș la distanța de 0,5 m deasupra pămîntului. Antena este îndreptată cu capătul de jos spre stația centrală și orientarea ei se face în mod experimental pentru a se obține poziția optimă. Această antenă mărește distanța de comunicație de 2—3 ori în comparație cu antena în $\lambda/4$ a mașinii și este folosită în U.R.S.S. de către posturile mobile ale rețelelor electrice raionale, atunci cînd se deplasează în cîmpie.

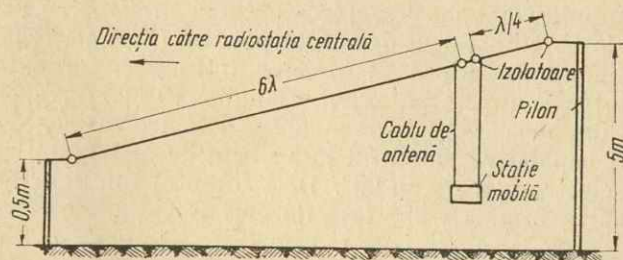


Fig. II.63. Antenă cu rază înclinată.

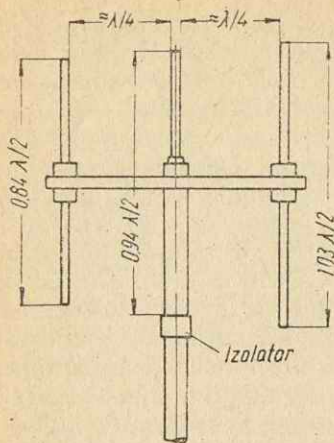


Fig. II.64. Antenă directivă verticală cu două elemente pasive.

În fig. II.64 este prezentată o antenă verticală directivă cu două elemente pasive. Partea centrală reprezintă elementul activ al antenei (vibratorul) și are o construcție similară cu antena din fig. II.59. Vergea din dreapta reprezintă un reflector, iar vergea din stânga — un director.

Datorită acestor elemente pasive radiația este concentrată dinspre reflector spre director.

Reflectorul primește energia de la undele electromagnetice radiate de vibrator, cu o întârziere de fază de 90° datorită distanței $\lambda/4$ la care este amplasat față de vibrator. Tensiunea electromotoare indusă în reflector este în urmă cu 90° față de câmpul electromagnetic care o creează.

Reflectorul prezintă o reacțanță de natură inductivă din cauză că are o lungime ($1,03 \lambda/2$) mai mare decât cea necesară rezonanței ($\lambda/2$). De aceea, curentul în reflector rămâne în urma tensiunii electromotoare cu 90° .

În total curentul din reflector este decalat în urmă față de curentul din vibrator cu 270° , ceea ce este echivalent cu un avans de fază de 90° . Rezultă că în direcția opusă reflectorului câmpul radiatorului și câmpul reflectorului vor fi în fază, iar în direcția reflectorului — în antifază.

Câmpul radiat de vibrator ajunge la director cu o întârziere de 90° din cauza drumului parcurs ($\lambda/4$), iar tensiunea electromotoare indusă în director întârzie cu aproximativ 90° . Întrucât directorul, având o lungime ($0,84 \lambda/2$) mai mică decât lungimea necesară rezonanței prezintă o reacțanță de natură capacivă, curentul indus este decalat înaintea tensiunii electromotoare cu 90° . Deci curentul din director este decalat în urmă cu 90° față de curentul din vibrator.

Rezultă că și directorul va întări câmpul în direcția sa și-l va slăbi pe cel din direcția reflectorului.

Antena prezentată are o impedanță de aproximativ 73Ω și un câștig de 6 dB.

Antenele Yagi (canal de undă), formate dintr-un dipol indoit și unul sau mai multe elemente pasive, sint folosite pentru legături între două posturi fixe. Dacă antenele au două elemente pasive (reflector și director) asigură un câștig de 6 dB, iar dacă au patru elemente pasive (un reflector și trei directoare) dau un câștig de 10 dB.

6. DESCRIEREA RADIOTELEFONULUI HP1FM

În acest paragraf este descris radiotelefonul portabil HP1FM fabricat în anul 1965 de firma engleză Pye.

Acest radiotelefon este utilizat în țara noastră de către echipele de intervenție ale întreprinderilor de electricitate, când lucrează pe linii de energie.

a. Caracteristici tehnice. Radiotelefonul HP1FM are următoarele caracteristici tehnice:

— frecvențele de lucru: frecvențe fixe în benzile 25—54 MHz, 68—100 MHz și 132—174 MHz; aparatul poate fi prevăzut cu trei canale comutabile.

— puterea de emisie: 1 W;

— deviația de frecvență: 15 kHz;

— sensibilitatea receptorului: $0,5 \mu V$ pentru un raport semnal/zgomot de 20 dB;

— canalul adiacent: 25/30 kHz sau 50/60 kHz;

— selectivitatea receptorului pentru canalul adiacent: 60 dB;

— puterea audio de ieșire din receptor: 250 mW;

— factorul de distorsiuni: 10%;

— dimensiunile aparatului (introdus în casetă): $24,7 \times 14,6 \times 6,35$ cm;

— greutatea: 2,1 kg;

— tensiunea de alimentare: 16,8 V; această tensiune poate fi furnizată de baterii uscate, de baterii cu mercur sau de un acumulator nichel-cadmium.

— consumul aparatului: 15 mA la recepție și 250 mA la emisie.

Radiotelefonul este prevăzut cu o antenă telescopică și cu o antenă flexibilă din sîrmă, introdusă în curea cutiei

aparaturii. Pe panoul aparatului se află o mufă coaxială în care se introduce conectorul antenei din curea. Tot în această mufă se poate introduce și conectorul unei antene exterioare atunci când aparatul este utilizat ca post fix.

Distanța de comunicație între două stații este de aproximativ 5 km. Dacă însă o astfel de stație portabilă lucrează cu o stație fixă, de bază, atunci legăturile se mențin până la aproximativ 15 km.

b. Schema electrică. Schema electrică a radiotelefonului HP1FM este prezentată în fig. II.65.

Receptorul. Receptorul (partea superioară a schemei) este de tip superheterodină cu două schimbări de frecvență; utilizează 18 tranzistoare și 5 diode.

Semnalul de intrare ajunge prin contactul releului de antenă $RLA1$ la circuitul acordat L_2, C_1, C_2 , care adaptează impedanța antenei (50Ω) la impedanța de intrare a primului amplificator de înaltă frecvență, realizat cu tranzistorul T_1 . Semnalul amplificat de acest tranzistor este aplicat prin transformatorul Tr_1 tranzistorului T_2 care constituie cel de-al doilea etaj amplificator de înaltă frecvență. Se observă că aceste două etaje sînt alimentate în serie: colectorul tranzistorului T_2 este alimentat de la baterie prin R_6 și L_3 , iar colectorul tranzistorului T_1 este alimentat de la tranzistorul T_2 prin rezistența R_7 și înfășurarea primară a transformatorului Tr_1 .

Primul schimbător de frecvență este realizat cu dioda D_1 . Acestei diode i se aplică, pe de-o parte, semnalul util de la intrare, prin filtrul de bandă $L_3, C_9, C_{10}, C_{11}, L_4$ iar, pe de altă parte, oscilația locală obținută de la oscilatorul T_3 . La ieșirea schimbătorului de frecvență, pe circuitul acordat format din primarul transformatorului Tr_{51} și capacitatea C_{51} , se obține prima frecvență intermediară (10,7 MHz). Bobina L_{51} prezintă o impedanță mare la frecvența de semnal și la frecvența oscilatorului și de aceea tensiunea de amestec nu este scurtcircuitată la masă prin transformatorul Tr_{51} . Rezistența R_{52} și condensatorul C_{52} formează un circuit de negativare cu ajutorul căruia se stabilește punctul optim de funcționare al schimbătorului de frecvență.

Oscilatorul local T_3 de tip Pierce-Colpitts este prevăzut cu trei cristale de cuarț comutabile cu ajutorul comutatorului SA_1 . Fiecare cristal de cuarț corespunde unuia din



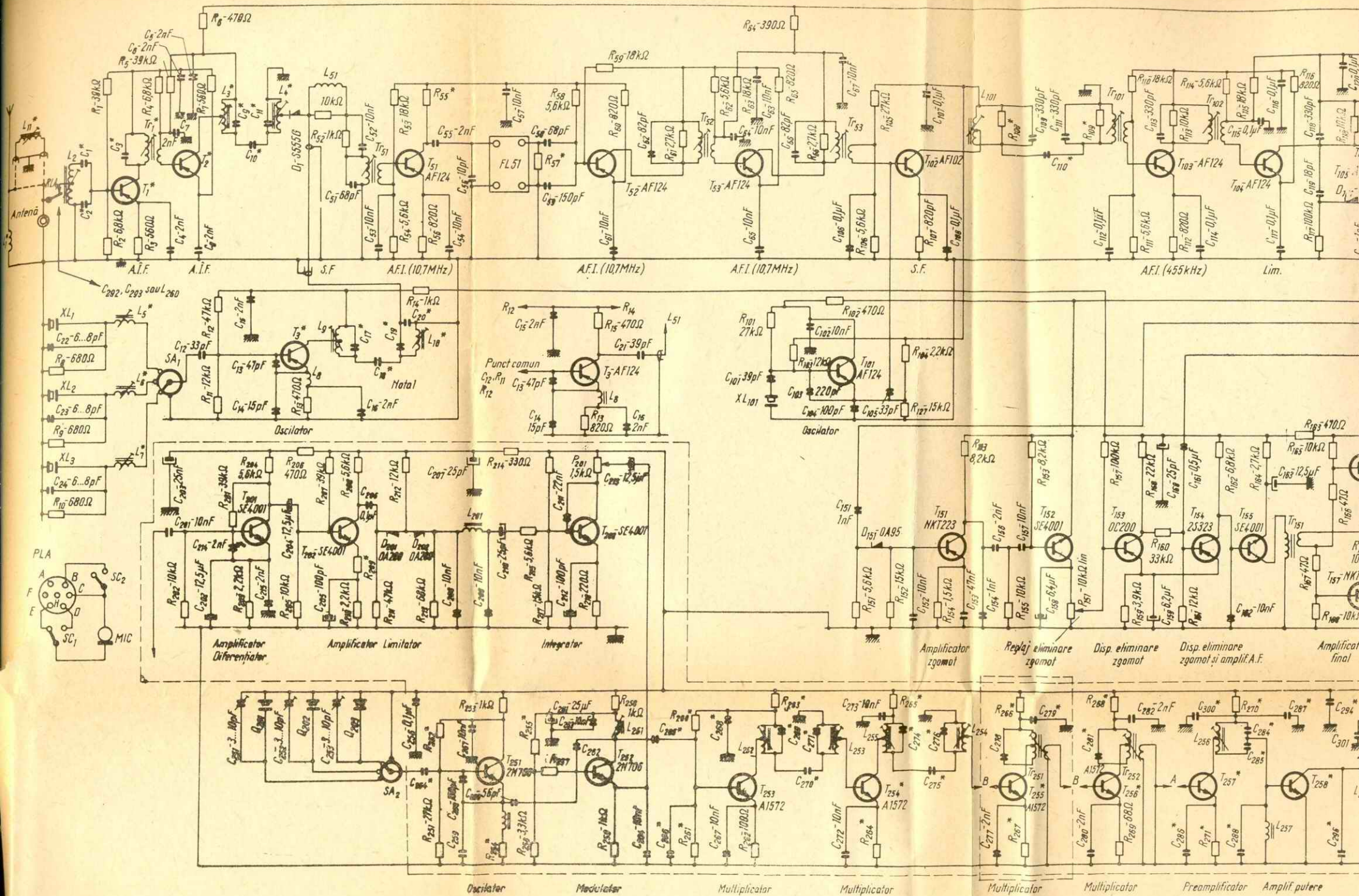


Fig. 11.65. Schema electrică a radiotelefonului HP1FM-Pye.

