

1961. — Р. А. Валитов, К. И. Палатов, А. Е. Черный, Методы измерения основных характеристик флуктуационных сигналов, Харьков 1961. — А. А. Харькович, Борьба с помехами, Москва 1963. — Р. F. Panter, Modulation, noise, and spectral analysis, New York 1965. — N. M. Blachman, Noise and its effects on communication, New York 1966. — R. King, Electrical noise, London 1966. — J. J. Downing, Modulation systems and noise, Englewood Cliffs, N. J. 1968. — C. Montebello, Il rumore d'antenna, Roma 1968. — A. van der Ziel, Noise: sources, characterization, measurement, New York 1970. — H. Bittel, L. Storm, Rauschen, Berlin-Heidelberg-New York 1971. — М. Л. Водин, Паразитные процессы в радиоэлектронной аппаратуре, Москва 1972. — К. В. Камермолле, Принципы импульсно-кодовой модуляции, Москва 1973.

B. Zovko-Cihlar

### ELEKTRONIČKI UREĐAJI U RADIO-VEZAMA

Radio-veze služe za prijenos informacija s pomoću elektromagnetskih radio-valova. Te valove stvaraju i zrače radio-odašiljači svojim odašiljačkim antenskim sistemima, a primaju ih prijemne antene i radio-prijemnici. Radio-veze su jedno od najvažnijih područja elektronike. Upravo na tom području počeli su se elektronički sastavni dijelovi, sklopovi i uredaji po prvi put primjenjivati pred više od pola vijeka. Tek znatno kasnije elektronički su uredaji ušli u upotrebu u većoj mjeri i u drugim granama. Radio-veze dijele se s obzirom na način svoje primjene na stalne radio-veze, na pokretne radio-veze i na usmjerene radio-veze. U ovom će članku biti govora samo o stalnim i pokretnim radio-vezama, a usmjerene radio-veze obradene su u okviru članaka *Telekomunikacije, Telefonija, Telegrafija*.

**Radio-valovi** su elektromagnetski valovi koji se iskorišćavaju za radio-veze. Radio-valovi označavaju se bilo valnom duljinom bilo frekvencijom. Odnos između valne duljine  $\lambda$  i frekvencije  $f$  dan je relacijama

$$\lambda = c/f \text{ i } f = c/\lambda,$$

gdje je  $c$  brzina širenja radio-valova ( $c \approx 300\ 000$  km/s). Za radio-veze primjenjuju se elektromagnetski valovi frekvencija 3 kHz...3000 GHz (v. tabl. 1, str. 646), tj. valne duljine 100 km...0,1 mm.

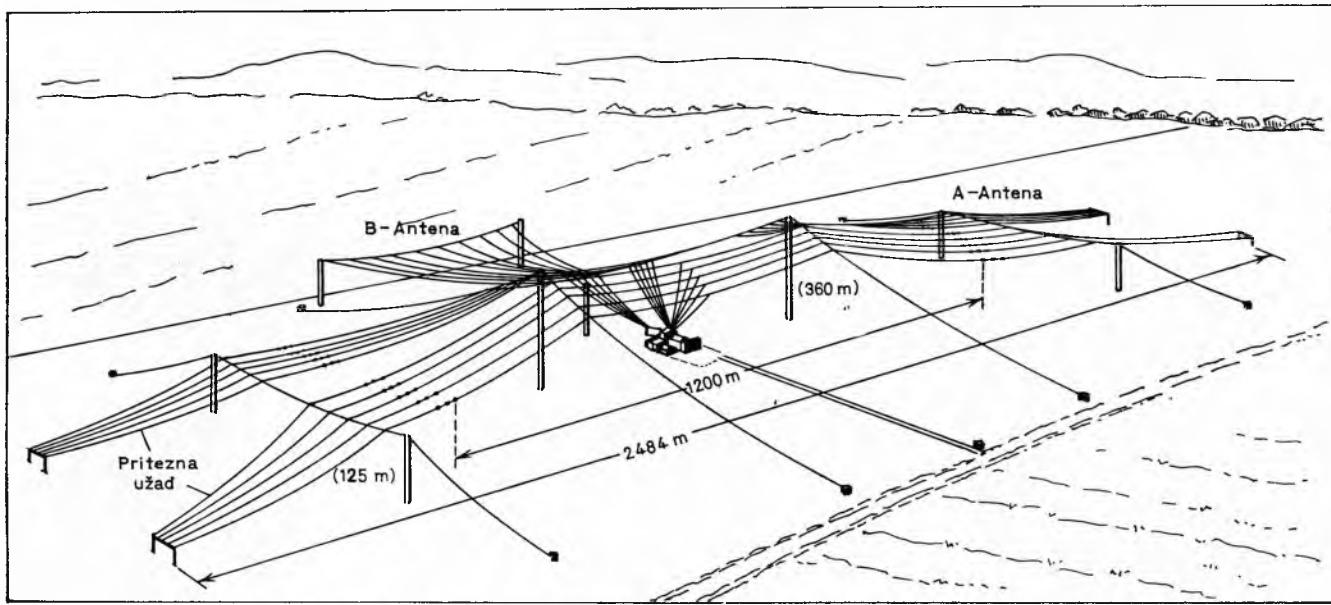
znakova telegrafskog koda, ili tastovanje modulirajuće niske frekvencije. — A2J: telegrafija s tastovanjem modulirajuće niske frekvencije i prenosom samo jednog bočnog pojasa, a s potisnutim drugim bočnim pojasmom i potisnutim prenosnim valom. — A2H: telegrafija s tastovanjem modulirajuće frekvencije i prenosom jednog bočnog pojasa i prenosnog vala, a s potisnutim drugim bočnim pojasmom. — F1: telegrafija pomicanjem frekvencije prenosnog vala između dvije vrijednosti (npr. za 400 Hz) u ritmu znakova telegrafskog koda (engl. frequency shift). Primjenjuje se za teleprinterski simpleksni rad. — F6: telegrafija promjenom frekvencije prenosnog vala između četiri frekvencije (pomaci iznose npr. -600, -200, +200, +600 Hz). Upotrebljava se za duopleksni (dipleksni) rad pri teleprinterskom prenosu.

Za prenos telefonije primjenjuju se ove vrste modulacije:

A3: telefonija s prenosom obaju bočnih pojava i prenosnog vala. Primjenjuje se danas još u pokretnim službama. — A3A telefonija s jednim bočnim pojasmom i djelomično potisnutim prenosnim valom. Drugi je bočni pojas potpuno potisnut. — A3B: telefonija s djelomično potisnutim prenosnim valom i dva bočna pojava koji su jedan od drugog neovisni. — A3J: telefonija s prenosom samo jednog bočnog pojasa, a s potisnutim drugim bočnim pojasom i potisnutim prenosnim valom. — A3H: telefonija s prenosom prenosnog vala i jednog bočnog pojasa, a s potisnutim drugim bočnim pojasom.

Nakon eksperimentalnog perioda od nekoliko godina pristupilo se početkom ovog stoljeća uspostavljanju prvih pokretnih (prvenstveno brodskih) i stalnih radio-veza. U razvoju i proizvodnji radio-uredaja prednjačila je tada u Engleskoj i u svijetu tvrtka Marconi, a nešto kasnije u Njemačkoj tvrtka Telefunken. Od 1904 pa nadalje postavljaju se radio-stanice s odašiljačima na iskre na brodove i području takve stанице s stalne radio-veze na kopnu. Domet tih radio-stanica bio je u početku malen. U našoj zemlji montirana je prva radio-stanica u blizini Bara za stalnu vezu između Crne Gore i Italije, a prvi je saobraćaj uspostavljen 23. VIII 1906.

Čim su se pojavile prve radio-veze, naročito pokretne na brodovima, iskrili su u vezi s time i različiti pravni, organizacijski i tehnički problemi. Stoga je već 1906 sagzvana prva međunarodna konferencija u Berlinu, a druga 1912 u Londonu, radi zajedničkog rješavanja svih tih problema. Tako su, među



Sl. 1 Antenski sistem stare radio-stanice Nauen (Njemačka) (kote u zagradama su visine stupova)

**Vrste modulacije.** Prenosni se radio-val radi prenosa informacije mora modulirati. Pri amplitudnoj modulaciji (kratika A) mijenja mu se amplituda, a pri frekvencijskoj i faznoj modulaciji (kratika F), frekvencija odn. faza (v. poglavlja Odašiljači, str. 588, Prijemnici, str. 591 i Šum, str. 632). Modulacija se može provesti na više načina. Danas se u stalnim i pokretnim vezama upotrebljavaju za prenos telegrafije ove vrste modulacije:

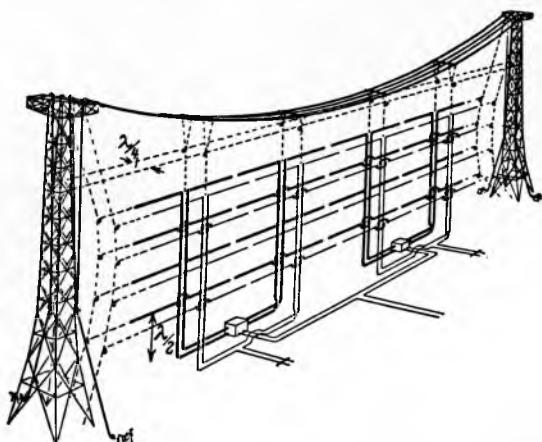
A1: telegrafija bez upotrebe modulirajuće tonske frekvencije, tastovanje (uključivanje i isključivanje) prenosnog vala u ritmu znakova telegrafskog koda. Primjenjuje se obično samo za tastovanje Morseovih znakova. — A2: telegrafija sa tastovanjem prenosnog vala moduliranog jednim tonom ili više njih u ritmu

nim, već tada utvrđene radne valne duljine i radni postupci za pokretnе (brod-ske) i stalne radio-službe.

Prvi odašiljači radili su iskrama i zračili prigušene valove. Primjena tzv. gašenih iskrista (rotirajućih, Wienovih) i primjena detektora umjesto ranijeg koherera omogućila je rad i na veće udaljenosti. S gradnjom takvih stаница za stalne veze otvorelo se već 1909, ali stанице veće snage, više stotina kilovata, gradene su tek u razdoblju 1912...1923. U tim se stanicama, koje su imale golome antenske sisteme (sl. 1), ponegdje primjenjuju odašiljači Poulsenovim lukom i s visokofrekvenčnim rotirajućim generatorima. Stанице tih tipova zračile su već neprigušene valove. Odašiljači na iskre, međutim, i dalje se upotrebljavaju u pokretnim i stalnim vezama sve do kraja dvadesetih godina. Od radio-stanica koje su u to vrijeme održavale radio-vezu na velike udaljenosti treba spomenuti Nauen kod Berlina (1913), St. Assise kod Pariza, Rocky Point kod New Yorka i Rugby u Engleskoj (1923).

Po završetku prvog svjetskog rata počele su se u odašiljačima manjih snaga upotrebljavati i elektronke. Oscilator služio je u početku i kao izlazni stepen snage, pa stoga stabilnost frekvencije nije bila na visini.

Usprkos mišljenju tadašnjih stručnjaka da se valovi od 15 do 100 m mogu upotrijebiti samo za veze na male udaljenosti, američki su radio-amateri u toku 1921/22 sa svojim stanicama male snage uspostavljali veze kratkim valovima na vrlo velike udaljenosti i time oborili to shvaćanje. Stoga su se od 1923 počeli primjenjivati također kratkovlani odašiljači s električnima i za stalne veze na velike udaljenosti. Kratkovlani odašiljači radili su u prvo vrijeme s antenama s kružnom karakteristikom. Međutim, već od 1926 počinju se za takve odašiljače primjenjivati i usmjereni antenski sistemi (sl. 2), čime se postigla ušteda snage i podigao kvalitet veza. Slične usmjerene antene upotrebljavale su se i za prijem na kratkim valovima, što je znatno pridonijelo njegovom poboljšanju.