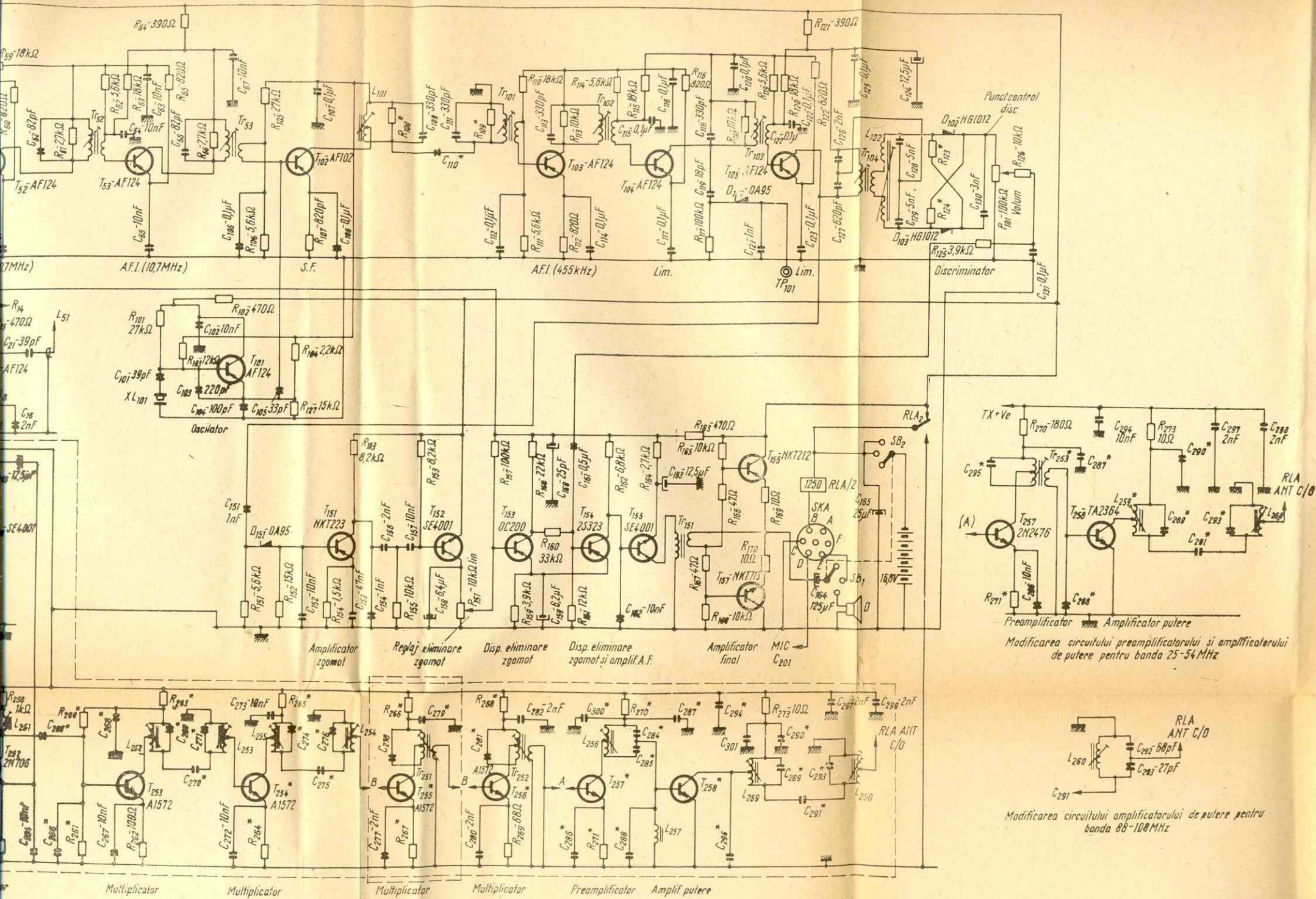
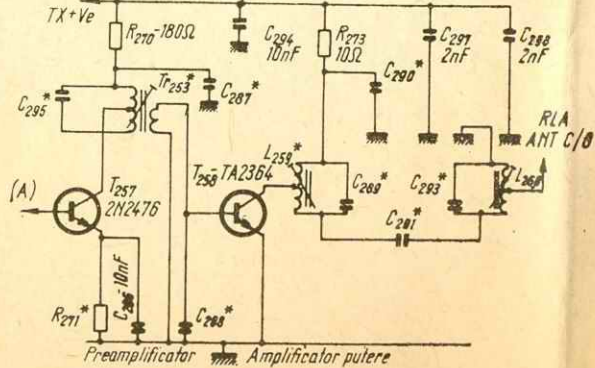
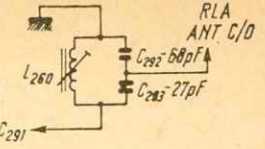


Fig. II.65. Schema electrică a radiotelefonului HP1FM-Pye



Modificarea circuitului preamplificatorului si amplificatorului de putere pentru banda 25-54 MHz



Modificarea circuitului amplificatorului de putere pentru banda 88-100 MHz

cele trei canale ale aparatului. Frecvențele de oscilație pot să fie ajustate cu ajutorul inductanțelor variabile L_5, L_6, L_7 .

Cînd radiotelefonul lucrează la frecvențe mai mari de 54 MHz, cu ajutorul filtrului $L_9, C_{17}, C_{18}, C_{19}, C_{20}, L_{10}$, se selectează o anumită armonică a oscilatorului (a doua sau a treia) care este întrebuințată ca oscilație locală în schimbătorul de frecvență.

Dacă radiotelefonul este construit pentru banda 25—54 MHz, lucrîndu-se direct pe frecvența oscilatorului, filtrul din colectorul tranzistorului T_3 este înlocuit cu condensatorul C_{21} , așa cum se arată în schema suplimentară din dreapta acestui oscilator.

Primul amplificator de frecvență intermediară este alcătuit din tranzistoarele T_{51}, T_{52}, T_{53} , care lucrează în montaj cu emitorul la masă. Acest amplificator conține filtrul de bandă cu cristal FL_{51} acordat pe frecvența 10,7 MHz.

Etajul echipat cu tranzistorul T_{102} constituie cel de-al doilea schimbător de frecvență. Pe baza acestui tranzistor se aplică, prin transformatorul Tr_{53} , tensiunea cu frecvența 10,7 MHz și prin C_{105} — tensiunea cu frecvența 11,155 MHz obținută de la cel de-al doilea oscilator local T_{101} .

La ieșirea tranzistorului T_{102} se află un filtru de bandă care selectează cea de-a doua frecvență intermediară (455 kHz).

Tranzistorul T_{103} amplifică tensiunea de frecvență intermediară 2 și o transmite etajelor limitatoare echipate cu tranzistoarele T_{104} și T_{105} .

Dioda D_{101} redresează semnalul. Prin măsurarea tensiunii de c.c. la borna TP_{101} , se poate controla receptorul (tensiunea citită este proporțională cu nivelul semnalului).

Tranzistoarele întrebuințate în etajele de frecvență intermediară sînt alimentate în c.c. în felul următor: tranzistorul T_{53} în serie cu T_{52} și T_{51} ; T_{101} în serie cu T_{102} ; T_{105} în serie cu T_{104} și T_{103} . Astfel se micșorează consumul de putere din baterie.

De la ieșirea limitatorului T_{105} , semnalul se aplică discriminatorului de fază construit cu diodele D_{102} și D_{103} . Semnalul de joasă frecvență, rezultat la ieșirea discriminatorului, este trimis prin rețeaua de deaccentuare $R_{126}, C_{131}, R_{125}$, amplificatorului de audiofrecvență. Această rețea accentuează frecvențele joase pentru a compensa coborîrea acestora în modulatorul de fază al emițătorului.

Amplificatorul de audiofrecvență este compus din trei etaje: un etaj preamplificator T_{154} , un etaj excitator (driver) T_{155} și etajul final în contratimp realizat cu tranzistoarele T_{156} și T_{157} . Se observă că etajul final în contratimp este realizat cu două tranzistoare complementare: T_{156} este un tranzistor *pn*p, iar T_{157} — un tranzistor *np*n. Aceste două tranzistoare au caracteristici identice, în sensul că la aceleași valori absolute ale tensiunii aplicate colectorului și bazei rezultă curenți de emitor și respectiv de bază egali în valoare absolută. Colectoarele sînt conectate direct la poli bateriei de alimentare, iar difuzorul este conectat între emitoare și masă prin condensatorul C_{164} de capacitate mare (125 μ F), pentru a nu atenua frecvențele joase.

Polarizarea corectă a bazelor tranzistoarelor (baza tranzistorului T_{157} este pozitivă față de emitor, iar baza tranzistorului T_{156} este negativă față de emitor) este stabilită prin divizorul de tensiune R_{168} , R_{167} , R_{166} și R_{165} . Curentul continuu prin acest divizor trebuie să fie mult mai mare decît curentul de bază, pentru ca polarizarea bazei să nu fie modificată de curentul de bază atunci cînd tranzistorul conduce.

Tranzistorul T_{156} conduce în timpul alternanțelor negative, iar tranzistorul T_{157} conduce în timpul alternanțelor pozitive.

Schema adoptată pentru etajul final are avantajul că nu necesită transformator de ieșire și permite alimentarea tranzistoarelor în serie.

Potențialul bazei și potențialul emitorului tranzistorului T_{154} sînt controlate de tranzistorul T_{153} , care face parte din dispozitivul de eliminare a zgomotului în pauzele dintre convorbiri. Așa cum se va vedea mai departe, în timpul acestor pauze, tranzistorul T_{153} conduce producînd prin aceasta blocarea tranzistorului T_{154} care, la rîndul său, blochează tranzistorul T_{155} . În felul acesta lanțul de amplificare audio este întrerupt și în difuzor nu se aude zgomotul receptorului.

Blocarea se produce în felul următor: în absența purtătoarei, pe colectorul etajului limitator de amplitudine T_{105} apare o tensiune de zgomot, care prin condensatorul C_{151} este aplicată diodei D_{151} , care o detectează. Componenta de curent continuu rezultată din această detecție polari-

zează baza tranzistorului T_{151} cu o tensiune negativă și ca urmare tranzistorul conduce și amplifică zgomotul (componentele alternative rezultate din detecție). De la ieșirea tranzistorului T_{151} tensiunea de zgomot se aplică filtrului trece-sus format din C_{154} , C_{156} , C_{157} și R_{155} , care atenuază frecvențele din banda vocală. În acest fel dispozitivul pentru eliminarea zgomotului nu va putea fi acționat de comenzi false, date de tensiuni cu frecvențe cuprinse în banda vocală, rezultate dintr-o detecție parazită a semnalului util de înaltă frecvență, modulată.

În continuare, tensiunea de zgomot este aplicată pe baza tranzistorului T_{152} care lucrează în regim de detecție, conducînd numai în semiperioadele pozitive ale tensiunii aplicate pe bază (tranzistorul este de tip *np*n). Pe colectorul acestui tranzistor apare o tensiune negativă, care este transmisă prin cursorul potențiometrului P_{151} pe baza tranzistorului T_{153} . Această tensiune se adaugă la tensiunea negativă existentă pe divizorul R_{157} , P_{151} și provoacă deblocarea tranzistorului T_{153} . Tranzistorul T_{153} conducînd, pe rezistența R_{158} va avea loc o cădere de tensiune, deci, tensiunea negativă care se aplică tranzistorului T_{154} prin R_{160} se micșorează. De asemenea, și pe rezistența R_{159} va avea loc o cădere de tensiune, deci și tensiunea care se aplică pe emitorul tranzistorului T_{154} va scădea. Datorită acestor modificări ale tensiunilor de polarizare a bazei și emitorului, tranzistorul T_{154} se blochează. O dată cu aceasta, pe rezistența R_{162} încetează să mai existe cădere de tensiune și, ca urmare, tensiunea bateriei se aplică integral pe baza tranzistorului T_{155} care, fiind un tranzistor *np*n, se blochează.

În cazul recepționării semnalului util, limitatoarele T_{104} și T_{105} limitează puternic purtătoarea, deci și parazitii care o modulează. Din această cauză, pe bazele tranzistoarelor T_{151} și T_{152} se va aplica o tensiune de zgomot redusă. Tensiunea negativă de pe baza tranzistorului T_{153} fiind, de asemenea, redusă, acest tranzistor se blochează. Blocarea lui duce la mărirea negativării bazei tranzistorului T_{154} (prin micșorarea căderii de tensiune pe R_{158}) și la creșterea potențialului pe emitorul aceluiași tranzistor (prin micșorarea căderii de tensiune pe R_{159}). Tranzistorul T_{154} va conduce. De asemenea, și tranzistorul T_{155} se deblochează, întrucît pe baza lui se aplică o tensiune negativă mai mică (tran-

zistor npn) datorită căderii de tensiune ce apare pe rezistența R_{162} .

Prin urmare, la recepționarea purtătoarei, lanțul de audiofrecvență intră în funcțiune și transmisiunea poate fi ascultată în difuzor.

Emitătorul. Emitătorul radiotelefonului HP1FM (fig. II.65), (partea de jos) utilizează 8 tranzistoare în etajele de înaltă frecvență și 3 tranzistoare în amplificatorul de audiofrecvență.

Oscilatorul cu cristal este realizat cu tranzistorul T_{251} și este de tip Colpitts. El este prevăzut cu trei cristale comutabile cu ajutorul comutatorului SA_2 . Aceste cristale corespund celor trei canale cu care este prevăzut radiotelefonul. Frecvența fiecărui canal poate fi ajustată în limite foarte mici cu ajutorul condensatoarelor variabile C_{251} , C_{252} , C_{253} .

Etajul care urmează, realizat cu tranzistorul T_{252} , constituie modulatorul de fază. Pe baza lui, prin condensatorul C_{260} , se aplică o tensiune cu frecvența oscilatorului, iar pe emitorul lui se aplică tensiunea modulatorului de joasă frecvență. Tensiunea cu frecvența oscilatorului care apare pe bobina L_{251} este egală cu suma vectorială a tensiunii aplicate pe această bobină prin C_{252} și a tensiunii rezultate din amplificarea tensiunii aplicate pe bază. Această ultimă tensiune variază în ritmul modulației aplicate pe emitor. În felul acesta, tensiunea rezultată pe bobina L_{251} este modulată în fază.

Următoarele patru etaje T_{253} , T_{254} , T_{255} , T_{256} sînt multiplicatoare de frecvență. Tranzistorul T_{253} îndeplinește funcția de dublor, cînd emițătorul lucrează la o frecvență cuprinsă între 25 și 108 MHz și funcția de triplor, cînd emițătorul lucrează la o frecvență din banda 132—174 MHz. Tranzistorul T_{254} lucrează ca triplor, iar T_{255} ca dublor pentru frecvențele de emisie cuprinse între 68 și 174 MHz. Tranzistorul T_{255} nu lucrează în banda 25—54 MHz. Tranzistorul T_{256} lucrează în toate benzile de frecvențe ca dublor. Deci, multiplicarea totală de frecvență este de 12, 24 sau 26 ori, după frecvența pe care lucrează radiotelefonul.

Etajul T_{257} lucrează ca preamplificator (driver), iar etajul T_{258} constituie etajul final de putere al emițătorului. La ieșirea etajului final se găsește filtrul de bandă format din circuitele acordate L_{259} , C_{289} și L_{260} , C_{293} cuplate prin C_{291} .

Acest filtru atenuează armonicile etajului final și prefinal. Cuplajul cu antena se face de la o priză a bobinei L_{260} , care este conectată la releul de antenă RLA .

Amplificatorul de joasă frecvență și limitatorul de amplitudine sînt realizate cu tranzistoarele T_{201} , T_{202} , T_{203} și diodele D_{201} , D_{202} .

Tensiunea de audiofrecvență de la microfon este aplicată prin condensatorul C_{201} pe baza tranzistorului T_{201} .

În spectrul vorbirii, nivelul componentelor de frecvență mai înaltă este mai mic decît nivelul componentelor de frecvență medie. Pentru ca în limitator să se producă o limitare egală a tuturor frecvențelor, în etajele care precedează limitatorul se face o preaccentuare de 6 dB octavă (circuitul de diferențiere este C_{201} , R_{202}).

Tranzistorul T_{202} amplifică tensiunea de audiofrecvență care se aplică limitatorului format din R_{212} , D_{201} , D_{202} , R_{211} și R_{213} . Diodele sînt polarizate cu o tensiune de curent continuu, ceea ce face ca ele să se găsească în zona de conducție în care prezintă o rezistență foarte mică. Semnalele de audiofrecvență care au nivel mic nu produc o modificare importantă a polarizării diodelor și de aceea nu sînt limitate. Cînd, însă, tensiunea de semnal crește, polarizarea diodelor se modifică și în același timp variază și rezistența lor. Mărin-du-se rezistența diodelor, se micșorează tensiunea care se aplică etajului următor. Alternanța pozitivă a tensiunii de audiofrecvență micșorează tensiunea care se aplică pe dioda D_{201} și mărește tensiunea de la bornele diodei D_{202} . Deci, în acest caz, D_{201} prezintă o rezistență mai mare în timp ce D_{202} își păstrează rezistența minimă din zona de conducție. Alternanța negativă a tensiunii de audiofrecvență produce un efect similar, mărin-du rezistența diodei D_{202} .

Armonicile produse prin limitare sînt filtrate de către filtrul compus din C_{208} , L_{201} , C_{209} .

Ultimul etaj de amplificare T_{203} , pe lângă amplificare, produce și o deaccentuare de 7 dB/octavă (integrarea semnalului de audiofrecvență) necesară transformării modulației de fază în modulație de frecvență. Această deaccentuare se produce prin acțiunea reacției negative selective realizată cu ajutorul condensatorului C_{214} .

Se observă că tranzistoarele receptorului cu excepția tranzistoarelor T_{152} , T_{155} și T_{157} sînt de tip pnp ; de aceea,

potențialul șasiului receptorului se leagă la borna pozitivă a bateriei.

Șasiul emițătorului este legat la borna negativă a bateriei, pentru că toate tranzistoarele din emițător sînt de tip *npn*.

c. **Manipularea aparatului.** Pornirea aparatului se face cu ajutorul comutatorului *SB*. Pe poziția „pornit în cască” contactul *SB*₂ conectează bateria la receptor și ieșirea receptorului — la microfon. În această poziție microfonul este utilizat ca o cască telefonică. Pe poziția următoare, comutatorul *SB* desface contactul *SB*₁, deconectînd microfonul și conectînd în locul lui difuzorul. În aceste poziții stația poate recepționa. În mod normal recepționarea se face în difuzor, dar, în încăperile cu zgomot mare, se preferă recepționarea în microfon.

Pentru comutarea pe emisie, se apasă pe un buton situat pe microfon. Prin această apăsare se desface contactul *SC*₁ de pe borna *E* a microfonului, întrerupînd circuitul prin care microfonul este utilizat drept cască receptoare și se închide contactul *SC*₁ pe borna *D*, introducîndu-se astfel microfonul pe intrarea amplificatorului de joasă frecvență al emițătorului. În același timp (prin aceeași apăsare pe butonul de pe microfon) se închide și contactul *SC*₂ prin care se alimentează releul *RLA*. Acesta, prin contactele *RLA*₁ comută antena de la intrarea receptorului la ieșirea emițătorului, iar prin contactele *RLA*₂ comută borna negativă a bateriei de la receptor la masa emițătorului, (alimentează emițătorul). În această poziție se vorbește în microfon. Eliberînd butonul de pe microfon, stația revine pe poziția de recepție.

Prin manevrarea comutatorului *SA* se alege canalul pe care se face convorbirea.

Cu ajutorul potențiometrului *P*₁₅₁ se reglează dispozitivul de eliminare a zgomotelor, în așa fel ca atunci cînd nu se emite să nu se audă nici un zgomot în difuzor.

CAPITOLUL III

INSTALAREA ȘI UTILIZAREA RADIOTELEFOANELOR

1. PARTICULARITĂȚILE DE PROPAGARE A UNDELOR ULTRASCURTE (U.U.S)

Se știe că atmosfera este constituită din mai multe zone și că fiecare zonă este caracterizată printr-o anumită înălțime și o anumită concentrație de gaze. Aceste zone ocupă o distanță de aproximativ 350 km deasupra suprafeței Pămîntului. Prima zonă (inferioară), denumită troposferă, se întinde pînă la 12—16 km deasupra suprafeței Pămîntului. Ultima zonă (superioară) denumită ionosferă, începe la aproximativ 60 km deasupra suprafeței Pămîntului.

Ionosfera are un rol important în propagarea undelor radio. Ionosfera conține diferite gaze, care sub acțiunea radiațiilor solare se descîmpun în sarcini libere — pozitive și negative — numite ioni pozitivi, respectiv electroni liberi. Gradul de ionizare al ionosferei variază în cursul a 24 ore, ionizarea din timpul zilei deosebindu-se considerabil de ionizarea din timpul nopții.

Ionizare există în toate straturile, dar gradul de ionizare crește o dată cu distanța față de Pămînt. Deci, în ionosferă, gradul de ionizare este cel mai puternic. Grosimea totală a stratului ionosferic atinge aproximativ 250 km, dar electronii liberi și ionii sînt concentrați mai ales în trei straturi principale ale ionosferei: straturile *E*, *F*₁ și *F*₂ (fig. III.1).

Repartiția acestor straturi în timpul nopții se deosebește de repartiția lor din timpul zilei și este, de asemenea, funcție de diferitele anotimpuri ale anului.

Straturile ionosferei reflectă undele radio în mod diferit. În straturile inferioare ale ionosferei și ale atmosferei, pe

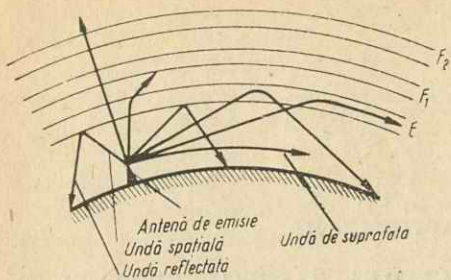


Fig. III.1. Propagarea undelor ultracurte în atmosferă.

de suprafață face unghiuri mici față de planul orizontal și se propagă de-a lungul suprafeței Pământului, iar unda spațială este dirijată sub unghiuri mari față de planul orizontal și trece prin straturile superioare ale atmosferei. Undele spațiale sînt reflectate și refractate de stratul E și se reîntorc pe Pământ la distanțe mari de emițător.

Distanța pe care o parcurge unda în ionosferă depinde de frecvența ei. Cu cît frecvența undei este mai mare, cu atît aceasta pătrunde mai profund în ionosferă, pînă cînd atinge stratul care o reflectă înapoi spre Pământ.

Undele lungi (frecvențe joase) suferă o absorbție puternică în straturile așezate sub stratul E și de aceea nu se reîntorc pe Pământ. Același lucru se întîmplă și cu undele medii, în timpul zilei. Noaptea influența radiațiilor solare scade atît de mult, încît straturile care se află sub ionosferă nu mai absorb energia undelor radio și în consecință undele medii ajung pînă la stratul E , unde sînt reflectate, propagîndu-se astfel la distanțe mari. Undele scurte sînt reflectate de straturile mai înalte ale atmosferei și se reîntorc pe Pământ în puncte foarte depărtate de emițător. Dacă frecvența undei este prea ridicată (mai mare decît 30 MHz) straturile ionosferei nu mai reflectă unda, lăsînd-o să treacă în spațiu dincolo de limitele atmosferei.

Rezultă că există un raport între gradul de ionizare a straturilor ionosferei și frecvențele pe care trebuie să le aibă undele electromagnetice pentru a se reîntoarce pe Pământ. Frecvența cea mai înaltă, la care undele radio sînt încă reflectate de straturile ionosferei se numește frecvență

lingă fenomenul de reflexie, se produce și fenomenul de refracție a undelor. Din fig. III.1 se vede că undele radiate de antena de emisie se pot împărți în două categorii: undele de suprafață și undele reflectate sau spațiale. Diferența dintre ele constă în faptul că unda

critică. Pentru fiecare strat al ionosferei există o anumită frecvență critică, care depinde de anotimp și de orele din timpul zilei și al nopții.

Frecvența de 30 MHz este cea mai ridicată frecvență critică pentru toate straturile ionosferei și de aceea semnalele cu frecvență mai ridicată decît 30 MHz nu se mai reflectă. Rezultă că radiotelefonie cu ajutorul undelor spațiale pe frecvențe mai ridicate de 30 MHz este imposibilă. Pe aceste frecvențe, legăturile se pot realiza numai cu ajutorul undei de suprafață, în limitele în care nu depășesc decît puțin distanța de propagare rectilinie, adică distanța vizibilității directe.

Unda de suprafață cu frecvență mai ridicată decît 30 MHz este atenuată mai puternic decît undele cu frecvențe mai joase, din cauza pierderilor cauzate de curenții induși de undă pe suprafața Pământului. Acest efect devine cu atît mai important cu cît frecvența crește. De aceea, recepția undei de suprafață este posibilă numai la distanțe mici de emițător. Atenuarea puternică a undei de suprafață și imposibilitatea de a folosi unda spațială impun condiția ca radiația să se facă numai în planul orizontal. Toate aceste cauze limitează distanța la care se pot stabili legături în gama undelor ultracurte.