Sl. 2. Antenski sistem za usmjereno zračenje kratkih valova

Budući da su radio-veze na kratkim valovima postepeno preuzele veći dio radio-saobraćaja na velikim udaljenostima, i budući da su investicije za takve stanice bile manje, od 1927 ne grade se više nova velika dugovalna radio-postrojenja osim za specijalne svrhe (za navigacijske sisteme, za prenos meteoroloških podataka, 'za rad sa zaronjenim podmornicama i sl.).

Zbog načina širenja kratkih valova (v. poglavlje ovog članka Širenje elektromagnetskih valova, str. 626) i radi održavanja veze na različitim udaljenostima, u toku danas treba kratkovlano odašiljaču i po više puta mijenjati radnu frekvenciju i pripadnu antenu. Tehnička usavršavanja na odašiljačima kratkih valova za stalne veze išla su stoga za tim da se promjene valne duljine mogu provesti što brže i da elementima na kojima treba vršiti promjene bude što manje; posljednjih se godina ide i za tim da se te promjene mogu provesti i daljinskim upravljanjem. Mnogo se postiglo i u pogledu stabilnosti radne frekvencije i tačnosti postavljanja te frekvencija, a također u pogledu bolje korisnosti odašiljača. Usmjerene i obične antene koje se sada upotrebljavaju uz odašiljače kratkih valova manje su i širokopojasne, tako da pri svakoj promjeni frekvencije nije potrebno mijenjati i prilagodenje antene.

Zbog loših prijemnika, koji su se u početku sastojali samo od sklopova titranjnih krugova, kristalnog detektora i slušalice, bile su potrebne i za prijem jako velike antene. Stoga se u prvo vrijeme radio naizmjenice na istoj golemoj anteni za odašiljanje i prijem. Nakon uvođenja elektronki počela su se u prijemnicima upotrebljavati visoko- i nisko-frekvenčna pojačala uz primjenu pozitivne povratne veze (tada zvane reakcija) i heterodinu, što je sve, uza svu primjernost tih uređaja, znatno poboljšalo prijem. S takvim se prijemnicima mogao provoditi prijem i s manjim antenama, pa se brzo prešlo i na usmjerene (okvirne) antene, čime su se znatno smanjile i smetnje. U velikim dugovalnim radio-postrojenjima stalnih veza radio se već početkom dvadesetih godina s odvojenim prednjim i prijemnim centrom. Vrlo se rano počeo primjenjivati i superheterodinski prijemnik, koji je za prijem telegrafije na neprigušenim valovima (A1) morao imati povratnu vezu ili dodatni oscilator (v. poglavlje Prijemnici, str. 593).

Profesionalni su se radio-prijemnici za stalne veze postepeno usavršavali. Od jednostrukih superheterodina prešlo se na dvostrukе, a u njihovim su se medufrekvenčnim pojačalima radi postizanja manje širine pojasa propuštanja počeli primjenjivati kvarcni i drugi mehanički filtri. Da bi se smanjio utjecaj fedinga (povremenog slabljivanja elektromagnetskog polja zbog pojave pri širenju) u početku se isti signal primaо na dva odvojena mesta i registriraо na istoj ondulatorskoj traci jedan ispod drugog; kasnije se počeo primjenjivati prijem sa dvije nešto odvojene antene spojene na isti specijalni tzv. diverzitit-prijemnik.

Stalne radio-veze upotrebljavale su se u početku samo za telegrafiju i prenos slika, a tek nešto kasnije i za telefoniju.

### Stalne radio-veze

Stalne ili fiksne radio-veze pripadaju stalnoj radio-službi koja održava veze između tačno određenih stalnih mesta. Ovakve se veze upotrebljavaju danas za radio-telegrafski i radio-telefonski saobraćaj, za prenos slika na veće i velike udaljenosti i za saobraćaj između kontinenata.

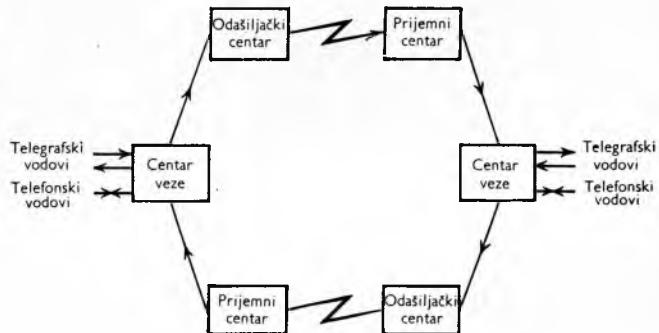
Za prenos informacija, u stalnim radio-vezama primjenjuju se u manjoj mjeri radio-valovi vrlo niskih i niskih frekvencija (vrlo dugi, mirijametarski, i dugi, kilometarski valovi), u velikoj mjeri valovi visokih frekvencija (kratki, dekametarski valovi), a u neznatnoj mjeri i valovi ultravisokih frekvencija (ultrakratki, decimetarski valovi), ali ovi samo uz primjenu troposferskog raspršivanja (v. poglavlje Širenje elektromagnetskih valova, str. 624).

Za stalne radio-veze predvidene su međunarodnim dogovorima određene radio-frekvencije od kojih su neke zajedničke s drugim službama, a mnogo je i čistih (koje su dodijeljene samo toj službi), naročito u području visokih frekvencija (v. str. 646).

Korisnici stalnih radio-veza uglavnom su centralne uprave pošta, telegrafske i telefonske kompanije, novinske agencije, meteorološke službe i drugi. Pojedinačne stalne radio-veze primjenjuju se rijedje; obično se na jednom mjestu koncentriraju veći broj odašiljačkih ili prijemnih uređaja u odgovarajućim centrima.

**Postrojenja stalnih radio-veza.** Stalne radio-veze danas ne predstavljaju više neki sasvim odvojeni sistem koji počinje u odašiljačkom centru i završava u prijemnom centru, već su one sastavni dio općeg zemaljskog komunikacionog sistema u koji se one na pogodni način i na prikladnom mjestu ugraduju. Radi ovakve integracije potrebno je osim radio-sredstava predviđjeti i dodatne uređaje, koji se moraju ugraditi na kraju radio-sistema, kako bi se moglo s radio-veze preći izravno na zemaljsku telegrafsko-telefonsku mrežu i obratno. Radio-sistem za stalne veze (sl. 3) može se dakle podijeliti na tri velike grupe uređaja: odašiljačke centre sa svim svojim postrojenjima i uređajima, prijemne centre sa svim svojim uređajima i centre veze sa svojim uređajima.

Opsluživanje uređaja u tim centrima može biti prepusteno u cijelini poslužiocima centara koji prema instrukcijama dobivenim iz centra veze telefonom ili signalizacijom provode na uređajima pojedine operacije, npr. podešavanje odašiljača na određenu frekvenciju i spajanje na određenu antenu. Pri djelomičnom daljinskom upravljanju mogu se neki postupci koji se češće ponavljaju, npr. uklapanje i isklapanje odašiljača, obavljati iz centra ili kontrolnog mjesta. U najsvremenijim sistemima ide se, međutim, za tim da se sve operacije provode po daljinskoj komandi iz centra, i to bilo po pojedinačnim komandama uz povratnu signalizaciju ili prema naznačenom programu. Za takav rad, naravno, nisu prikladni odašiljači i prijemnici obične izvedbe, već su za to predviđeni automatizirani uređaji koji se po komandi sami postavljaju u određeni položaj/stanje i održavaju ga.

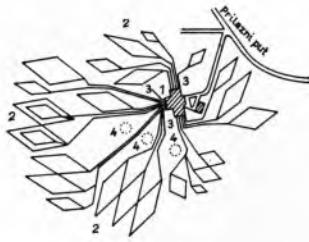


Sl. 3. Blokshema radio-sistema za stalne veze

Postrojenja za stalne radio-veze izvode se danas tako da je centar veza, koji se nalazi u zgradi centralne pošte neke zemlje, ili u zgradama neke telegrafske ili telefonske kompanije, s pomoću kabela ili usmjereno radio-vezom spojen s odašiljačkim i prijemnim centrom, koji su jedan od drugoga prostorno odvojeni. Udaljenost između centra veza i prijemnog ili odašiljačkog centra ovisi o lokalnim prilikama, a kreće se obično između 15 i 40 km.

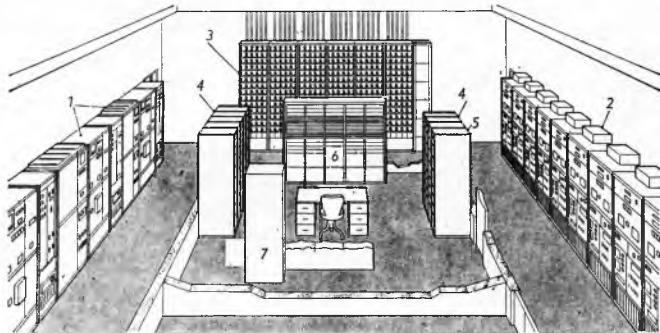
**Odašiljački centar stalnih radio-veza.** Za odašiljački centar bira se obično otvoreni, ravničarski ili nešto uzdignuti teren s dobrom električnom vodljivošću tla, a podalje od naselja i šumā. Za smještaj zgrada odašiljačkog centra, a naročito za smještaj antena potrebno je prilično mnogo mesta. Pogled odozgo na ovakav centar pokazuje sl. 4.

Energetska postrojenja, tj. visokonaponsko sklopno i razvodno postrojenje, transformatori i niskonaponsko sklopno i razvodno postrojenje mogu biti smješteni u posebnoj manjoj zgradi, nešto odmaknutoj od glavne zgrade, i oko nje, ili mogu biti i u samoj glavnoj zgradi. Tu su i dizelski generatori za rezervno napajanje odašiljača i ostalih trošila.



Sl. 4. Pogled odozgo na odašiljački centar stalnih veza opremljen pretežno rompskim antenama. 1 Zgrada s odašiljačima, 2 rompske antene, 3 vodovi za napajanje antena, 4 širokopojasne antene s kružnom karakteristikom zračenja

sintezatori i modulacione jedinice svih odašiljača. U modernim se centrima, naime, ne primjenjuje više ručno podešavanje odašiljača, ručno priključivanje na različite antene ni ručno stavljanje u rad, već je cijeli taj postupak automatiziran i provodi se bilo s kontrolnog mesta bilo iz centra veza. Za tu su svrhu predviđeni na svakom dijelu uređaja koji se podešava potrebni postavni organi (releji, koračni motori, servo-sistemi, itd.) koji služe s jedne strane za postavljanje, a s druge strane za održavanje određenog stanja u pogonu.



Sl. 5. Smještaj odašiljača i ostalih pripadnih uređaja u odašiljačkom centru. 1 Odašiljači 30 kW (posljednji stupnjevi), 2 odašiljači 7 kW (posljednji stupnjevi), 3 mjenjač antena, 4 sintezatori i stupnjevi modulatora, 5 frekvencijski standard od 1 MHz, 6 upravljački i kontrolni uređaji, 7 razdjelnik vanjskih linija

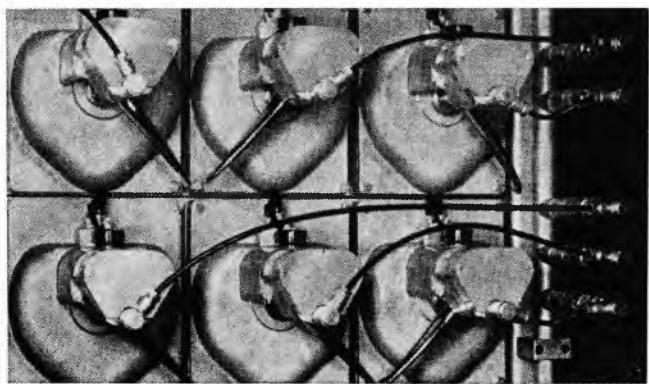
Daljinsko upravljanje može biti izvedeno tako da se svaka radna operacija izvršava po daljinskoj komandi, pa čim stigne potvrda o njezinom izvršenju, nareduje se iduća operacija. Za odašiljače koji obično rade na istim i sličnim vezama daje se ponекad iz centra samo naziv programa (bira se, npr., određen broj), a odgovarajući uređaj u odašiljačkom centru, u kome su pohranjeni pojedini programi, prema naređenom programu postupno izvršava sve faze programa u vezi s podešavanjem i stavljanjem u pogon odašiljača. Po izvršenju programa o tome izvještava kontrolno mjesto i centar. Važniji mjerni i pogonski podaci

prenose se također natrag na kontrolno mjesto, a neki i u centar veza s pomoću odgovarajućih pokaznih slogova. Pojednostavljena shema takvog daljinskog upravljanja prikazana je na sl. 6.