Intensitatea cimpului electromagnetic radiat de un emițător descrește treptat cu distanța. Se definesc trei zone de propagare: zona vizibilității directe, limitată de orizontul optic sau geometric, zona de semiombă denumită și zona orizontului radioelectric și zona de umbră, care se întinde dincolo de limitele orizontului radioelectric.

Zona vizibilității directe este determinată de orizontul optic văzut de pe virful antenei de emisie. Distanța limită între antena de emisie și antena de recepție este cu atît mai mare, cu cît înălțimile respective H_E și H_R la care sînt situate antenele sînt mai mari. Ținînd seamă de curbura Pământului, distanța vizibilității directe D poate fi determinată cu ajutorul formulei:

$$D = 3,55 (\sqrt{H_E} + \sqrt{H_R}),$$

în care: D este distanța vizibilității directe, în km;
 H_E — înălțimea antenei de emisie, în m;
 H_R — înălțimea antenei de recepție, în m.

Zona vizibilității directe este caracterizată de o propagare constantă în orice anotimp și la orice oră a zilei sau a nopții. Datorită acestui fapt, în această zonă, recepția este sigură, indiferent de situația meteorologică.

Zona de semiumbră se întinde în majoritatea cazurilor cu 15—20% peste orizontul optic. Datorită fenomenelor de difracție și refracție, recepția este posibilă și în această zonă.

În unele cazuri recepția undelor ultrascurte este posibilă și la distanțe care depășesc zona vizibilității directe și zona de semiumbră. Acest fenomen se explică prin faptul că undele radio au proprietăți de difracție și de refracție. Fenomenul de difracție constă în faptul că unda de suprafață urmărește, într-o oarecare măsură, curbura Pământului. Acest fenomen este cu atât mai accentuat, cu cât unda are o lungime mai mică.

Fenomenul de refracție se datorește faptului că unda spațială, radiată sub un unghi mic față de planul orizontal, este refractată în straturile inferioare ale atmosferei și din această cauză se reîntoarce pe Pământ, dincolo de limitele zonei de vizibilitate directă.

Pentru domeniul util al undelor metrice interesează în deosebi difracția undelor și interferențele datorite reflexiei la suprafața Pământului.

În timp ce curbele de propagare C.C.I.R. pentru spațiul liber, calculate în funcție de diferiți parametri, au fost publicate, curbele pentru propagarea în spatele unor obstacole sau pentru reflexia undelor nu au putut fi determinate.

Pentru difracția undelor sînt valabile — cu aproximație — următoarele constatări:

— dacă lungimea de undă este mică în comparație cu dimensiunile obstacolului respectiv, în spatele obstacolului, în direcția propagării, se obține un efect de umbră efectiv și intensitatea cîmpului scade puternic.

— dacă lungimea de undă este mai mare față de dimensiunile obstacolului, atenuarea intensităților de cîmp este practic, neînsemnată.

Din aceste constatări rezultă că pentru undele cu lungimi de undă cuprinse între 1 și 10 m, dealurile produc atenuări puternice, bruste, iar movilele și casele produc doar umbrii parțiale. Invers, ca urmare a influenței reflexiei undelor de către obstacolele naturale sau artificiale, este totuși

posibil să se realizeze legături radio în gama undelor ultrascurte — legături care în mod normal trebuiau să fie umbrite. Aceasta se poate întîmpla, de exemplu, în văi perpendiculare pe direcția emițătorului.

Totuși, este posibil ca la recepția undei directe și a undei reflectate să apară diferențe de fază care, pe lângă amplificarea semnalului, pot să ducă și la stingerea sa totală.

O mare influență are și modul de polarizare a undei electromagnetice. Astfel, în cazul unei polarizări orizontale a undelor, se obțin cîmpuri mai mari decît în cazul polarizării verticale, lucru valabil mai ales atunci cînd pămîntul este acoperit cu păduri. Pădurile au, în general, un efect puternic de absorbție. Ele prezintă obstacole plasate vertical care atenuază, ca o grilă, undele polarizate vertical.

La lungimi de undă mai mici, diferența între cele două polarizări este din ce în ce mai redusă.

2. INSTALAREA STAȚIEI FIXE

Din cele arătate mai înainte rezultă că antenele postului fix și mobil trebuie instalate în așa fel, încît între antena postului fix și toate punctele în care se deplasează postul mobil să existe o vizibilitate directă. Pentru aceasta, antena postului fix se plasează pe acoperișul clădirii și se montează pe un pilon, deasupra tuturor obstacolelor (clădiri învecinate, paratrăsnete, arbori, alte antene etc.).

În cazul în care nu este posibilă montarea antenei pe clădire, ea se va instala pe un stîlp cu o înălțime de cel puțin 25 m.

Dacă din cauza înălțimii la care este plasată antena, este necesar un cablu de legătură (fider) între antenă și emițător mai lung decît 25 m, se recomandă ca radiotelefonul să fie montat cît mai aproape de acoperiș (eventual în podul clădirii), pentru a nu mări lungimea cablului de legătură. Această amplasare este posibilă pentru că majoritatea radiotelefoanelor sînt livrate cu o cutie de comandă. În cazul acesta, la operator rămîne numai cutia de comandă pe care se află microfonul și difuzorul, iar celelalte aparate pot fi montate la o distanță de 50—100 m.

Lungimea exagerată a cablului de legătură a antenei nu este recomandabilă, deoarece cablul prezintă o atenuare care crește cu lungimea lui.

Modul de legare a cablului coaxial la antenă este dat în instrucțiunile de folosire care însoțesc fiecare radiotelefon.

Antena fixă trebuie protejată împotriva trăsnetelor, legându-se stâlpii de antenă cu sistemele existente de protecție împotriva trăsnetelor; dacă aceste sisteme lipsesc, trebuie realizată o priză de pământ la care se va lega stîlpul de antenă printr-un cablu corespunzător. Ansamblurile (cutiile) care constituie postul fix se vor lega, de asemenea, la priza de pământ.

3. INSTALAREA STAȚIEI MOBILE

Postul mobil se instalează în mașină în așa fel, încît să fie supus cît mai puțin vibrațiilor mașinii. Cu toate că radiotelefoanele mobile sînt prevăzute cu amortizoare, totuși se recomandă ca mașinile în care se montează să aibă o suspenție elastică cît mai bună.

Emitătorul, receptorul și alimentatorul se montează în portbagaj sau în alt loc disponibil din mașină, iar cutia de comandă se montează pe bordul mașinii. Cînd radiotelefonul este realizat într-o singură cutie și are dimensiuni mici, se poate monta chiar pe bordul mașinii.

Conductorul interior al cablului de legătură dintre aparate și antenă se leagă cu capătul superior la antenă iar tresa metalică se leagă la caroseria mașinii, în imediata apropiere a antenei. De aceea, mașina trebuie să aibă capota metalică sau, dacă aceasta lipsește, trebuie să se creeze o contragreutate formată dintr-o tablă metalică pătrată cu latura de cel puțin $\lambda/4$ sau din patru vergele metalice.

Dacă echipamentul mobil se alimentează de la acumulatorul mașinii, trebuie ca polul acestui acumulator, care este legat la caroserie, să corespundă cu polul aparatului care este legat la masă (aparatul are minusul la masă, în timp ce unele mașini au plusul la masă). În cazul în care aceste polarități nu corespund, instalația electrică a mașinii trebuie modificată.

La amplasarea echipamentelor de radiotelefon mobile în mașină, se va ține seamă de următoarele recomandări:

— locul de fixare trebuie ales în așa fel, încît aparatele să poată oscila corespunzător cu suspensia lor elastică;

— radiotelefoanele cu convertizoare rotative trebuie să fie montate astfel, încît axa convertizorului să fie orizontală; se admit poziții de exploatare care se abat scurt timp de la poziția orizontală;

— cablurile de legătură dintre aparate se vor instala astfel, încît să nu fie deteriorate;

— aparatele și cablurile trebuie să fie ferite de încălzire, umezire și de murdărire.

4. PUNEREA ÎN FUNCȚIUNE ȘI DETERMINAREA PE TEREN A CONDIȚIILOR DE CONVORBIRE

După ce echipamentul a fost montat se face verificarea funcționării lui spre a se vedea dacă instalația a fost corect executată.

Se aplică aparatului tensiunea de alimentare și după 2—3 min (timp necesar pentru încălzirea tuburilor), se reglează la maximum potențiometrul de volum și dispozitivul care blochează audierea în pauzele dintre convorbiri (squelch). Se cere postului corespondent să facă o transmisiune de probă și cu această ocazie se reglează volumul la nivelul necesar.

După încetarea recepționării transmisiunii postului corespondent, în condițiile nerecepționării niciunui semnal, se face reglajul dispozitivului care blochează audierea (squelch). Se variază potențiometrul „squelch“, aducîndu-l în poziția imediat vecină poziției în care s-a observat blocarea audierii (a paraziților).

Pentru a efectua o emisiune, se va apăsa clapeta micro-receptorului sau butonul de pe microfon și se va vorbi cu un ton normal ținînd microfonul la o distanță de aproximativ 10 cm de gură. Nu este indicat să se vorbească tare, pentru că în acest caz semnalul recepționat va fi mult distorsionat. Cuvintele trebuie să fie rostite clar și corect, iar transmisiunea să fie cît mai scurtă. În cazul în care este necesar să se transmită mai multe instrucțiuni, este recomandabil ca acestea

să fie date pe rind și să se aștepte confirmarea fiecăreia în parte.

Înainte de a chema o stație, se va verifica dacă nu există în același timp alte convorbiri pe aceeași frecvență. Când se aude o astfel de convorbire, nu se va trece pe emisie pentru a nu perturba convorbirea existentă.

După ce s-a stabilit prima legătură radiofonică cu un post apropiat se va trece la determinarea punctelor în care convorbirile sînt inteligibile. În acest scop postul mobil se va îndepărta tot mai mult de postul fix în direcțiile în care este necesar să se stabilească legături radiofonice.

Chiar dacă antenele sînt degajate și terenul nu prezintă ondulări accentuate, începînd de la 12—15 km pot apărea zone de umbră mai mici sau mai mari în care audia scade și apoi revine la normal.

În general, cînd postul mobil intră în depresiuni, audia scade sau se întrerupe. Totuși, pentru fiecare caz, modul în care are loc propagarea trebuie să se experimenteze, deoarece sînt foarte multe excepții de la regula enunțată.

În orașele mari, din cauza blocurilor, zonele de umbră devin frecvente la distanțe mai mari decît 4—5 km. Se întîmplă, uneori, ca în spatele unui bloc audia să fie nulă, dar este suficient ca mașina să se îndepărteze cîtiva metri pentru ca legătura să devină normală. La ieșirea din oraș audia se întărește.

Pădurile absorb energia electromagnetică. Atunci cînd postul mobil intră într-o pădure, audia slăbește și convorbirile se pot întrerupe, aceasta depinzînd de mărimea pădurii și de distanța la care se află postul mobil față de punctul fix. La ieșirea din pădure audia se întărește, bineînțeles, dacă postul mobil se mai găsește în raza de bătaie a radiotelefonului.

În cursul acestor probe trebuie să se noteze zonele și punctele în care audia este bună pentru a le folosi la nevoie.

Cu ajutorul radiotelefonului RT-1 (I.R.M.E.), care lucrează pe frecvența de 48,2 MHz, cu o putere în antenă de 8 W, s-au putut realiza comunicații cu posturi situate la 7—30 km, după configurația terenului. În zona de munte și de dealuri, în unele direcții bătaia a fost limitată la 7—10 km.

Cu radiotelefonul RT-2 (I.R.M.E.), care are frecvența de lucru 34,9 MHz și puterea în antenă 25 W, s-au stabilit

legături cu posturi ce se găseau la depărtare de 25—45 km. Chiar în zone foarte accidentate în care existau obstacole mari între posturi, deci fără vedere directă, audia s-a menținut bună chiar la distanțe mai mari decît 25 km.

Celelalte radiotelefoane mobile experimentate de autor (Fremos II-C.S.R., F.M. 302 Mors-Polonia, mai multe tipuri produse de firma Pye-Anglia, RT-5, RT-6 — Brown Boweri) au permis să se execute comunicații la aproximativ aceleași distanțe ca și radiotelefoanele executate de I.R.M.E., distanța de comunicație fiind funcție de teren, frecvență și puterea în antenă.

O problemă importantă, de care trebuie să se țină seamă în exploatarea radiotelefoanelor, este problema perturbațiilor industriale și atmosferice. Pentru a fi cît mai puțin sensibile la perturbații, radiotelefoanele lucrează cu modulație de frecvență. Totuși, atunci cînd cîmpul perturbator este mare și radiotelefonul se află în imediata apropiere a surselor de perturbație, zgomotul receptorului crește și dacă cîmpul util nu este suficient de mare ca să acopere cîmpul parazit, convorbirea se întrerupe. Acest lucru se întîmplă, în general, atunci cînd postul mobil se află la distanțe apreciabile de postul fix (mai mari de 6—8 km). În acest caz postul mobil trebuie să se deplaseze ca să iasă din cîmpul cu perturbații. Cîmpul perturbator scade foarte repede cu distanța față de sursa de perturbații. De cele mai multe ori, pentru ca să se poată relua legătura, este suficient ca postul mobil să se deplaseze cu 50—60 m.

În cazul unui cîmp slab la postul care recepționează, paraziții produși de automobile și, în primul rînd, cei produși de automobilul pe care se află radiotelefonul deranjează foarte mult recepția. Diversele tipuri de automobile și chiar automobilele cu aceeași marcă nu sînt identice din punctul de vedere al surselor de paraziți.

Sistemul de aprindere, împreună cu conductoarele de alimentare, de la distribuitor la bujii, de la distribuitor la bobina de inducție și de la bobina de inducție la baterie, reprezintă principala sursă de paraziți. În afară de sistemul de aprindere electrică, la un automobil mai există următoarele surse de paraziți: generatorul și releul regulator pentru încărcarea acumulatorilor, motorul electric serie care pornește motorul automobilului (starterul), aparatele

termovibratoare pentru măsurarea temperaturii apei și a presiunii uleiului, claxonul electric și sarcinile electrostatice care apar din cauza frecărilor cauciucurilor de pământ.

După ce radiotelefonul a fost pus în funcțiune trebuie să se identifice sursele de paraziți din mașină pentru a le suprima. Această verificare trebuie făcută cu dispozitivul pentru suprimarea zgomotelor scos din funcțiune.

Cînd receptorului nu i se aplică nici un semnal, atunci se va auzi zgomotul propriu al receptorului, deci paraziții vor fi mascați.

Pentru punerea în evidență a paraziților introduși de mașină trebuie ca postul mobil să se deplaseze la o distanță la care semnalul recepționat să fie așa de slab încît să nu acopere complet zgomotul receptorului. În aceste condiții paraziții vor fi identificați după sunetul lor caracteristic: pocniturile sau trosniturile sînt datorate paraziților de aprindere și ele se modifică după turația motorului; paraziții sub formă de fluierături sînt datorati generatorului și motorului electric; pocniturile uniforme la viteze mai mari de 30 km/oră pe drumuri uscate și netede se datoresc electricității statice a roților. Electricitatea statică acumulată în roți se descarcă la șasiu prin unsoarea din rulmenții roților.

După identificarea surselor de perturbații care deranjează recepția se va căuta să se micșoreze intensitatea paraziților produși. O metodă eficace de suprimare a paraziților produși de sistemele de aprindere electrică constă în conectarea unor rezistențe în imediata apropiere a locurilor în care se formează scintei (la bujii și la distribuitor) pentru a absorbi energia de înaltă frecvență generată de scintei. Conectarea unor condensatoare în circuitele de joasă tensiune îmbunătățește, de asemenea, atenuarea paraziților. Dacă această metodă nu dă rezultate acceptabile, trebuie să se efectueze o simetrizare și o ecranare completă sau parțială a pieselor și conductoarelor care radiază paraziți. Din punct de vedere electric ecranul trebuie să fie neîntrerupt de la bujie și pînă la filtrul bateriei de alimentare.

Paraziții produși de generator, de motor, de aparatele cu vibrație și de claxonul electric se reduc prin ecranare și prin folosirea unor filtre capacitive (condensatoare cu capacitatea de $C = 0,1 - 0,5 \mu F$).

Recepția unui post mobil este influențată de perturbațiile produse de diverse autovehicule, care se apropie la mai puțin de 50—60 m de mașina pe care este instalat postul.

Perturbația produsă de paraziți atmosferici nu este importantă, perturbațiile atmosferice nefiind în măsură să întrerupă convorbirea.

Frecvențele din banda de unde ultrascurte sînt distribuite de Ministerul Poștelor și Telecomunicações, astfel încît stațiile diferitelor servicii publice nu se pot jena reciproc. S-a menționat însă mai înainte că, în anumite condiții, undele ultrascurte se pot propaga la distanțe mari. Din această cauză se poate întîmpla ca recepția radiotelefoanelor să fie perturbată de posturi emițătoare din afara țării noastre. Întrucît astfel de perturbații nu pot fi evitate, se recomandă ca în aceste situații antena postului fix să fie cît mai înaltă, pentru ca valoarea cîmpului util să poată depăși cîmpul perturbator pe o distanță cît mai mare.

5. REȚELE DE RADIOTELEFOANE

Cea mai folosită rețea de radiotelefoane este cea care asigură legătura radiotelefonică între un post central de comandă (dispecer) și unul sau mai multe posturi mobile ce se deplasează în diverse puncte în jurul postului fix.

Toate stațiile lucrează cu antene omnidirecționale și în sistem simplex sau duplex. În această rețea se obțin legături între postul fix și oricare dintre posturile mobile și între posturile mobile. Dacă se lucrează în sistem simplex, legăturile dintre posturile mobile se obțin direct, iar dacă se lucrează în sistem duplex aceste legături se pot stabili numai prin intermediul stației fixe. În acest ultim caz stația fixă lucrează ca stație intermediară.

Cînd rețeaua cuprinde una sau mai multe stații de bază și foarte multe stații mobile, este indicată folosirea apelului selectiv pentru ca stația de bază, chemînd o stație din sistem, să intre în legătură numai cu aceasta. În acest scop stațiile fixe și cele mobile sînt prevăzute cu dispozitive pentru emiteria și recepționarea apelului selectiv. Semnalul de apel se obține prin modularea undei purtătoare a emițătorului

cu o serie de impulsuri; toate stațiile recepționează această purtătoare, dar numai una răspunde la codul respectiv.

Apelul selectiv permite ca posturile de emisie de bază să aleagă stațiile mobile individual, în grupuri sau pe toate în același timp, ca răspuns la diferite coduri create prin acționarea unui dispozitiv prevăzut cu un cadran de telefon sau cu butoane.

Cind la stația mobilă se recepționează codul corect, un dispozitiv de alarmă acționează un buzer sau aprinde o lampă. Dispozitivul de recepție a apelului selectiv poate comanda aprinderea farurilor sau acționarea claxonului, pentru a anunța pe operatorul vehiculului că s-a primit un apel.

Folosirea apelului selectiv este indicată numai în cazul rețelelor care cuprind mai mult de 10 stații.

În general, puterea stațiilor fixe sau mobile care formează rețeaua descrisă mai înainte este aceeași.

Dacă terenul nu prezintă denivelări mari și dacă antena postului fix este degajată de obstacolele din jur, cu o putere de emisie de 8—10 W, se pot stabili legături pînă la distanțe de aproximativ 20 km, ceea ce este suficient pentru toate orașele din țara noastră.

În cazul în care postul fix se găsește într-o depresiune sau este plasat în apropierea unor blocuri mai înalte decît antena, vor exista direcții în care cîmpul produs de radiotelefon va fi redus simțitor.

În această situație se recomandă montarea postului fix în clădirea cu amplasamentul cel mai favorabil și telecomandarea postului printr-o linie telefonică (fig. III.2).

De cele mai multe ori construirea acestei linii telefonice nu este posibilă sau nu este economică și ca urmare se recomandă utilizarea unei stații intermediare de radiotelefon, montată în locul cel mai favorabil (fig. III.3).

Stația *A* emite pe frecvența f_1 și recepționează pe frecvența f_2 , stația *R* recepționează pe f_1 și retransmite pe f_2 . Stația *B* recepționează pe f_2 și emite pe f_1 . Se observă că folosirea stației intermediare este posibilă numai în sistemele duplex și semiduplex.

În regiunile de munte se folosesc mai multe stații intermediare pentru a se putea stabili legături radio pe o zonă întinsă.

O astfel de rețea, realizată de grupul energetic Edison în Italia septentrională, este formată din 100 stații mobile și 7 stații intermediare, automate, instalate în diferite localități de munte. Datorită structurii locale a solului, cu un număr mic de stații intermediare au putut fi asigurate legăturile necesare în toată zona în care se întinde rețeaua de înaltă tensiune.

Se știe că mărirea distanței de comunicație se poate face într-o mare măsură prin mărirea puterii emițătorului și prin mărirea sensibilității receptorului. Dar, în timp ce puterea emițătorului poate fi mărită, sensibilitatea receptorului este limitată de zgomotul de fond la 0,5—1 μ V. Posturile mobile, fiind alimentate de la baterie, din cauza creșterii consumului

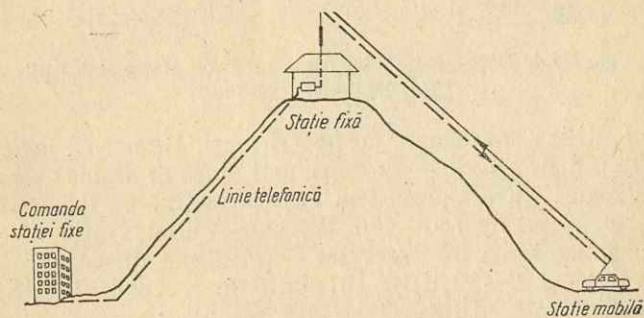


Fig. III.2. Comanda de la distanță a stației de radiotelefon.

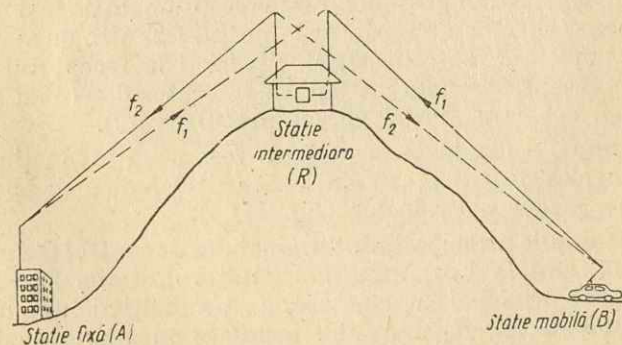


Fig. III.3. Legătură radiofonică prin stație intermediară.

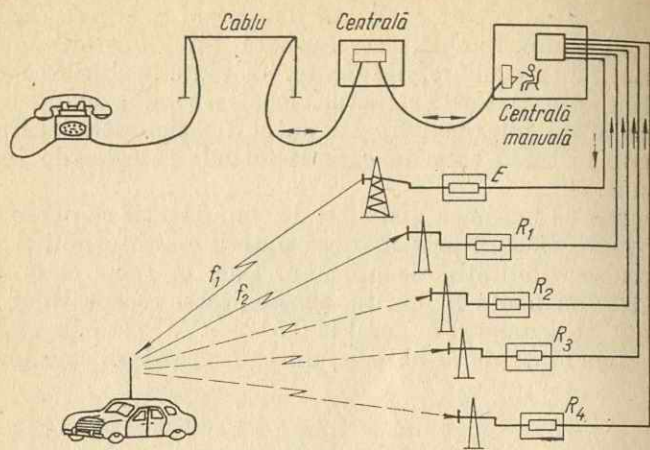


Fig. III.4. Rețea de radiotelefoane în care stația fixă utilizează mai multe receptoare.

nu pot utiliza emițătoare cu puteri mari. De aceea, pentru a asigura o distanță de convorbire mai mare în ambele sensuri, se utilizează un alt procedeu. La stația fixă se folosește un emițător puternic (60–100 W) sau — când stația se află la marginea zonei de deservire — o antenă directivă cu un câștig mare (10–12 dB). În afară de receptorul obișnuit, stația fixă mai utilizează și alte receptoare amplasate pe înălțimile cele mai favorabile pentru recepție și conectate prin linii telefonice cu stația centrală (fixă). În felul acesta transmisiunea unui post mobil este recepționată de mai multe receptoare și transmisă prin fir la postul fix. Aici, cu ajutorul unui comutator, se conectează difuzorul la receptorul care asigură recepția cea mai inteligibilă (receptorul cel mai apropiat sau cel care „vede” direct postul mobil).

O rețea realizată în acest fel a fost pusă în funcțiune la Los Angeles pentru a asigura legături telefonice cu abonați care se găsesc pe vehicule (fig. III.4).