Svaki je odašiljač individualno ventiliran, jer se pri radu razvija znatna toplina. Izlazni je stupanj svakog odašiljača spojen koaksijalnim kabelom na jedno od polja mjenjača antena koji se nalazi u prostoriji odašiljača. Preko njega može se svaki odašiljač spojiti na bilo koju antenu (sl. 7, v. sl. 8).

Osim ovih prostorija, tu su još i radionica, skladište, dnevni boravak osoblja i druge pomoćne prostorije. Za sve prostorije s uredajima predviđena je obilna ventilacija ili klimatizacija.

Na prikladnoj udaljenosti postavljene su oko zgrade usmjerene antene za sve pravce u kojima treba raditi i nekoliko neusmjerih antena (s kružnim zračenjem). Dok su se ranije upotrebljavali pretežno plošinski skupovi antena i reflektora (v. sl. 2), danas ovoj svrsi služe najčešće rompske i logaritmičke antene (v. poglavje Antene u ovom članku, str. 612 i 618).



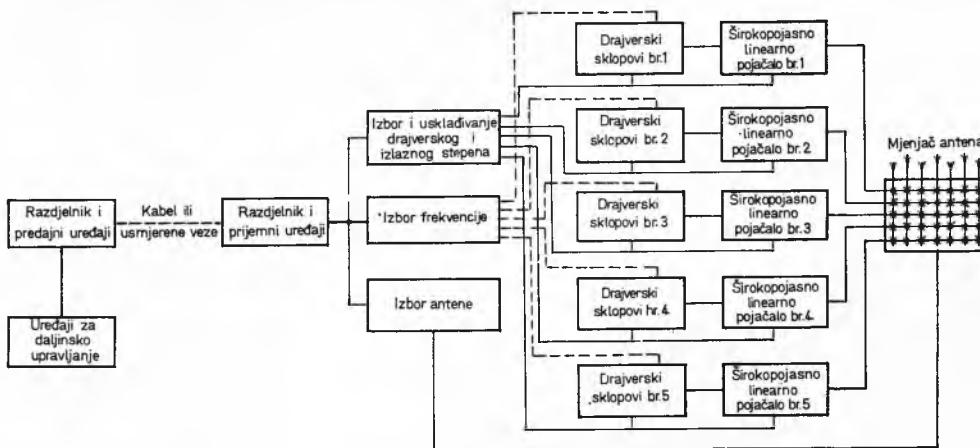
Sl. 7. Mjenjač antena (Marconi, London) s daljinskim upravljanjem

Pri postavljanju usmjerih antena za stalne veze nije dovoljno da se vodi računa samo o smjeru najjačeg zračenja, već se mora izabrati i pravilan kut elevacije zračenog snopa; on se kreće u praksi između 8 i 45°. S pomoću takvih usmjerih antenskih sistema postiže se dobitak (pojačanje) od 12 do 25 dB u odnosu prema anteni koja zrači u svim smjerovima podjednako.

**Konstrukcija odašiljača stalnih radio-veza.** Način rada kratkovalnih odašiljača u stalnim radio-vezama traži česte promjene valne duljine i promjene antene. Da pri prelasku s jednog vala na drugi bude što manje radnih operacija, prešlo se u novije vrijeme u odašiljačima te vrste od klasičnih usklađenih stupnjeva pojačanja (koji se inače u drugim službama još uvek dosta upotrebljavaju) na širokopojasna linearna pojačala, npr. na pojačala s rasподijeljenim parametrima (v. Elektronika, sklopovi). Jedino se u izlaznom stupnju još uvek zadržalo podešavanje na rezonanciju radi postizanja dovoljne selekcije frekvencija i zračenja samo poželjnih frekvencija. Iz istog je razloga u izlaznom stupnju predviđen i niskopropusni filter koji sprečava zračenje na harmoničkim frekvencijama.

U takvim se odašiljačima rjeđe primjenjuju klasični CL-oscilatori, a češće kvarcni oscilatori. U tom je slučaju predviđeno nekoliko kvarcova (4...8) i to po jedan za svaku radnu frekvenciju. U novijim odašiljačima upotrebljavaju se i sintezatori upravljeni jednim zajedničkim frekvencijskim standardom za cijeli odašiljački centar (v. poglavje Odašiljači u ovom članku, str. 586).

Suvremeni odašiljači mogu se podešavati ručno ili daljinskim upravljanjem. Servosistemi



Sl. 6. Pojednostavljena blok-shema daljinskog upravljanja odašiljačima u odašiljačkom centru

posljednjeg i izlaznog stepena ostaju uključeni za cijelo vrijeme pogona i trajno automatski održavaju optimalnu podešenost i prilagođenje (sl. 8).

**Prijemni centar stalnih radio-veza.** Prijemnici stalnih radio-veza koncentriraju se obično na jednom mjestu, u tzv. prijemnom centru. U ovoj vrsti veza svaki prijemnik nema svog poslužioca, već oni pod povremenim nadzorom rade u svom sistemu veze.

Kad je broj stalnih radio-veza manji, prijemni se centar sa svim svojim uređajima smješta ponekad (iz finansijskih i personalnih razloga) u zgradi ustanova kojima pripada centar i to po pravilu u najgornjem katu, a antene su u tom slučaju postavljene iznad (obično metalnog) krova. U tom se slučaju nalazi često u istoj zgradi i centar veze (telegrafski centar).

Kad se radi o većem broju stalnih veza, kakve npr. održavaju uprave pošta većih zemalja ili neke telegrafsko-telefonske kompanije, prijemni se centri postavljaju van grada na zemljištu koje je prikladno za smještaj velikog broja antena i zgrade prijemnog centra. Pri izboru lokacije traži se obično čist i ravan teren bez zgrada i većih šuma. Također valja paziti na to da na takvim mjestima nema radio-smetnji od visokonaponskih dalekovoda, elektrificiranih željeznica, industrije i cestovnog (automobilskog) sa-

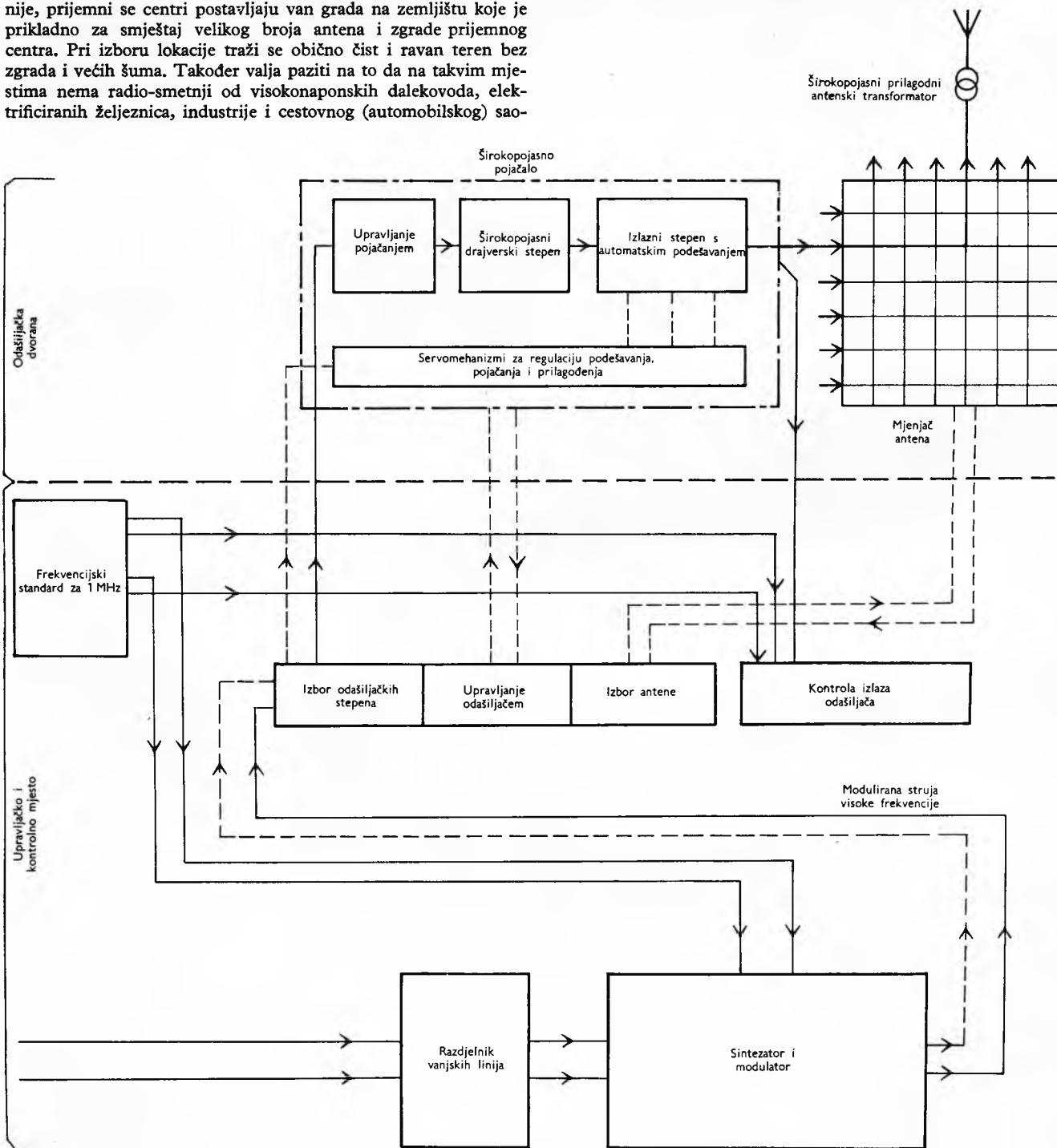
obraćaja, i sl. Vodljivost zemljišta u tom slučaju nije od presudne važnosti.

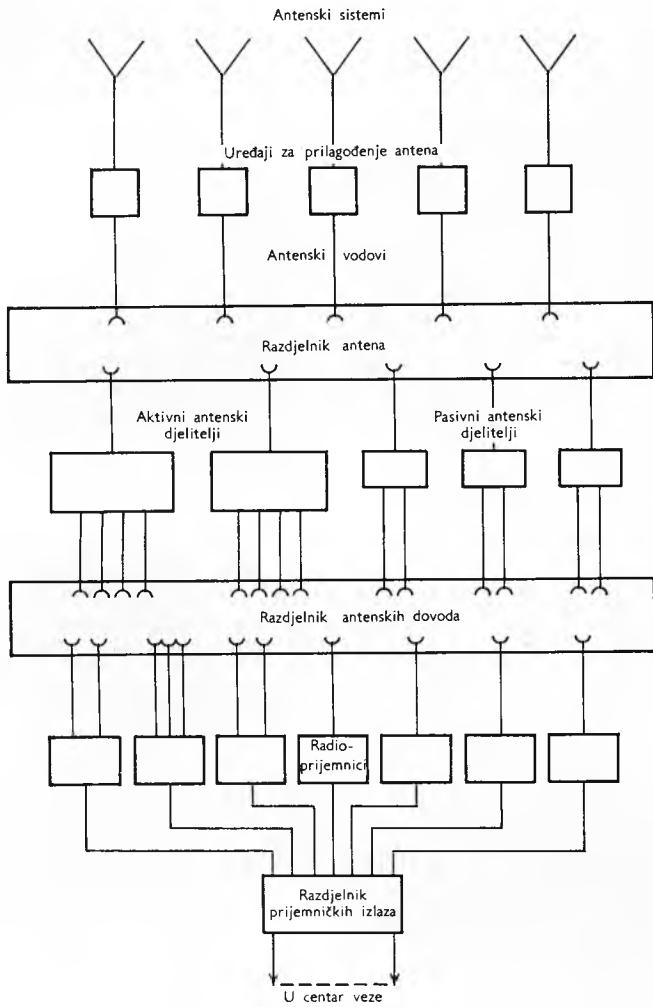
U glavnoj prostoriji zgrade prijemnog centra smješteni su u stalcima prijemnici, a centralno se među njima nalazi kontrolno mjesto, gdje su razdjelnici i ostali uređaji. U drugim se prostorijama nalaze: radionice, skladište, uređaji za redovno i rezervno napajanje električnom energijom, centralno grijanje, itd.

**Oprema prijemnih centara stalnih radio-veza.** Blok-shema na sl. 9 prikazuje spoj među uređajima u prijemnom centru.

**Antene** koje se primjenjuju u prijemnim centrima slične su antenama u predajnim centrima. One su postavljene oko zgrade, a eventualno neke i na njezinom krovu.

Za prijem na vrlo niskim i niskim frekvencijama upotrebljavaju se antene oblika L i T razapete među stupovima, a ponekad i zemne (ukopane) antene. Za prijem na vrlo visokim frekvencijama primjenjuju se kao usmjerene antene sada obično rompske





Sl. 9. Blok-sHEMA uredaja u prijemnom centru (bez uredaja za daljinsko upravljanje)

i logaritmičke antene, a kao neusmjerenе antene s kružnim prijemom štap-antene, a ponekad i vertikalne širokopojasne antene (v. poglavljje Antene, str. 603). U velikim centrima ima i do 30 prijemnih antenskih sistema.

*Uredaj za prilagodenje antene* sastoji se od specijalnog širokopojasnog visokofrekvenčnog transformatora, a služi za pravilno prilagođenje impedancije antene na valni otpor antenskog voda (kabela) i eventualno za prelaz sa simetričnog antenskog sistema na nesimetrični antenski vod i obratno. Time se sprečavaju gubici, a eventualno i (simetrični) šum.

*Antenski vodovi* mogu biti simetrični i nesimetrični, a izrađuju se i kao zračni vodovi i kao kabeli. Koaksijalni kabeli su npr. nesimetrični vodovi koji imaju valni otpor 50, 60 ili  $75\Omega$ . Duljina antenskih vodova iznosi i do 100 m.

*Razdjelnik antena* služi za priključak bilo koje antene na bilo koji prijemnik. S jedne su strane na njega priključeni svi antenski vodovi, a s druge strane vodovi preko kojih se antene priključuju na uređaje (antenska pojačala, prijemnike, itd.). Prespajanje vrši se bilo koaksijalnim gajtanima i čepovima ili koaksijalnim utikačima oblika U, kojima se spoje dva pripadna čepišta.

*Uredaji za priključak više prijemnika na istu antenu* (multikupleri, prema engl. multicoupler). Da se radio-prijemnici ne bi među sobom ometali uslijed zračenja zrcalne i drugih frekvencijskih, oni se ne smiju ni serijski ni paralelno izravno spojiti na

antenu, već treba za ovu svrhu primijeniti pasivne ili aktivne antenske djelitelje. U pasivnim antenskim djeliteljima ukupni se napon antene dijeli pojedinim prijemnicima preko diferencijalnog transformatora ili otpornog djelila, i u krug svakog prijemnika dodatno se radi smanjenja međusobnog ometanja, uvrsti još prigušni otpornik. U aktivnim antenskim djeliteljima antenski se napon pojačava u širokopojasnom antenskom pojačalu, pa zatim s pomoću transformatora dijeli pojedinim prijemnicima, ili se, pak, preko pojedinačnih razvojnih pojačala dovodi pojedinim prijemnicima. U ovom posljednjem slučaju nema gubitaka antenskog napona niti međusobnog ometanja.

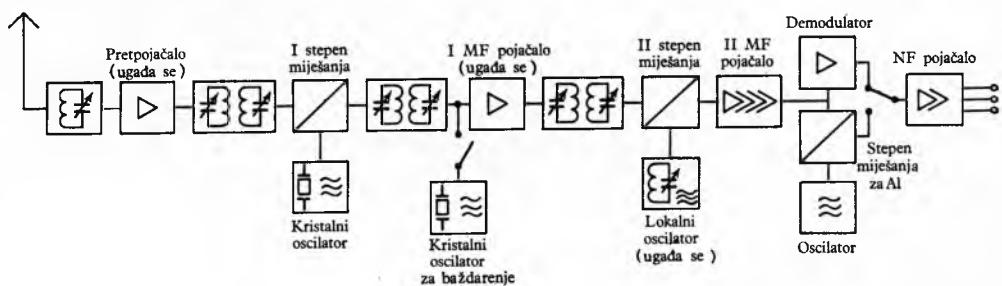
*Razdjelnik antenskih dovoda* omogućuje da se bilo koji prijemnik priključi na bilo koji antenski dovod. Na njega su s jedne strane priključeni svi prijemnici, obični jednim visokofrekvenčnim kabelom, a diverziti-prijemnici s više njih, a s druge su strane na njega priključeni i svi antenski dovodi koji dolaze s uređaja za priključak više prijemnika na istu antenu, ili izravno antenski dovodi s antenskog razdjelnika. Ovaj uređaj radi s koaksijalnim preklopnicima, kojima se rukuje ručno, a kod modernijih uređaja i daljinski.

*Radio-prijemnici za stalne radio-veze*. U prijemnom centru smješten je veći broj (i do 100 komada) profesionalnih (komercijalnih) prijemnika predviđenih za običan ili diverziti-prijem. Prijemnicima se upravlja ručno ili, u modernijim uređajima, daljinski. Neki prijemnici za stalne radio-veze opisani su u poglavljju Prijemnici ovoga članka, str. 591.

*Razdjelnik prijemničkih izlaza*. Niskofrekvenčni izlazi prijemnika spojeni su preko posebnog razdjelnika s kanalima koji vode u centar veze (telegrafski centar).

*Konstrukcija radio-prijemnika za stalne veze*. U stalnim se radio-vezama upotrebljavaju tzv. profesionalni ili komercijalni prijemnici specijalne i kvalitetnije konstrukcije. Oni imaju bolju selektivnost i bolju tačnost frekvenčnog postavljanja, veću stabilnost frekvenčije i veću osjetljivost (v. Prijemnici, str. 591), a odlikuju se i velikom pouzdanosti (v. Elektronika, str. 448). Osim toga oni moraju biti sposobni za prijem svih vrsta rada koji se danas primjenjuju pri radio-prenosu telegrafije (A1, F1 i F6) i telefonije (A3, A3A, A3H i A3J). Budući da telegrafija traži drugu širinu pojasa propustljivosti nego telefonija (telegrafija 10...1000 Hz, telefonija 50...6000 Hz), profesionalni se prijemnici dijele često i na telegrafske i telefonske.

Za veze manje važnosti služe obično prijemnici tipa superheterodina (v. Prijemnici, str. 593) s međufrekvencijom koja već prema valnom opsegu iznosi od 70 do 550 kHz (npr. za srednju frekvenčiju 400...550 kHz). U njima se podešavaju samo ulazni stepen za predselekciju i oscilator. Stabilnosti frekvenčije oscilatora takvih prijemnika poklanja se posebna pažnja, kako se ne bi desilo da signal u toku rada »nestane«, jer prijemnik u stalnim vezama nema svog stalnog poslužioca. Ti prijemnici moraju imati i dodatni oscilator za prijem neprigušenih emisija A1 i F1, F6, podesivu širinu pojase propustljivosti, a ponekad i automatsko praćenje i podešavanje frekvenčije.



Sl. 10. Blok-sHEMA dvostrukog superheterodinskog prijemnika

Kvalitetni i visokokvalitetni prijemnici za stalne radio-veze redovito su tipa dvostrukog superheterodina. Oni imaju dva lokalna oscilatora i dvije međufrekvencije (sl. 10). U prvom se mješaju ulazni signal sa signalom prvog oscilatora i dobiva prva međufrekvenčija, koja leži visoko (2...6 MHz, a u naj-

svremenijim prijemnicima i do 115 MHz). Time se lakše postiže veće prigušenje zrcalne frekvencije jer je ova od radne frekvencije udaljena za dvostruki iznos prve međufrekvencije, pa što je prva međufrekvencija viša od zrcalne frekvencije dalje pada i može se selektivnošću ulaznih titračnih krugova više oslabiti. Osim toga, vrlo visoka prva međufrekvencija donosi i druge prednosti u konstrukciji profesionalnih radio-prijemnika (v. str. 596). Drugim miješanjem dobiva se druga međufrekvencija (obično 70...550 kHz). Drugi stepen međufrekvencije doprinosi selektivnosti prijemnika. Budući da za prijem telegrafije mora pojasna širina biti mala, u ove se stepene obično ugrađuju još i kristalni i mehanički filtri.

Za prijem na fiksnim frekvencijama prvi se oscilator gradi ponekad i kao kvarni oscilator. U tom slučaju postoji za svaku radnu frekvenciju poseban kvarc (i do 10 komada), a podešavanje vrši se u koracima uz preklapanje kvarcova.

Postoji i drugi način izvedbe dvostrukih superheterodina s kvarnim oscilatorom. U njima ima prvi oscilator samo jedan kvarc i oscilira stalno istom frekvencijom. U takvim se prijemnicima moraju podešavati: ulazni stupanj, stupanj prve međufrekvencije i drugi oscilator, što u pogledu usklađenja hoda promjenljivih elemenata stvara izvjesne poteškoće (sl. 10).

Prijemnicima s kvarnim oscilatorima postiže se velika tačnost frekvencijskog postavljanja i dobra stabilnost frekvencije.

Za baždarenje prijemnika predviđen je često još poseban kvarni oscilator u prvom stupnju međufrekvencije.

U najnovije se vrijeme i u kvalitetnim prijemnicima za stalne veze primjenjuju sintezatori umjesto kvarnog oscilatora, što omogućuje izbor bilo koje frekvencije iz područja prijemnika u koracima od 100 Hz. Ovo rješenje daje najveću tačnost postavljanja i odličnu stabilnost frekvencije. Takvim prijemnicima nije više potrebna ni automatska regulacija frekvencije.

Pri širenju radio-valova kroz ionosferu dolazi zbog interferencije do povremenih promjena amplituda i faza, tj. do pojave tzv. fedinga (v. Širenje elektromagnetskih valova, str. 625). O selektivnom se fedingu govori kad se te promjene događaju samo s valovima određenih frekvencija. Radi smanjenja varijacija jakosti prijema poduzimaju se različite mjere. Najjednostavnija mjeru je tzv. automatska feeding-regulacija, koja je ugrađena u svaki obični radio-prijemnik. Ona djeluje tako da se pri smanjenju jakosti ulaznog signala automatski poveća pojačanje prijemnika. Međutim, manu je ove regulacije da se pri smanjenju korisnog signala i istovremenom povećanju pojačanja smanjuje odnos signal/šum.