Instalațiile principale ale terminalului de control fix (stația centrală) sînt la Los Angeles. Emițătorul stației fixe E și receptorul principal R_1 sînt așezate pe înălțimi învecinate. Receptoarele R_2 , R_3 și R_4 sînt instalate pe diferite înălțimi alese convenabil pe întinsul suprafeței ce interesează. Termina-

lul de control funcționează în sistem duplex, emițătorul E lucrînd pe frecvența f_1 și receptorul R_1 pe frecvența f_2 . Instalațiile mobile funcționează în sistem semiduplex, folosind frecvența f_1 pentru recepție și frecvența f_2 pentru emisie.

Convorbirea dintre echipamentele mobile poate fi efectuată numai prin intermediul stațiilor de recepție și emisie fixe.

Această rețea funcționează cu un număr de 60 echipamente mobile.

Un alt tip de rețea, propusă în Anglia de către Brinkley și destinată mai ales transmisiunilor într-o singură direcție, este realizată în felul următor: stația centrală, de putere mică (sub 1 W), printr-un sistem de antene directive, transmite în același timp radiocomunicația la trei sau mai multe stații intermediare distribuite pe teritoriul care trebuie acoperit. Aceste stații intermediare retransmit în același timp comunicația primită de la stația centrală, cu o putere mai mare (10 W).

S-a arătat în cap. I §2 că un post va recepționa numai emisiunea cea mai puternică, deci numai emisiunea postului de retransmisiune cel mai apropiat.

Pentru a se transmite o comunicație de la postul mobil la stația fixă, postul mobil, după ce a primit un mesaj la care trebuie să răspundă, își va căuta o poziție favorabilă, care să permită ca emisiunea sa să poată fi recepționată de postul central.

Distribuția de frecvență din această rețea este următoarea: postul fix emite pe frecvența f_1 și recepționează pe f_3 , posturile intermediare recepționează pe f_1 și emit pe f_2 , iar posturile mobile recepționează pe f_2 și emit pe f_3 .

Rețeaua de radiotelefoane dintr-o regiune întinsă se poate realiza în așa fel, încît o mașină, indiferent de poziția în care se află, să poată intra în legătură cu orice mașină sau orice abonat telefonic din întreaga regiune. Această rețea se obține prin folosirea mai multor posturi fixe cu legătură telefonică sau radio între ele. Posturile mobile au posibilitatea să intre în legătură directă cu stația fixă cea mai apropiată, iar de la această stație, prin intermediul rețelei telefonice, pot stabili legături cu oricare stație fixă sau mobilă din toată regiunea.

Posturile fixe lucrează pe un singur canal, iar posturile mobile au mai multe canale, pentru a putea comunica cu

oricare alt post fix din regiune. Posturile fixe vecine funcționează pe frecvențe diferite, pentru a nu se perturba. Prin conectarea posturilor fixe la rețeaua telefonică se poate ca un abonat telefonic să intre în legătură cu orice mașină din regiunea respectivă, prevăzută cu radiotelefon.

O astfel de rețea, formată din 80 de stații fixe, este folosită pentru deservirea întregului sistem energetic din R.D.G. Centrele de intervenție ale sistemului energetic, situate la distanțe de 20—25 km, sînt legate între ele cu o linie telefonică. Fiecare centru este dotat cu o stație fixă de radiotelefon și o mică centrală telefonică. Un dispozitiv special permite trecerea de la legătura radiotelefonică la legătura telefonică.

Mașinile de intervenție, dotate cu stații mobile de radiotelefon cu cîte 10 canale, circulă între aceste posturi fixe. Dacă o mașină trebuie să efectueze o convorbire cu una din stațiile fixe, sau cu un alt abonat al rețelei telefonice, cheamă postul fix cel mai apropiat. Acesta, cu ajutorul rețelei telefonice, asigură legătura cu oricare altă stație sau abonat.

CAPITOLUL IV

ÎNȚREȚINEREA RADIOTELEFOANELOR

1. APARATE DE MĂSURAT NECESARE

Orice întreprindere posesoare de radiotelefoane trebuie să-și organizeze un laborator pentru întreținerea radiotelefoanelor, în care să se găsească următoarele aparate (în paranteze se dau ca exemplu tipurile de aparate indicate):

- voltmetru cu rezistență internă de cel puțin 20 000 Ω /V (E.A.W 20 k Ω /V);
- voltmetru electronic de înaltă frecvență (BM 289—Tesla; URV-2—R.F.T, GM 6058 — Philips);
- voltmetru electronic de joasă frecvență;
- osciloscop catodic;
- milivoltmetru electronic de înaltă frecvență;
- generator de joasă frecvență;
- generator de înaltă frecvență, modulat în frecvență, care să cuprindă benzile de frecvență ale radiotelefonului utilizat (T.F. 995 A/2M — Marconi $f = 1,5 - 220$ MHz; 2006 — R.F.T. $f = 10 - 240$ MHz);
- măsurător de deviație de frecvență (3012 — R.F.T, TF 791 c/2 — Marconi);
- wattmetru de înaltă frecvență (1020A — Marconi);
- frecvențmetru (528 — U.R.S.S.);
- undammetru cu absorbție (182,10 — 300 MHz — R.F.T., BM 307 — Tesla);
- catometru.

2. VERIFICAREA ÎN EXPLOATARE

Pentru fiecare etaj din emițător și din receptor sint stabilite anumite „puncte de măsură”. Măsurând tensiunea în aceste puncte, se poate aprecia dacă funcționarea etajului este normală. La majoritatea radiotelefoanelor aceste puncte sint conectate la o mufă accesibilă din exterior, fără a scoate aparatul din cutie.

În momentul punerii în funcțiune a radiotelefonului se notează într-un registru (registru de exploatare al radiotelefonului) tensiunile citite în fiecare punct de măsură.

Verificarea în exploatare se face de către un tehnician o dată pe săptămână și constă din controlul vizual al stării aparatului și din măsurarea tensiunii de control. Toate tensiunile de control se pot măsura cu un instrument de curent continuu, livrat de fabrica constructoare o dată cu radiotelefonul sau cu orice voltmetru de curent continuu care are o rezistență internă de cel puțin 20 000 Ω/V . Citirile și observațiile făcute se notează în registrul de exploatare.

Pentru o astfel de verificare nu este necesar ca radiotelefonul să fie transportat în laboratorul de radiocomunicații.

3. VERIFICAREA ÎN LABORATOR

Periodic, la un interval de aproximativ o lună, performanțele radiotelefoanelor sint verificate în laborator, așa cum se arată în cele ce urmează.

a. Măsurarea puterii de emisie. Puterea de emisie se poate măsura cu ajutorul unui wattmetru sau al unui voltmetru electronic de înaltă frecvență.

În cazul în care se folosește un wattmetru, acesta se conectează la mufa de ieșire a emițătorului.

Cu ajutorul voltmetrului se măsoară căderea de tensiune ce apare pe o rezistență chimică conectată la ieșirea emițătorului; valoarea rezistenței este egală cu impedanța de ieșire a emițătorului. Puterea de emisie se calculează cu formula :

$$P = \frac{U^2}{R},$$

în care: P este puterea de ieșire, în W ;

U — tensiunea măsurată la bornele rezistenței, în V ;
 R — rezistența de sarcină a emițătorului, în Ω .

b. Măsurarea deviației de frecvență. Pentru măsurarea deviației de frecvență se utilizează un măsurător de deviație de frecvență. Acesta este un aparat de recepție, de tip superheterodină, pentru oscilații modulate în frecvență. Aparatul este prevăzut cu un discriminator de frecvență liniar, care transformă variațiile de frecvență în variații de tensiune. Tensiunea continuă, obținută la ieșirea discriminatorului, servește la măsurarea statică a deviației de frecvență sau la măsurarea deviației frecvenței de centru în funcționarea dinamică. Tensiunea de joasă frecvență de la ieșirea discriminatorului servește la măsurarea dinamică a deviației de frecvență.

Pentru efectuarea acestei măsurători, la intrarea emițătorului (la bornele microfonului) se aplică o tensiune de joasă frecvență de valoarea specificată în instrucțiunile aparatului ($U_i = 400$ mV pentru emițătoarele care utilizează un microfon cu cărbune).

Cordonul de intrare al măsurătorului de deviație se cuplează slab cu ieșirea emițătorului printr-o buclă formată dintr-o sirmă de conexiune.

Măsurătorul de deviație se acordează pe frecvența emițătorului.

Frecvența de modulație se variază de la 300 la 3 000 Hz; pe scara măsurătorului de deviație se citesc deviațiile corespunzătoare frecvențelor : 300, 1 000, 1 500, 2 000, 3 000 Hz. Valorile citite se compară cu cele indicate de fabricant.

c. Măsurarea distorsiunilor introduse de emițător. Măsurarea distorsiunilor introduse de emițător se face cu ajutorul aceluiași montaj ca cel folosit pentru măsurarea deviației de frecvență.

Măsurătorul de deviație de frecvență este prevăzut cu două borne, de la care se poate lua tensiunea de joasă frecvență rezultată din demodularea undei emițătorului. La aceste borne se conectează în paralel o punte de distorsiuni și un osciloscop catodic. În felul acesta se pot măsura distorsiunile introduse de emițător și se poate vedea forma semnalului.

d. Măsurarea sensibilității receptorului. Pentru măsurarea sensibilității receptorului se folosește un generator de înaltă frecvență și un voltmetru electronic.

La intrarea receptorului se aplică un semnal modulată în frecvență (frecvența purtătoare este egală cu frecvența f pe care este acordat receptorul; frecvența de modulație $f_{mod} = 1\ 000$ sau 800 Hz; deviația de frecvență $\Delta f = 10$ kHz).

Cu ajutorul voltmetrului se măsoară tensiunea de la ieșirea receptorului (pe sarcina artificială sau pe difuzor).

Se variază nivelul semnalului de înaltă frecvență de la intrarea receptorului pînă cînd se stabilește o valoare minimă U_i care produce la ieșirea receptorului tensiunea nominală U_e (corespunzătoare puterii audio de ieșire din receptor). Se întrerupe modulația dată de generator (purtătoarea rămîne) și se citește tensiunea U_{zg} la ieșirea receptorului.

Sensibilitatea receptorului este U_i , la un raport semnal/zgomot

$$S = 20 \lg \frac{U_e}{U_{zg}}$$

De exemplu, în cazul receptorului RT-2, $U_i = 1\ \mu\text{V}$, $U_e = 1,5\ \text{V}$, $U_{zg} = 0,13\ \text{V}$; sensibilitatea receptorului este de $1\ \mu\text{V}$ la un raport semnal/zgomot $S = 20 \lg \frac{1,5}{0,13} = 20 \lg 11,5 = 21\ \text{dB}$.

e. Măsurarea puterii de ieșire din receptor. Cu un voltmetru se măsoară tensiunea U_e corespunzătoare unui semnal de intrare în receptor egal cu sensibilitatea receptorului $1\ \mu\text{V}$ ($\Delta f = 10$ kHz, $f_m = 1\ 000$ Hz, f este frecvența nominală a receptorului).

Puterea se determină cu relația:

$$P_e = \frac{U_e^2}{Z}, \text{ în care } Z \text{ este impedanța difuzorului.}$$

f. Măsurarea selectivității receptorului. Pentru măsurarea selectivității receptorului se pot folosi mai multe metode.

Metoda cu un singur semnal. La intrarea receptorului se aplică un semnal $U_i = 1\ \mu\text{V}$, cu frecvența nominală, $\Delta f = 10$ kHz, $f_m = 1\ 000$ Hz și se măsoară tensiunea de ieșire U_e . Apoi, receptorului i se aplică, pe rînd, tensiuni cu

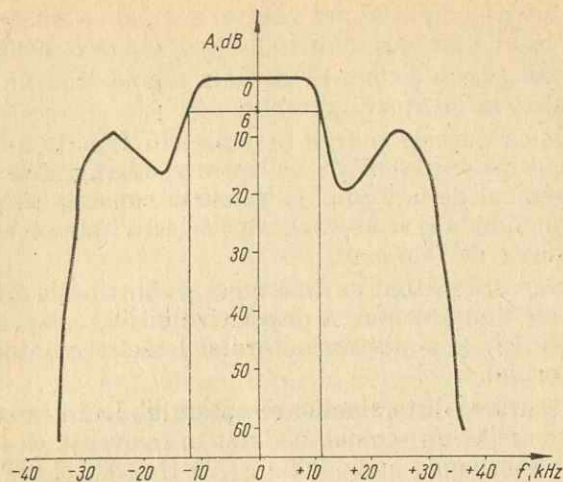


Fig. IV.1. Curba de selectivitate a receptorului RT-2 măsurată cu un semnal.

frecvențe cuprinse în banda de frecvențe care interesează. Amplitudinea semnalului dat de generator se mărește pînă cînd voltmetrul de la ieșirea receptorului indică aceeași valoare ca și pentru frecvența centrală (U_e). În acest caz atenuarea este dată de raportul tensiunilor de la intrare.

În felul acesta, pentru receptorul RT-2 s-a ridicat diagrama din fig. IV.1. Pe această diagramă se observă că banda de trecere a receptorului este de ± 12 kHz la 6 dB, iar atenuarea la ± 40 kHz depășește 60 dB. Cele două maxime se datoresc maximelor curbei discriminatorului.

Metoda cu două semnale. Aceasta este metoda de bază pentru măsurarea selectivității receptoarelor ce lucrează în gama U.U.S., deoarece condițiile de măsurare sînt identice cu condițiile normale de funcționare ale receptoarelor.

La intrarea receptorului, printr-un circuit de adaptare, se aplică două semnale obținute de la două generatoare. Unul din semnale, care reprezintă semnalul dorit, este nemodulat; celălalt semnal, care reprezintă perturbația, este modulată. Semnalul dorit are frecvența egală cu frecvența receptorului și un nivel de $1\ \mu\text{V}$. Frecvența semnalului perturbator se variază în banda de frecvențe în care se determină

selectivitatea; amplitudinea acestui semnal se mărește pînă cînd la ieșirea receptorului se obține puterea nominală.

În felul acesta putem să ne dăm seama cînd un semnal perturbator influențează recepția.

Se ridică curbele puterii la ieșire, în funcție de nivelul semnalului perturbator de la intrare, variîndu-se nivelul acestui semnal de la 0 pînă la valoarea capabilă să producă puterea nominală și se observă dacă selectivitatea corespunde celei indicate de fabricant.

Prin această metodă se determină și contribuția diferitelor circuite ale limitatorului, a dispozitivului de reglaj automat al amplificării și a discriminatorului la selectivitatea totală a receptorului.

g. Măsurarea distorsiunilor receptorului. La intrarea receptorului se aplică un semnal modulat în frecvență cu anumite frecvențe din banda audio 300—3 000 Hz (300, 1 000, 1 500, 2 000, 3 000 Hz). Acest semnal se obține de la un generator de înaltă frecvență modulat din exterior cu semnale produse de un generator de joasă frecvență.

Distorsiunile pe care le introduce receptorul la diverse frecvențe de modulație se măsoară cu ajutorul unei punți de distorsiuni, conectată la ieșirea receptorului. Unda de joasă frecvență poate fi vizualizată pe ecranul unui osciloscop catodic conectat la ieșirea receptorului.

Dacă măsurătorile efectuate după indicațiile date nu corespund cu performanțele inițiale ale radiotelefonului, este necesar să se reacordeze sau să se depaneze aparatul.

4. REACORDAREA EMITĂTORULUI ȘI RECEPTORULUI

După reparațiile care au necesitat înlocuiri de tuburi sau de elemente din circuitele acordate trebuie să se facă reacordarea etajelor afectate și, uneori, reacordarea completă a emițătorului și a receptorului.

a. Reacordarea emițătorului. *Etajele de înaltă frecvență* (multiplicatoarele de frecvență și etajul final de putere). Etajul final de putere, cînd este dezacordat sau cînd nu primește excitația normală pe grilă, consumă un curent anodic

exagerat de mare. În această situație se reduce sau se decorectează tensiunea de ecran sau — în cazul triodelor — tensiunea anodică, pînă în momentul în care emițătorul este reacordat cel puțin brut.

Acordarea etajelor de înaltă frecvență se face în mod obligatoriu dinspre oscilator spre etajul final și constă din reglarea tuturor circuitelor acordate.

Pot fi utilizate trei metode de acordare.

Metoda 1. Acordarea circuitelor se face după maximul tensiunii la bornele circuitului care trebuie să fie acordat.

Voltmetrul electronic de înaltă frecvență se conectează la ieșirea fiecărui etaj printr-o capacitate de 2—3 pF.

Metoda nu este indicată pentru acordarea etajelor care lucrează la frecvențe foarte înalte (multiplicatorul de frecvență și etajul final), deoarece bornele voltmetrului electronic, introduc o capacitate parazită care influențează mult acordul circuitului.

Metoda 2. Acordarea circuitelor se face după minimul curentului anodic din etajul care se acordează. Pentru măsurarea curentului anodic se folosește un miliampermetru conectat în circuitul de alimentare anodică al etajului respectiv.

Metoda 3. Acordarea se face după maximul curentului de grilă. Curentul de grilă se măsoară cu ajutorul unui microampermetru introdus în circuitul de grilă al etajului care trebuie să fie acordat.

Înainte de a pune în funcțiune etajul final, trebuie ca la borna de antenă să se conecteze un wattmetru sau o sarcină artificială.

După acordarea separat a fiecărui circuit se face acordarea în lanț a oscilatorului, multiplicatoarelor de frecvență, etajului final și circuitelor de ieșire, urmărindu-se obținerea puterii maxime (indicație maximă la wattmetru).

Etajele similare din emițătoarele construite cu tranzistoare se acordează după metoda 1, cu excepția etajului prefinal și a celui final, care se acordează pentru maximul puterii de ieșire.

Etajele de joasă frecvență și modulatorul de fază. Reacordarea acestor etaje se face numai după ce s-au acordat toate etajele de înaltă frecvență.

Pentru realizarea acordării etajelor de joasă frecvență și a modulatorului de fază, la bornele de microfon ale emițătorului se aplică o tensiune cu frecvența de 3 000 Hz și cu amplitudinea egală cu cea din prospect, iar la ieșirea emițătorului se caută să se obțină deviația de frecvență nominală.

Tensiunea aplicată la bornele de microfon se obține de la un generator de joasă frecvență, iar deviația de frecvență se măsoară cu ajutorul unui măsurător de deviație.

După ce s-a aplicat tensiunea, se acționează asupra potențiometrului de volum al amplificatorului de joasă frecvență pînă se obține deviația de frecvență nominală.

Dacă limitatorul de deviație de frecvență este prevăzut cu un element de reglaj se variază și acest element, urmărindu-se să se obțină limitarea deviației de frecvență atunci cînd se mărește de cîteva ori amplitudinea tensiunii de joasă frecvență și frecvența de modulație.

Se măsoară, de asemenea, distorsiunile introduse de emițător după metoda arătată în cap. IV, § 3 c. Dacă aceste distorsiuni depășesc valoarea preserisă de fabricant, atunci se variază elementul de reglaj al modulatorului de fază. Dacă prin acest reglaj s-a modificat mărimea deviației de frecvență, se acționează din nou potențiometrul de volum și elementul de reglaj al limitatorului de deviație de frecvență.

b. Reacordarea receptorului. Discriminatorul. Întotdeauna reacordarea receptorului se începe cu acordarea discriminatorului. Majoritatea radiotelefoanelor sînt prevăzute cu discriminatoare de fază; de aceea, în cele ce urmează se descrie acordarea acestui tip de discriminator.

În cap. III, § 2 d (v. fig. II.49) a fost prezentat discriminatorul format din circuitul A_{77} și dubla diodă T_{78} -6AL5. Acordul acestui discriminator se face în felul următor:

— pe grila tubului T_{77} se aplică o tensiune de 0,6 V cu frecvența de 455 kHz (frecvența intermediară f_{i2});

— în punctul M_8 se conectează un voltmetru electronic cu scara de c.c. simetrică; se reglează inductanța bobinei L_{80} pentru a se obține indicația maximă la voltmetru; se reglează inductanța bobinei L_{81} pînă se obține indicația minimă la voltmetru (treccrea prin nul);

— se controlează simetria curbei discriminatorului variind frecvența semnalului aplicat în jurul frecvenței centrale de 455 kHz; la variații ale frecvenței de ± 10 kHz corespund, de obicei, variații ale tensiunii indicate de voltmetru de ± 30 —35 V; se admite o asimetrie de maximum 2 V.

În cazul unei asimetrii mai mari decît cea admisibilă se procedează în felul următor: dacă tensiunea indicată de voltmetru este prea mică sau prea mare se vor apropia sau depărta bobinele L_{80} și L_{81} și apoi se va reface acordul; dacă asimetria este prea mare, se va reacorda circuitul primar (L_{80}).

Etajele de frecvență intermediară. După acordarea discriminatorului se trece la acordarea etajelor de frecvență intermediară 2 (f_{i2}).

Dacă laboratorul este dotat cu un milivoltmetru electronic selectiv, acordarea etajelor de frecvență intermediară 2 se face în felul următor: pe rînd, la intrarea fiecărui etaj se aplică un semnal cu frecvența f_{i2} obținut de la un generator de înaltă frecvență. Se variază acordul circuitelor oscilante pînă cînd indicația milivoltmetrului electronic selectiv, conectat în paralel cu circuitele acordate, este maximă.

În mod asemănător se realizează acordul circuitelor de f_{i1} și al circuitelor de înaltă frecvență aplicînd, bineînțeles, semnalul indicat pentru fiecare etaj.

Întrucît majoritatea laboratoarelor de exploatare nu posedă milivoltmetre electronice selective și deoarece metoda prezentată înainte este greoaie, se preferă metoda următoare:

— se scoate din funcțiune oscilatorul local 2 (se scoate cristalul respectiv);

— se deconectează schimbătorul de frecvență 2 de etajul anterior;

— pe grila schimbătorului de frecvență 2 se aplică de la generatorul de înaltă frecvență un semnal cu frecvența f_{i2} .

În circuitul de grilă al primului limitator de amplitudine, în punctul de măsură prevăzut din fabricație, se conectează un voltmetru de c.c. (dacă receptorul nu are prevăzut acest punct de măsură, în circuitul de grilă al limitatorului

se va conecta un microampermetru sau un voltmetru electronic).

Se vor acorda, pe rînd, toate circuitele pentru a se obține indicația maximă la voltmetru.

Inițial, de la generator se aplică tensiunea maximă dar, pe măsură ce se face acordul, se micșorează această tensiune.

Pentru acordarea etajelor de frecvență intermediară 1 se pune în funcțiune oscilatorul local 2 și se conectează schimbătorul de frecvență 2 cu etajul precedent :

— se scoate din funcțiune oscilatorul local 1 și se deconectează schimbătorul de frecvență 1 de etajul de înaltă frecvență care-l precedă ;

— se aplică pe grila schimbătorului de frecvență 1 o tensiune cu frecvența f_{11} ;

— se acordează toate circuitele de frecvență intermediară 1, schimbătorul de frecvență 2 și oscilatorul local 2 pentru obținerea indicației maxime la voltmetrul conectat la intrarea primului limitator.

Amplificatorul de înaltă frecvență. Acordul amplificatorului de înaltă frecvență se face astfel :

— se pune în funcțiune oscilatorul local 1 și se conectează schimbătorul de frecvență intermediară 1 la etajul precedent ;

— se aplică la borna de antenă o tensiune cu frecvența egală cu frecvența nominală a receptorului (fără modulație) și se acordează toate etajele de înaltă frecvență pentru obținerea indicației maxime la voltmetrul de c.c. din etajul limitator ;

— se introduce apoi semnalul modulat în frecvență cu deviația nominală a receptorului respectiv și se reglează nivelul de joasă frecvență astfel, încît în difuzor să se obțină puterea nominală.

Etajul pentru eliminarea zgomotelor. Acest etaj se reglează cu ajutorul potențiometrului cu care este prevăzut, în așa fel, încît să nu se audă fișitul din pauzele de convorbire.

5. DEPANAREA RADIOTELEFOANELOR

Pentru depanare este nevoie de cunoașterea amănunțită a instalației și a modului ei de funcționare. Este util, totuși, să fie cunoscute și unele principii de depanare.

La ivirea unei anomalii în transmisiune se caută mai întîi să se determine care stație (cea fixă sau cea mobilă) prezintă defecțiunea și apoi care subsansamblu (emițător, receptor, alimentator, antenă) al acestei stații este defect. După această precizare se va vedea dacă defecțiunea se poate remedia pe loc sau dacă este necesar ca stația să fie transportată în laborator.