Pri prijemu u stalnim vezama primjenjuju se i druge mjeru. Tako se npr. isti tekst predaje i prima istovremeno na više frekvencije ili se pak emisija vrši više puta uzastopce, pa se iz skupa tako dobivenih podataka uz pomoć posebnih uređaja dobiva ispravna informacija. Prijem se može vršiti i s više antena i više prijemnika koji su jedan od drugog prostorno odvojeni (tzv. prostorni diverziti-prijem), također sa dvije ili tri antene koje se nalaze na maloj udaljenosti (sada obično jedna pored druge) i koje su sve priključene na jedan isti specijalni prijemnik (antenki diverziti-prijem).

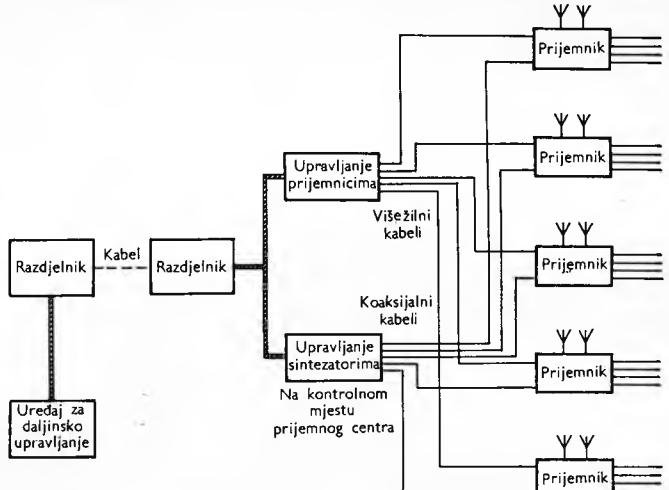
Kad se radi s više prijemnika i antena, izlazi tih prijemnika privode se specijalnom uredaju koji bira i uključi uvijek signal onog prijemnika kome je odnos signal/šum najveći (prijemnički diverziti-prijem).

Za prijem s više antena služe specijalni tzv. diverziti-prijemnici. U njima već postoje svi posebni sklopovi za priključenje prijemnika na onu antenu koja trenutno daje najjači signal. To je izvedeno tako da se nakon međufrekvencijskog pojačanja ispravljeni napon signala uspoređuje s nekim referentnim naponom (koji se može postaviti na određeni iznos). Čim primljeni napon signala padne ispod referentnog napona, elektronička diodna sklopka prebacuje prijemnik na iduću antenu. Preklapanje vrši se u kratkim razmacima ( $0,5\cdots1$  ms) po redu od antene do antene sve dok napon signala opet ne premaši referentni napon. Time se postiže da se prijem vrši uvijek s antenom koja je najmanje izložena utjecaju fedinga.

**Upravljanje prijemnicima za stalne veze** može biti lokalno ili i daljinsko. Radi uštude vremena koje je potrebno za posluživanje prijemnika, mnogi su moderni profesionalni pri-

jemnici za stalne radio-veze automatizirani i osposobljeni za daljinsko upravljanje. Prijemnicima se upravlja redovito s kontrolnog radnog mjesto, gdje se nalaze svi elementi za stavljanje nekog prijemnika u pogon. Time se postiže da jedan poslužilac može rukovati velikim brojem prijemnika i voditi nad njima nadzor.

Pojedini proizvodači prijemnika primjenjuju ponešto različita rješenja za takvo upravljanje. Ovdje će biti opisano samo jedno takvo rješenje (sl. 11).



Sl. 11. Blok-sHEMA uređaja za daljinsko upravljanje prijemnicima prijemnog centra stalnih veza

Na kontrolnom radnom mjestu nalazi se za svaki prijemnik njegova lokalna upravljačka kutija, na kojoj su svi potrebni postavni i kontrolni organi (sklopke, tasteri, signalne sijalice itd.). Tu je ponekad smješten i sintezator prijemnika, koji se također može ručno ili daljinski postaviti na željenu frekvenciju, i frekvencijski standard koji je zajednički za sve sintezatore.

Čim se na sintezatoru postavi tražena frekvencija, prijemnik se sam automatski podeši na novu frekvenciju. Nadalje se bira željena antena, uključi ili isključi automatsko podešavanje frekvencije, izabere potreban način rada i bočni pojas i odredi pravilna jakost prijema i, konačno, izvrši priključak niskofrekventnog izlaza prijemnika na kontrolno mjesto i na vod koji vodi u centar veze gdje se prijem iskoristi.

Ako postoji i uređaj za daljinsko upravljanje između centra veze i kontrolnog mesta u prijemnom centru, mogu se sve naprived spomenute operacije provoditi izravno iz centra veze. Za daljinsku vezu, koja se održava preko posebnog kabela, preko usmjerene radio-relejne veze ili samo preko poštansko-telefonske veze, služe zvučni signali. U prijemnom uredaju daljinskog upravljanja, koji se nalazi u prijemnom centru, danas se naredenja pretvaraju u digitalni oblik i pohranjuju u memoriji, koja ih u određenom redoslijedu izvršava, a u pogonu stalno prati.

**Uređaji centra veze.** U centru veze sastaju se kanali koji vode do odašilačkog centra i koji dolaze iz prijemnog centra i povezuju se preko pripadnih uređaja sa zemaljskom telefonsko-telegrafskom mrežom. Taj se prelaz ne smije provesti izravno, već se mora provesti preko niza uređaja koji omogućuju povezivanje obaju sistema. Radio-valovi izloženi su na svom putu kroz ionosferu atmosferskim smetnjama, feedingu i nekim drugim utjecajima, zbog čega može doći npr. do iskrivljenja i ispadanja pojedinih telegrafskih znakova, a pri telefoniji do znatnog variranja jakosti prijema. Sve ove nedostatke treba uz primjenu određenih mjeru predusresti, a ukoliko se pojave, ispraviti. Osim toga se i na radio-vezama često primjenjuju multipleksni prenos informacija, pa se i sve promjene u vezi s time preduzimaju u tom centru.

**Prenos telegrafije** vrši se danas u stalnim radio-vezama Morseovim kodom (uz primjenu elektroničkih ili mašinskih brzotipkača), ili teleprinterskim kodovima. Za Morse-prenos služi modulacija A1, a za teleprinterski prenos modulacija F1 ili F6. Ako pri Morseovoj telegrafiji ispadne jedan znak (tačka ili crta) gubi se jedno slovo ili se dobije pogrešno slovo. Ako se u radio-vezi za teleprinterski prenos upotrijebi ubičajeni teleprinterski kod od 5 zna-

kova, gubitak samo jednog impulsa daje krivo slovo, a gubitak polaznog, startnog ili završnog, stop-impulsa pokvari sinhronizaciju. Stoga se taj sistem na stalnim radio-vezama smije upotrijebiti samo na relacijama gdje nema jačih štetnih utjecaja. Na težim se relacijama prelazi na sedmeroznačni kód, koji nije toliko osjetljiv prema smetnjama. Osim toga se u takvima slučajevima primjenjuje i diverziti-prijem.

*Prenos telefonije* vrši se na stalnim radio-vezama samo na kratkim valovima. Za taj se prenos primjenjuje isključivo amplitudna modulacija vrstâ A3A, A3B, A3H i A3J.

Prelazni telefonski uredaj omogućuje prelaz sa dvožičnog voda na četverožični sistem, koji čine odašiljači i prijemni kanali. On sprečava povratno djelovanje predajnog kruga na prijemni krug. Govorni se signalni pojačavaju u posebnom pojačalu konstantnog pojačanja. Time se mijenja amplituda modulacionog signala tako da je odašiljač uvek dovoljno moduliran, a da pri većoj glasnoći govora ne dode do premodulacije. U prijemnom kanalu nalaze se potrebni sklopovi za smanjenje smetnji i šumova i za održavanje određene razine primjenog signala pri različitim uslovima prenosa. Prisluškivanje razgovora onemogućuju posebni uredaji (npr. invertori). Istosmjerni signali, npr. za biranje, pretvaraju se u odgovarajuće zvučne signale i tako prenose radio-vezom.

Svi uredaji koji su ovdje samo spomenuti opisani su u člancima *Telegrafija i Telefonija*.  
V. Podlesnik

#### Pokretne radio-veze

Pod pokretnom radio-vezom (ili službom) razumije se prenos obavijesti pomoću radio-valova između pokretnih i nepokretnih ili između samih pokretnih radio-stanica.

Pokretne se radio-veze upotrebljavaju danas u cijelom svijetu u svim vojnim snagama, u skoro svim saobraćajnim i mnogim drugim javnim i privrednim organizacijama. Po nekim procjenama broj radio-stanica samo u pokretnim radio-službama udvostručen je u posljednje dvije do tri godine.

Da bi se pri velikom broju radio-stanica u pokretnim i ostalim vrstama radio-službi međusobne smetnje pri radu smanjile na najmanju mjeru, održavaju se povremeno međunarodne konferencije na kojima se donose i dopunjaju međunarodna radio-pravila, koja sadrže raspodjelu radnih frekvencija, rezolucije i preporuke o tehničkim karakteristikama radio-stanica i organizacionim pitanjima radio-saobraćaja. U razdobljima između konferencija na međunarodnom se nivou stalno studijski pripremaju nova ili poboljšana rješenja.

Međunarodne organizacije koje reguliraju sva pitanja iz područja radio-veza jesu Međunarodna unija za telekomunikacije ITU (engl. International Telecommunication Union) i Međunarodni konzultativni komitet za radio komunikacije C.C.I.R. (franc. Comité Consultatif International des Radiocommunications). Najnovije izdanje Zbornika radio-pravila, rezolucija i preporuka objavio je Generalni sekretarij ITU 1968 u Ženevi. Države članice ITU donose na osnovu Međunarodnih radio-pravila, rezolucija i preporuka svoje nacionalne zakone i pravilnike o radio-službama. U nas je donesen Osnovni zakon o radio-saobraćaju (Sl. list SFRJ, br. 14/65) i objavljen je niz pravilnika iz područja radio-veza, koje je propisala Savezna uprava za radio-veze.



Sl. 12. Prevozna radio-stanica

**Radio-stanice u pokretnim radio-službama.** Po međunarodnoj je definiciji radio-stanica općenito jedan ili više radio-odašiljača ili radio-prijemnika, ili neka njihova kombinacija, zajedno s pomoćnim uredajima i priborom potrebnim na jednom

mjestu za održavanje veze. Svaka radio-stanica klasificira se prema vrsti radio-službe u kojoj radi trajno ili povremeno.

**Pokretna radio-stanica** pripada pokretnoj radio-službi i namijenjena je radu iz pokreta, no može raditi i za vrijeme zadržavanja na neodredenom mjestu, a nepokretna radio-stanica također može pripadati pokretnoj radio-službi, ali ne radi iz pokreta.

U pokretnim radio-službama najčešća je radio-stanica koja se sastoji od samo jednog radio-primopredajnika i pribora za održavanje veze: antene, mikrofona i slušalice ili mikrotelefonske kombinacije, tastera, izvora električne energije, itd. **Radio-primopredajnik** je konstrukcijska kombinacija od jednog odašiljača i jednog prijemnika, koja ima zajedničke neke mehaničke dijelove, a vrlo često i zajedničke električne stupnjeve.

Po konstrukciji pokretne radio-stanice mogu biti prevozne ili prenosne. **Prevozne radio-stanice** (sl. 12) prilagođene su za ugradnju u vozila, pa se odlikuju povećanom otpornošću prema vibracijama, potresima i udarcima. **Prenosne radio-stanice** (sl. 13) konstruirane su prvenstveno tako da ih pojedinac može lako nositi i hodajući održavati radio-vezu. Od njih se traži da budu što manje, što lakše i da troše što manje električne energije.



Sl. 13. Prenosna radio-stanica

**Vrste pokretnih radio-veza.** Po međunarodnom dogovoru pokretne radio-veze dijele se na zemaljske, pomorske i zrakoplovne.

**Zemaljske pokretne radio-veze** održavaju zemaljske pokretne i nepokretne radio-stanice isključivo sa površine Zemlje. **Pomorske pokretne radio-veze** održavaju obalske i brodske radio-stanice. Po međunarodnim definicijama **obalska radio-stanica** je nepokretna i zemaljska, a pripada pomorskoj pokretnoj radio-službi, a **brodska radio-stanica** je pokretna u istoj službi i postavljena je na bilo kakav plovni objekt koji nije stalno usidren. U pomorske radio-veze pripadaju i **lučke operativne pokretne radio-veze**, koje održavaju brodske i **lučke obalske radio-stanice**. Ove veze služe za prenos obavijesti o kretanju i sigurnosti brodova i osobila u luci ili u njenoj blizini, a privatne su obavijesti isključene. **Zrakoplovne pokretne radio-veze** održavaju **avionske radio-stanice** i sve ostale radio-stanice zrakoplovnog saobraćaja, koje mogu biti zemaljske i nepokretnе ili pokretnе i postavljene na brodove ili komunikacione satelite.

**Medunarodna raspodjela radio-frekvencija.** Spektar radio-frekvencija podijeljen je po međunarodnoj preporuci u devet osnovnih frekvencijskih područja (tabl. 1).

S obzirom na raspodjelu frekvencija cijeli je svijet podijeljen linijama A, B i C u tri dijela, i to u geografska područja 1, 2 i 3 (sl. 14). Pored toga određena je i tropska zona. Za nju su pred-

Tablica 1  
PODJELA SPEKTRA RADIO-FREKVENCIJA U OSNOVNA PODRUČJA

Broj područja	Frekvencijsko područje (donja granica je isključena, a gornja granica uključena)	Naziv i kracica frekvencijskog područja	Pripadna podjela po valnim duljinama
4	3...30 kHz	Vrlo niske frekvencije (VNF, engl. VLF)	Mirijametarski valovi
5	30...300 kHz	Niske frekvencije (NF, engl. LF)	Kilometarski valovi
6	300...3000 kHz	Srednje frekvencije (SF, engl. MF)	Hektometarski valovi
7	3...30 MHz	Visoke frekvencije (VF, engl. HF)	Dekametarski valovi
8	30...300 MHz	Vrlo visoke frekvencije (VVF, engl. VHF)	Metarski valovi
9	300...3000 MHz	Ultravisoke frekvencije (UVF, engl. UHF)	Decimetarski valovi
10	3...30 GHz	Supervisoke frekvencije (SVF, engl. SHF)	Centimetarski valovi
11	30...300 GHz	Ekstremno visoke frekvencije (EVF, engl. EHF)	Milimetarski valovi
12	300...3000 GHz	—	Decimilimetarski valovi

videne zbog intenzivnih atmosferskih pražnjenja frekvencije manje osjetljivosti prema radio-smetnjama. Do danas su svim vrstama radio-službi dodijeljene frekvencije od 10 kHz do 50 GHz. Pri tome su osnovna frekvencijska područja podijeljena na više potpodručja; ona su iz praktičkih razloga u Međunarodnim radio-pravilima grupirana u 62 tablice; sadržaj jedne od njih prikazan je u tabl. 2.

Neka frekvencijska područja dodijeljena su isključivo pokretnim radio-službama, a neka su zajednička pokretnim i ostalim radio-vezama. Pri podjeli frekvencija vodilo se računa o tri geografska područja, tropskoj zoni, specifičnim potrebama pojedinih vrsta radio-veza s obzirom na različite osobine rasprostiranja radio-valova različitih valnih duljina i o interesima pojedinih država.

Pokretnim radio-službama dodijeljena su frekvencije u skoro svim frekvencijskim područjima od 14 kHz u području VNF do 40 GHz u području EVF.

Sve vrste pokretnih radio-veza u cijelom svijetu dobole su isključiva frekvencijska podproručja od 490 do 510 kHz i od 2170 do 2194 kHz za obavijest u nevolji i za pozivanje.

Pomorske pokretnе radio-veze, kojima su izričito potrebne veze na velike udaljenosti, dobole su u cijelom svijetu isključive frekvencije u području SF od 415 do 490 kHz i u području VF od 4063 do 4438 kHz, od 6200 do 6525 kHz, od 8195 do 8815 kHz, od 12 330 do 13 200 kHz, od 16 460 do 17 360 kHz, od 22 000 do 22 720 kHz i od 25 070 do 25 110 kHz. Osim toga pomorske pokretnе radio-veze dobole su u cijelom svijetu u području VVF isključuju frekvenciju 156,8 MHz za obavijesti u nevolji i za pozivanje i isključivo frekvencijsku potpodručju od 156 do 174 MHz za međunarodne simpleksne radio-veze između brodova u susretu, za peljarsku službu, pokretnе lučke radio-veze i međunarodnu pomorsku pokretnu duplexnu radio-telefonsku mrežu za integraciju s automatskom telefonskom mrežom na kopnu. U cijelom svijetu pomorske pokretnе radio-veze dobole su u područjima VNF i NF potpodručja od 14 do 19,95 i od 20,05 do 70 kHz, ali ih dijele sa stalnim radio-službama. U području 1 (v. sl. 14), u kojem se nalazi i SFRJ, pomorske pokretnе radio-veze dobole su frekvencije od 1605 do 3800 kHz, koje su grupirane u više potpodručja za različite namjene.

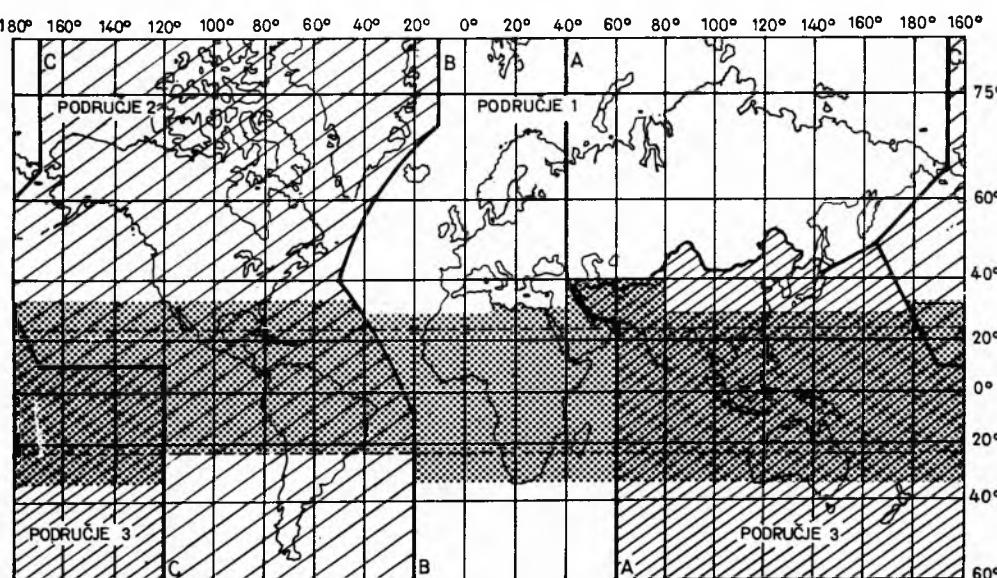
cijelko potpodručje od 156 do 174 MHz za međunarodne simpleksne radio-veze između brodova u susretu, za peljarsku službu, pokretnе lučke radio-veze i međunarodnu pomorsku pokretnu duplexnu radio-telefonsku mrežu za integraciju s automatskom telefonskom mrežom na kopnu. U cijelom svijetu pomorske pokretnе radio-veze dobole su u područjima VNF i NF potpodručja od 14 do 19,95 i od 20,05 do 70 kHz, ali ih dijele sa stalnim radio-službama. U području 1 (v. sl. 14), u kojem se nalazi i SFRJ, pomorske pokretnе radio-veze dobole su frekvencije od 1605 do 3800 kHz, koje su grupirane u više potpodručja za različite namjene.

Tablica 2  
MEĐUNARODNA PODJELA FREKVENCIJA 4850...5480 kHz

Geografsko područje	I	2	3
Frekvencija, kHz Namjena	4850...4995 Stalna (fiksna) radio-služba Zemaljska pokretna radio-služba Radio-difuzija 202		
Frekvencija, kHz Namjena	4995...5005 Standardne frekvencije za uskladivanje 204...210		
Frekvencija, kHz Namjena	5005...5060 Stalna radio-služba Radio-difuzija 202		
Frekvencija, kHz Namjena	5060...5250 Stalna radio-služba		
Frekvencija, kHz Namjena	5250...5430 Stalna radio-služba Zemaljska pokretna radio-služba	5250...5450	5250...5430
Frekvencija, kHz Namjena	5430...5480 Stalna radio-služba Zemaljska pokretna radio-služba Zrakoplovna pokretna radio-služba (OR)	5450...5480 Zrakoplovna pokretna radio-služba (OR)	5430...5480 Stalna radio-služba Zemaljska pokretna radio-služba Zrakoplovna pokretna radio-služba (OR)

Brojevi 202, 204 i 210 označavaju posebne uvjete za primjenu tih frekvencija u navedenim radio-službama. OR znači: predviđeno za opću službu

Zrakoplovnim pokretnim radio-vezama dodijeljene su u cijelom svijetu isključive frekvencije za tzv. »R« službu sigurnosti i regularnosti letenja duž državnih i međunarodnih javnih zračnih putova, u području VVF od 117,975 do 132 MHz i u području VF od 2850 do 3025 kHz, od 3400 do 3500 kHz, od 4650 do 4700 kHz, od 5480 do 5680 kHz, od 6525 do 6685 kHz, od 8815 do 8965 kHz, od 10 005 do 10 100 kHz, od 11 275 do 11 400 kHz, od 13 260 do 13 360 kHz i od 17 900 do 17 970 kHz. Frekvencija 121,5 MHz određena je isključivo za obavijesti u nevolji u zrakoplovnoj radio-službi, ali je moguće upotrijebiti i brodske radio-stanice za vezu sa zrakoplovnom radio-službom kad je potrebna pomoć u nevolji. Pored toga zrakoplovne pokretnе radio-veze dobole su u cijelom svijetu isključive frekvencijsku potpodručju za opću tzv. službu »OR« u područjima VF i VVF, uz neke frekvencije koje dijele sa stalnom zrakoplovnom radio-službom. Radio-veze zrakoplovne službe »R« u području VVF od 117,975 do 132 MHz održavaju se između aviona i najbližeg aerodroma na udaljenostima od nekoliko stotina kilometara, jer avioni kad lete na velikim visinama imaju dovoljno velik horizont. Visoke frekvencije rezervirane su za održavanje neposrednih radio-veza aviona u interkontinentalnom zrakoplovnom saobraćaju koje se na laze izvan horizonta aviona.



Sl. 14. Podjela svijeta u tri geografska područja s obzirom na raspodjelu frekvencija od 10 kHz do 40 GHz (osjenčani dio označuje tropsku zonu)

Zemaljske pokretnе radio-veze dijele frekvencije drugim radio-službama. Te veze su najvećim dijelom smještene u području VVF i VF, jer se obično održavaju između velikog broja pokretnih i nepokretnih zemaljskih radio-stanica postavljениh na maloj teritoriji, pa je ograničenje dometa na optičku vidljivost antena baš poželjno, kako bi se iste frekvencije mogle ponavljati na drugim bliskim teritorijama bez pojave međusobnih smetnji. U opsegu VF zemaljske pokretnе radio-veze dobole su u cijelom svijetu frekvencije od 4850 do 4995 kHz i od 23 350 do 24 990 kHz, a u geografskom području 1 (v. sl. 14) od 4750 do 4850 kHz i od 5250 do 5480 kHz, ali ih dijele sa stalnim radio-vezama i djelomično s radio-difuzijom.