Exemplul I. Convorbirile sînt normale cînd stațiile se găsesc aproape (20—30 m), dar audiția scade în ambele sensuri, stingîndu-se complet cînd posturile se depărtează citeva sute de metri. În acest caz înseamnă că unul din posturi lucrează fără antenă și ca urmare se va controla sistemul de antenă: mufele cablurilor coaxiale, continuitatea cablului coaxial și antenele.

Exemplul II. Convorbirea se poate face numai într-un sens. Cauza acestei defecțiuni este ori defectarea emițătorului postului care recepționează convorbirea, ori defectarea receptorului postului care nu poate recepționa convorbirea.

Se va verifica cu un wattmetru dacă emițătorul presupus defect debitează putere. Dacă puterea acestuia este normală, atunci rezultă că receptorul postului care nu aude convorbirea este defect.

Exemplul III. Convorbirea nu poate avea loc într-un sens, dar receptorul care nu recepționează prezintă „fișitul” normal (fișitul este normal dacă dispăre cînd corespondentul trece de pe recepție pe emisie). În acest caz, emițătorul are etajul de joasă frecvență sau modulatorul defect.

Exemplul IV. Chiar din apropiere, convorbirea nu se aude în nici un sens. Cauza acestei pene este, în majoritatea cazurilor, defectarea sistemului de alimentare. Defectarea în același timp a ambelor receptoare sau a ambelor emițătoare este mai puțin probabilă.

Exemplul V. În cuprinsul razei de acțiune, de la o anumită distanță, unul din posturi nu mai aude convorbirea. În acest caz, ori receptorul postului care nu mai recepționează și-a pierdut sensibilitatea nominală, ori emițătorul postului care aude convorbirea nu mai debitează în antenă puterea nominală.

După identificarea subsansamblului defect se va trece la găsirea defecțiunii în interiorul acestui subsansamblu.

Depanarea se începe prin cercetarea stării tuburilor electronice și a pieselor. Se vor măsura apoi tensiunile în toate punctele de măsură prevăzute de fabricant, stabilindu-se etajul care nu prezintă tensiunea normală.

Dacă defecțiunea nu a fost găsită nici după aceste verificări, se va trece la măsurarea tensiunilor alternative, identificându-se în felul acesta etajul unde dispăre semnalul.

La emițător această măsurare se face dinspre etajul final spre oscilator.

La receptor se va introduce un semnal la intrare și se vor măsura cu un milivoltmetru selectiv tensiunile alternative la intrarea și ieșirea fiecărui etaj.

După înlăturarea defecțiunilor se vor măsura performanțele subansamblului.

BIBLIOGRAFIE

1. *Brinkley, Y.R.* The national planning of mobile radiotelephone services. Cambridge, Pye Telecommunications Ltd, 1959.
2. *Lytel, A.* Two-way radio. New York, McGraw-Hill Book Company, Inc., 1959.
3. *Babaev, N.T. și Kulikov, V.V.* Primenenie radio-releîn linii i U.K.W. radiosveazi v energosistemah. Moscva-Leningrad. Gosudarsvennoe Energeticeskoe izdatelstvo, 1959.
4. *Novakovschi, S.V. și Samollov, G.V.* Tehnica modulației de frecvență în radiodifuziune. București, Editura Energetică de Stat, 1954.
5. *Cartianu, Gh.* Modulația de frecvență, București, Editura Academiei Republicii Populare Române, 1958.
6. *Constantinescu S.* Radiotehnica teoretică și practică, vol. II. București Editura tehnică, 1961.
7. *Popescu, N. și Constantinescu, S.* Materiale radiotehnice noi. București Editura Militară, 1964.
8. *Amen, N.* Sisteme de modulație și demodulație folosite în radiorelee. Ministerul Căilor Ferate, Centrul de documentare, 1966.
9. *Sulghin, K.* Filtru electromecanic cu discuri pentru S.S.B. în: *Electronică și Telecomunicații*, Caiet selectiv, nr. 7, iulie, 1964, p. 446—455.
10. *Ludwig, O.* Die Konzeption von W.K.W.-keiln-sprachfunkgeräten für engere Kanalabstände. În: *Frequenz, R.F.G.*, vol. 19, nr. 4, aprilie, 1965, p. 105—115.
11. *Kötitz, W.* Ein neues Funksystem für bewegliche Funkdienste. În: *Radio und Fernsehen, R.D.G.*, nr. 23, 1. XII, 1965, p. 709—710.
12. *Kloepfer, W.* Tragbare und fahrbare U.K.W. Funksprechgeräte. În: *N.T.Z., R.F.G.*, vol. 13, nr. 12, dec., 1960, p. 609—614.
13. *Streit, R.* Drahtlose Teilnehmearanlagen. În: *Bulletin A.S.E. Elveția*, vol. 45, 23 martie, 1963, p. 201—205.
14. *Schäffer.* Transistor-Kleinstfunkgeräte. În: *Radio und Fernsehen, R.D.G.*, nr. 24, 15 dec., 1960, p. 763—767.
15. *Schulz, A. și Gerdes, H.* U.K.W.-Sprechfunkanlage für Reportagezwecke. În: *Radio und Fernsehen, R.D.G.* nr. 23, 1 dec., 1960, p. 746—747.
16. *Kühne, F.* 11-m-Handfunksprecher aus Japan. În: *Funkschau, R.F.G.*, nr. 14, iulie, 1963, p. 395—396.

17. Neues Handfunksprechgerät. În : Funkschau, R.F.G., nr. 17, sept., 1963, p. 462.
18. D.M. Un émetteur-récepteur pour radiotéléphonie maritime. În : Electronique. Franța, nr. 166, 15 sept., 1960. p. 38—42.
19. *Fillot, M.* Émetteur-récepteur miniature a 3 transistors. În : Electron. Profess. Franța, nr. 341, sept., 1964, p. 46—47.
20. *Laurent, P.* Le nouveau service radiotéléphonique mobile maritime utilisé par la S.N.C.F. În : Onde Electrique. Franța, nr. 397, apr., 1960, p. 332—336.
21. *Hoyau, C.* Émetteur récepteur tranzistorisé. În : Electron. Profess., Franța, nr. 331, oct. 1963, p. 40—47.
22. *Janel, A.* Un émetteur-récepteur 145 MHz tout tranzistorisé. În : Radio et T.V., Franța, nr. 144, apr., 1963. p. 158—160.
23. *Jujin, A.* Radiostanția na 144—146 Mgț. În : Radio, URSS, nr. 4, aprilie, 1960, p. 37—40.
24. *Sokolov, V.* Radiostanția na 28 i 144 Mgț. În : Radio, URSS, nr. 7, iulie, 1962, p. 19—22.
25. *Rosenholz, A.* Ricetransmettittore tranzistorizzato di 100 mW. În : L'Antenna, Italia, nr. 6, iunie, 1964, p. 264.
26. *Norris, I.* Three-transistor CB transceiver. În : Electronics World, S.U.A., vol. 68, nr. 5, hov., 1962, p. 38—39.
27. *Sonner, D. L.* Multi-watt tranzistorised CB transceivers. În : Electronics World, S.U.A., vol. 68. nr. 1, iulie, 1962, p. 45—47, 77.
28. *Bailey, A.* Future development in vehicular communication. În : Proceedings IRE, Anglia, vol. 50, nr. 5. mai, 1962, p. 1415—1420.
29. *Sidorow, G.* International mobile radio equipment. În : Electric al Communications, S.U.A., vol. 39, nr. 3, 1964, p. 346—359.
30. *Tyler, P.* Radio-telephone terminal equipment. În : A.T.E.-Journal Anglia, vol. 21, nr. 1, ian., 1965, p. 30—37.
31. Bantam, V.H.F. F.M. Radiotelephone Type HP1FM. Cambridge, Pye Telecommunications, 1966.
32. U.H.F. F.M. Radio Link Equipment Type U450L. Cambridge, Pye Telecommunications, 1966.
33. * * * Pye Vanguard H.U.F. F.M., Universal Radiotelephone Type U30, 450—470 M/s. Cambridge, Pye Telecommunications, 1966.
34. * * * Tranzistor Portable FM Radiotelephone Type FM10P. Cambridge, 1966.
35. * * * U.K.W-funksprechen R.F.T. VEB Funkwerk Dresden, 1966.
36. * * * 430/431 Handfunksprechgerät RFT VEB Funkwerk Dresden 1966.
37. * * * V.H.F. F.M. Equipment for Radio-telephone networks. Budapest Telecommunication Company, 1966.
38. * * * Technical Instructions for the FM 302 Radiotelephone. Marine Radio Service „Mors“ Polonia 1966.
39. * * * Radiotelefon Stacjonary FM 325, Marine Radio Service „Mors“ Polonia, 1966.
40. * * * Fixed VHF Radiostations Type CQF 11—2,—3; 136...174 Mc/s; CQF 31—2,—3; 68...84 Mc/s. Storno-Danemarca, 1966.
41. * * * Mobile Radiotelephone Type CQM 39—25/50; 68...88 Mc/s. Storno-Danemarca. 1966.
42. * * * V.H.F.—FM Fquipment Elektronska Industrija NIS. Yugoslavia, 1966.
43. * * * Anlage-und Gerätebeschreibung Radiotelephon Typ RT-5. Brown-Boveri & Cie. Baden. 1960.
44. * * * Anlage-und Gerätebeschreibung F.M.-Richtstrahl-Anlage Typ RT-6 Brown-Boveri & Cie, Baden, 1966.
45. * * * Portophone TPR-80; TPR-160. T.R.T.-Télécommunications Radio-électriques et téléphoniques. Paris, 1966.
46. * * * Equipement Mobilophone RR 313/20 N. T.R.T.-Télécommunications Radioélectriques et téléphoniques. Paris, 1966.

TABLA DE MATERII

Introducere	3
Cap. I. Caracteristicile generale ale radiotelefoanelor	9
1. Frecvențele utilizate	9
2. Tipul de modulație	13
3. Sisteme de lucru	15
4. Performanțele radiotelefoanelor	20
Cap. II. Descrierea radiotelefoanelor	25
1. Generalități	25
2. Emițătorul	31
3. Receptorul	77
4. Alimentarea	107
5. Antene	117
6. Descrierea radiotelefonului HP1FM	127
Cap. III. Instalarea și utilizarea radiotelefoanelor	135
1. Particularitățile de propagare a undelor ultracurte (U.U.S.)	135
2. Instalarea stației fixe	139
3. Instalarea stației mobile	140
4. Punerea în funcțiune și determinarea pe teren a condițiilor de convorbire	141
5. Rețele de radiotelefoane	145
Cap. IV. Întreținerea radiotelefoanelor	151
1. Aparat de măsurat necesare	151
2. Verificarea în exploatare	152
3. Verificarea în laborator	152
4. Reacordarea emițătorului și receptorului	156
5. Depanarea radiotelefoanelor	160
Bibliografie	163

Redactor responsabil : Ing. MARIA LĂZĂRESCU
Tehnoredactor : THEODOR IVAN

*Dat la cules 23.01.1967. Bun de tipar 25.08.1967. Apărut 1967.
Tiraj 6000+140 Brosate. Hirtie tipar inalt tip B de 63 g/m²,
610×860/16. Coli editoriale 9,13. Coli de tipar 10,50. Planșe
tipar, 3 A. 603/1967. C.Z. pentru bibliotecile mari 621.396.72.
537—962. C.Z. pentru bibliotecile mici 621.*

Tiparul executat sub comanda nr. 1/96 la
Întreprinderea Poligrafică „13 Decembrie 1918”
Str. Grigore Alexandrescu nr. 89—97, București,
Republica Socialistă România

Colecția de electronica industrială

Voltmetre electronice,

de **I. Diaconescu** și **Rodica Boconcioc**

Frecvențmetre electronice,

de **Rodica Popescu**

Generatoare de semnal,

de **R. Andreescu**

Analizoare de gaze și lichide,

de **G. Ianculescu**

Colecția radio și televiziune Colecția radio și televiziune Colecția

Actualități și tendințe în tehnica radioreceptoarelor,
de **V. Teodorescu** și **Th. Bădărău**

Transformatoare de joasă frecvență,

de **B. Bărbat**

Construcții radio. Montaje realizate de radioamatori,

de **D. Codăuș** și **Gh. Stănculescu**

Radiotelefoane pe unde ultrascurte,

de **Gh. Constantinescu**

Radiolocația și aplicațiile ei,

de **Gh. Ardelean**

Radiodirijarea,

de **Gh. Druță**

Sfaturi pentru utilizarea televizoarelor Temp 6 M

și Temp 7 M