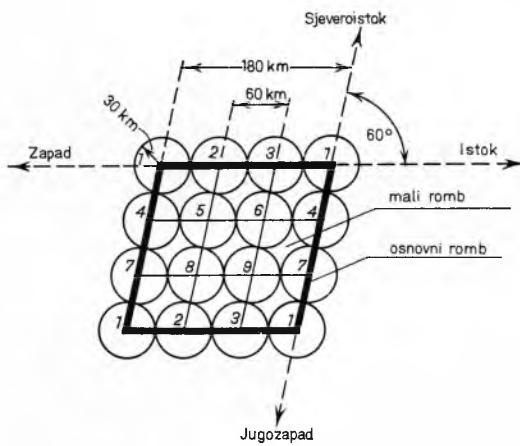
**Raspodjela radio-frekvencija u SFRJ.** Na teritoriji SFRJ dodjeljuju se zemaljskim i ostalim pokretnim i stalnim radio-službama frekvencije od 30 do 470 MHz, pri čemu se izuzimaju potpodručja koja su međunarodnom raspodjelom dodijeljena drugim radio-službama: televiziji (od 41 do 68 MHz i od 174 do 230 MHz), zvučnoj radio-difuziji (od 87,5 do 104 MHz), zrakoplovnim pokretnim radio-vezama (od 108 do 136 MHz i od 138 do 144 MHz), radio-vezama umjetnih satelita (od 136 do 138 MHz i od 149,9 do 150,5 MHz), međunarodnim pomorskim pokretnim radio-vezama (od 156 do 165 MHz), radio-amaterima (od 144 do 146 MHz i od 430 do 440 MHz) i zrakoplovnoj radio-navigaciji i 12. televizijskom kanalu (od 223 do 235 MHz).

Dodata frekvencija u područjima VVF i UVF u SFRJ vrši se na osnovu rombovske raspodjele frekvencija, utvrđenih isključivih frekvencija za cijelu SFRJ, raspodjele frekvencija po zonama i raspodjele frekvencija po grupama korisnika radio-veza.

Osnova za rombovsku podjelu frekvencija je zona teoretskog pokrivanja teritorije radio-vezom. Ova je zona u SFRJ površina kruga polumjera 30 km.

Do takve zone se došlo na osnovu ovih pretpostavaka: da su i u nas primjenjive krivulje jačina elektromagnetskog polja i z aneksom I Preporuke br. 370-1/CCIR (knjiga II, Oslo 1966) s korekcijom faktorima iz tabele I Izvještaja br. 239-1/CCIR; da je na rubu zone teoretskog pokrivanja dovoljan signal za 6 dB (tj. dvostruko) veći od razine industrijskih smetnji, čemu odgovara najmanja jačina elektromagnetskog polja od 6  $\mu\text{V/m}$ ; da je naivje dozvoljena relativna računska visina aktivnog dijela odašiljačke antene 150 m iznad aritmetičke sredine visini zemljišta uzetih između koncentričnih krugova polumjera 3 i 15 km iz najmanje 6 pravaca, koji su jedan od drugog jednakilo razmaknuti; da je visina prijemne antene 2,5 m iznad okolnog zemljišta; da je upotrijebljena frekvencijska modulacija F3; da je izlazna snaga nepokretnog radio-odašiljača ograničena na 30 W, a pokretnog na 10 W; da u toj zoni zadovoljava ako na umjereno bregovitom zemljištu pokretna radio-stаницa iz polovine mjestâ i u pola vremena može ostvariti vezu s nepokretnom radio-stanicom postavljrenom u središtu zone; da je u SFRJ propisano da radio-stаницe s frekvencijskom modulacijom F3 moraju u opsegu od 30 do 174 MHz imati razmak susjednih kanala od 25 kHz, a u opsegu od 174 do 470 MHz razmak od 50 kHz.

Ako se vodoravnim pravcima u smjeru istok—zapad (po geografskoj paraleli) i poprečnim pravcima u smjeru sjeveroistok-jugozapad (pod kutem  $60^\circ$  prema vodoravnim pravcima) spoje središta kružnih zona polumjera 30 km, koje se međusobno dodiruju, dobije se osnovni romb, čija je stranica duljine 180 km, na kojoj se udaljenosti može ista frekvencija teritorijalno ponavljati bez pojave međusobnih smetnji (sl. 15). Nastavi li se takvom

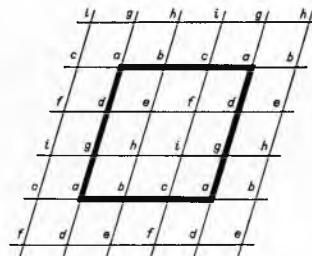


Sl. 15. Rompska mreža za teritorijalnu raspodjelu frekvencija u SFRJ

podjelom u svim smjerovima, dobiva se mreža rombova, kojom je teoretski pokrivena cijela teritorija SFRJ. Kao početak mreže rombova u SFRJ uzima se Beograd.

Osnovni je romb podijeljen na 9 jednakih malih rombova. Stranice malih rombova određene su promjerom od 60 km kružne zone teoretskog pokrivanja radio-vezom. Središta kružnih zona teoretskog pokrivanja istovremeno su tjemena malih rombova i određuju teoretsku teritorijalnu raspodjelu pojedinih frekvencija.

U okviru osnovnog romba jednoj radio-službi koja se nalazi u tom rombu pripada 9 različitih frekvencija s po jednom frekvencijom u svakom tjemenu malog romba, ili 9 grupa različitih frekvencija s najviše 4 frekvencije u svakom tjemenu malog romba, ili 9 grupa različitih radio-kanala sa najviše 4 radio-kanala u svakom tjemenu malog romba.



Sl. 16. Rompska raspodjela više frekvencija na jednoj lokaciji u SFRJ

Da bi se izbjegle smetnje zbog upotrebe više od dvije frekvencije na jednom mjestu, raspored frekvencija vrši se stvarno prema rombovskoj raspodjeli na sl. 16 i tabl. 3.

Osim frekvencija po rombovskoj raspodjeli dodjeljuju se i *isključive frekvencije* za istu vrstu neke specijalne radio-službe na cijeloj teritoriji SFRJ, bez obzira na geografsku lokaciju radio-stanice, odnosno radio-službe. Tako je npr. frekvencija 34,800 MHz isključiva za cijelu SFRJ za službu otkrivanja i gašenja šumskih požara.

Tablica 3  
RASPORED VEĆEG BROJA FREKVENCIIJA NA JEDNOJ LOKACIJI PO ROMPSKOJ RASPODJELE

a	b	c	d	e	f	g	h	i
1	8	6	7	5	3	4	2	9
10	17	18	14	12	15	13	11	16
26	24	22	23	21	19	20	27	25
29	36	31	35	33	28	32	30	34

Brojevi znače oznaku radio-kanala, a slova znače mjesta frekvencija u osnovnom rombu i oko njega (v. sl. 16)

S gledišta dodjele frekvencija od 30 do 470 MHz teritorija SFRJ podijeljena je i na tri zone. Zona I obuhvaća SR Sloveniju i SR Srbiju, Zona II SR Bosnu i Hercegovinu i zona III SR Hrvatsku i SR Crnu Goru. Frekvencije na osnovi raspodjele po zonama ponavljaju se u pojedinim zonama i predstavljaju isključive frekvencije za svaku zonu.

Osim raspodjele frekvencija po teritoriji, podjela se vrši i po korisnicima radio-veza. U SFRJ su npr. korisnici radio-veza grupirani u 33 grupe po istovetnosti ili sličnosti svoje osnovne djelatnosti. Neke od grupa korisnika pokretnih radio-veza u nas jesu: elektrodistribucija, elektroprivreda, hitna liječnička pomoć, Jugoslavenske željeznice, javne pokretnе radio-telefonske mreže PTT za priključak na automatsku telefonsku mrežu, održavanje putova i tehnička pomoć na cestama, rječno brodarstvo, taksi-službe, vatrogasne službe, vodoprivreda, civilna zaštita, itd.

**VVF i UVF primopredajnici.** Kako se za javne pokretnе radio-veze pojedinim korisnicima dodjeljuje samo ograničeni broj radnih frekvencija, za njih se proizvode samo pokretni i nepokretni radio-primopredajnici sa relativno uskim frekvencijskim područjima, a broj radnih frekvencija, odnosno radio-kanala, ograničen je na 1 do najviše 24, a izuzetno do 40 za javnu pokretnu radio-telefonsku mrežu koja se integrira s automatskom telefonskom mrežom.

U područjima VVF i UVF danas se takvi »ultrkratkovatni« (UKV) radio-primopredajnici s frekvencijskom modulacijom F3 proizvode u svijetu i u nas za frekvencijsku području prikazana u tabl. 4. Kod takvih VVF i UVF radio-primopredajnika postoji

Tablica 4  
FREKVENCIJSKA PODRUČJA ZA KOJA SE PROIZVODE VVF I UVF RADIO-PRIMOPREDAJNICI S MODULACIJOM F3 U POJEDINIM GEOGRAFSKIM PODRUČJIMA

Nazivno valno područje	Geografsko područje 1 (obuhvaća i Evropu)	Geografsko područje 2 (obuhvaća i Ameriku)	Geografsko područje 3 (obuhvaća Japan i Australiju)
7-metarsko 4-metarsko 2-metarsko 0,7-metarsko	30...41 MHz 68...87,5 MHz 136...174 MHz 401...470 MHz	30...50 MHz 132...174 MHz 401...470 MHz	30...44 MHz 68...87 MHz 132...169 MHz 401...470 MHz

Tvornice u SFRJ proizvode radio-primopredajnike za 4-metarsko područje od 68 do 86 MHz, za 2-metarsko područje od 146 do 174 MHz, za 0,7-metarsko područje od 450 do 470 MHz

ograđenje da najveći razmak radnih frekvencija koje se mogu birati preklopnikom iznosi 1 MHz. To znači da se pri eventualnoj promjeni frekvencija iz jednog u neko drugo potpodručje širine 1 MHz, a unutar cijelog frekvencijskog područja radio-primopredajnika, osim zamjene kristala kvarca mora izvršiti i propisano laboratorijsko ugadanje titrajnih krugova u visokofrekveničkim stupnjevima. Ovi radio-primopredajnici proizvode se u stalnoj reljefnoj, repetitorskoj, prevoznoj i prenosnoj izvedbi.

**VF primopredajnici i njihova modulacija.** U području VF za javne pokretne radio-veze proizvode se radio-primopredajnici koji u području od 2 do 8, 12, 15 ili čak 20 MHz također imaju samo nekoliko radnih frekvencija, koje se biraju preklopnikom, a generiraju se u oscilatorima s kristalima kvarca. Pored njih proizvode se i radio-prijemnici u području VF s kontinuiranom promjenom radne frekvencije.

Ranije su ovi kratkovlani (KV) radio-uredaji najčešće radili s uobičajenim vrstama amplitudne modulacije kod kojih se pri telegrafiji i telefoniji (modulacije A2 i A3) prenosi nosiva frekvencija sa oba bočna pojasa. Zbog sve veće gustoće radio-saobraćaja i zbog različitih njihovih prednosti, već se više godina i u pokretne radio-veze uvode radio-stanice, sa svim vrstama amplitudne modulacije, kod kojih se prenosi samo jedan bočni pojas, a potiskuju nosiva frekvencija (preko 40 dB) i drugi bočni pojas (preko 50 dB). Ove radio-stanice sa jednim bočnim pojasmom (opće poznate po kratici SSB od engl. Single SideBand, jedno bočno područje) vrlo su poželjne, jer u frekvencijskom području zauzimaju samo polovinu prostora u usporedbi sa stanicama s prenosom obaju bočnih pojasa, pa ih se bez pojave međusobnih smetnji može u isto frekvencijsko područje smjestiti dvostruko više od stanica s uobičajenom amplitudnom modulacijom. Zbog toga je npr. postignut međunarodni dogovor: da se poslije 1. I 1973 ne smije više ugradivati ni jedan novi brodski radio-telefonski primopredajnik s modulacijom A3, ako nema i modulaciju A3J (telefoniju sa prenosom samo jednog bočnog pojasa); da od 1. I 1975 sve obalske radio-telefonske stanice moraju imati mogućnost rada s modulacijom A3J i da od 1. I 1982 sve brodske radio-stanice moraju raditi isključivo s modulacijom A3J.

Kako će se do potpunog prelaska na prenos samo jednog bočnog pojasa u radio-saobraćaju nalaziti obje vrste radio-stanica s amplitudnom modulacijom: s prenosom nosive frekvencije i obaju bočnih pojasa i s prenosom samo jednog bočnog pojasa, to se u prelaznom razdoblju mora osigurati da one budu kompatibilne, tj. da mogu jedne s drugima održavati radio-vezu. Zato se danas proizvode KV radio-primopredajnici na kojima se preklopnikom može odabrati bilo amplitudna modulacija s prenosom samo jednog bočnog pojasa i potisnutim nosiocem, bilo tzv. kompatibilnu amplitudnu modulaciju s prenosom nosive frekvencije i jednog bočnog pojasa, jer ova vrst modulacije predstavlja u tehničko-ekonomskom pogledu najpovoljnije rješenje za održavanje veze s radio-stanicama koje prenose nosivu frekvenciju i oba bočna pojasa.

U pokretnim radio-vezama najčešće se primjenjuju KV radio-primopredajnici na kojima se preklopnikom mogu birati različite vrste amplitudne modulacije s prenosom samo gornjeg ili samo donjeg bočnog pojasa. One se označavaju međunarodno utvrđenim kraticama A3J, A3H, A2J i A2H (v. str. 639).

Modulacija A3J uvodi se danas i u područje VVF, u kojemu inače prevladava frekvencijska modulacija F3. Tako je i u nas dozvoljena upotreba modulacije A3J u području od 30 do 40 MHz, s tim da razmak susjednih radnih frekvencija mora biti 5 kHz.

Međutim, zbog Dopplerovog efekta sve se vrste amplitudne modulacije s prenosom samo jednog bočnog pojasa ne mogu primijeniti na radio-stanicama koje se kreću velikom brzinom, npr. na brzim avionima i raketama.

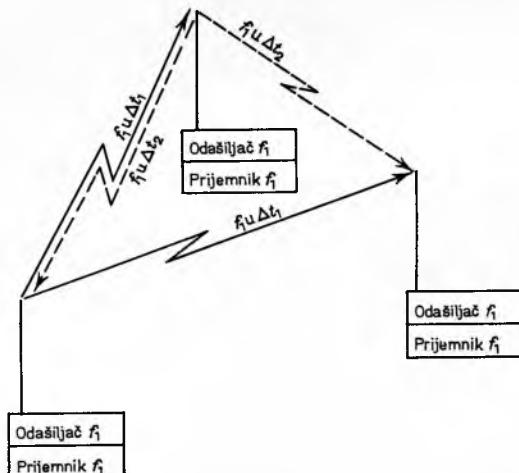
**Vojne pokretne radio-veze** najviše se održavaju u područjima VF, VVF i UVF, ali se u ratnoj mornarici održavaju i na VNF i NF za neke specijalne veze, npr. za rad sa zaronjenim podmornicama.

Pri taktičkom projektiranju vojnih pokretnih radio-veza polazi se od pretpostavke da će u ratnim uvjetima često biti izvršena koncentracija velikog broja radio-stanica na maloj teritoriji, uslijed čega će biti mnogo međusobnih smetnji. Osim toga ra-

cuna se i s namjernim ometanjem radio-veza od strane neprijatelja. Zato vojne snage u slučaju rata ne računaju s mirnodopskom raspodjelom frekvencija, već su se orientirale na pokretne radio-primopredajnike koji u što širem frekvencijskom području imaju što veći broj radnih frekvencija, kako bi se dobrom planiranjem i vještim izborom kanala moglo što sigurnije održavati potrebne radio-veze.

Osim toga pokretni radio-primopredajnik sa širokim frekvencijskim područjem i velikim brojem frekvencija omogućava unifikaciju, tj. opremanje više različitih rodova vojske istim tipom radio-primopredajnika, što smanjuje assortiman rezervnih dijelova, olakšava i pojednostavljuje održavanje. Tako je npr. do prije desetak godina vojska USA imala u naoružanju različitih rodova kopnene vojske tri tipa prenosnih radio-primopredajnika: AN/PRC-8, -9, i -10, koji su zajedno pokrivali područje od 20 do 56 MHz, a danas ima samo jedan tip AN/PRC-77, koji sam pokriva šire frekvencijsko područje od 30 do 75,95 MHz i ima 920 vrlo stabilnih radnih frekvencija s razmacima po 50 kHz među njima. U području VF danas se, npr., proizvode vojni prenosni radio-primopredajnici s rekordno velikim brojem kanala, koji u području od 2,0 do 29,9999 MHz imaju ukupno 280 000 radnih frekvencija sa razmacima po 100 Hz među njima, a vojnik može sa 6 ručica za svega nekoliko sekundi postaviti bilo koju od njih. Za zrakoplovne vojne pokretne radio-veze proizvode se danas avionski radio-primopredajnici koji u području od 225 do 399,95 MHz imaju ukupno 3500 radnih frekvencija sa razmacima po 50 kHz među njima. Pilotu se može dati mogućnost da bira s jednom ručicom jednu od 20, bilo kojih, na zemlji odabranih frekvencija iz čitavog frekvencijskog područja, ili sa četiri ručice bilo koju od svih 3500 frekvencija.

**Vrste rada i pokretne radio-mreže.** Pokretne radio-veze mogu se održavati između samo dvije radio-stanice ili između više radio-stanica koje tada čine *pokretnu radio-mrežu*. Pokretna radio-mreža može biti projektirana i izvedena na više načina, a to ovisi prvenstveno o broju radnih frekvencija koje je za tu mrežu dodijelio mjerodavni državni organ, zatim o potrebama i ekonomskim mogućnostima korisnika radio-službe i o tehničkim mogućnostima radio-stanica i ostalog pribora.



Sl. 17. Simpleksna jednofrekvenčnska radio-mreža

Radio-mreže se prvenstveno razlikuju po vrstama rada radio-stanica u mreži. Osnovne vrste rada su simpleksni, duplexni i poluduplexni.

U *simpleksnom radu* prenose se obavijesti u oba smjera izmjenično, a prebacivanje s odašiljanja na prijem i obratno vrši se najčešće ručnim upravljanjem. U ovoj vrsti rada, dok se obavijest šalje u jednom smjeru, ne može se primati odgovor u suprotnom smjeru, pa je potrebna potpuna disciplina učesnika.

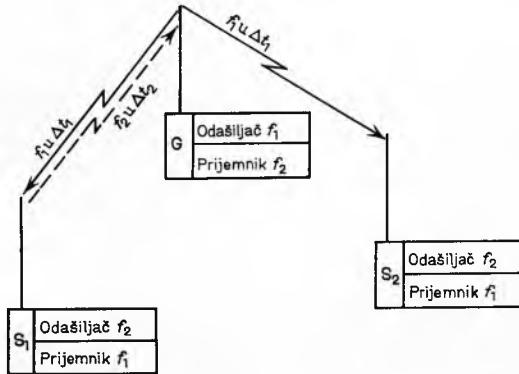
Simpleksne radio-veze mogu biti s jednom ili dvije radne frekvencije.

**Jednofrekvenčne simpleksne radio-mreže** omogućuju rad između pojedinih radio-stanica sa samo jednom frekvencijom po jednom radio-kanalu; one su poželjne jer štete broj frekvencija

pri organiziranju radio-mreže. U jednofrekvencijskoj simpleksnoj mreži svaka radio-stanica može raditi sa svakom neposredno (sl. 17) pa, osim po dogovoru, ne postoji glavna stanica mreže. Ove veze se vrlo često upotrebljavaju u vojski.

Jednofrekvencijske simpleksne radio-mreže otežavaju teritorijalnu podjelu frekvencija i neprikladne su za prelaz na četverožičnu telefonsku vezu. Na jednofrekvencijskoj simpleksnoj radio-stanici s koje se prelazi na četverožičnu vezu potreban je *posrednički uredaj* preko kojega se ručno ili automatski upravlja odašiljanjem ili prijemom. Pri automatskom upravljanju sam govor telefonskog učesnika preko *automatskog posredničkog uredaja* uključuje radio-odašiljač. U oba slučaja telefonski učesnik mora znati da se razgovor obavlja jednim dijelom preko simpleksne radio-veze, pa mora disciplinirano pričekati s odgovorom dok učesnik na krajnjoj radio-stanici ne završi svoju obavijest.

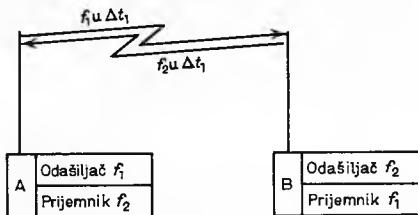
U dvofrekvencijskoj simpleksnoj radio-mreži svaka radio-stanica ima dvije frekvencije po jednom radio-kanalu (sl. 18). Glavna



Sl. 18. Simpleksna dvofrekvencijska radio-mreža

stanica G radi u simpleksu s tim da izmjenično odašilje na frekvenciji f<sub>1</sub> prema sporednim stanicama S<sub>1</sub> i S<sub>2</sub>, a prima sporedne stанице на frekvenciji f<sub>2</sub>, a svaka sporedna stanica prima glavnu na frekvenciji f<sub>1</sub> i odašilje prema glavnoj na frekvenciji f<sub>2</sub>. U toj mreži dominantna je uloga glavne stanice, a onemogućena je veza između sporednih stanic.

U dupleksnom radu prenos obavijesti moguće je istovremeno u oba smjera, ali su zato na objema radio-stanicama potrebne dvije radne frekvencije po jednom radio-kanalu (sl. 19). Radio-



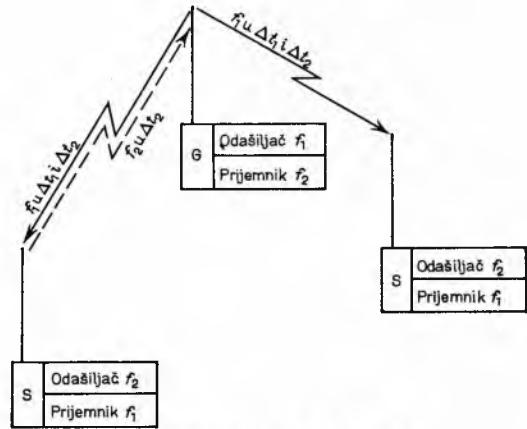
Sl. 19. Dupleksna radio-mreža

-stanica A stalno odašilje prema stanicu B na frekvenciji f<sub>1</sub> i stalno prima stanicu B na frekvenciji f<sub>2</sub>, a stanica B stalno odašilje prema stanicu A na frekvenciji f<sub>2</sub> i stalno prima stanicu A na frekvenciji f<sub>1</sub>. Obje radio-stanice u dupleksnoj radio-vezi rade sa stalno uključenim nosivim frekvencijama, što ovoj vezi daje sve prednosti četverožične telefonske veze i omogućava neposrednu integraciju dupleksne pokretne radio-veze s automatskom telefonskom mrežom. U dupleksnoj radio-mreži dominantna je uloga glavne radio-stanice i onemogućena je veza između sporednih stanic.

Radio-primopredajnici za dupleksni rad skupljivi su od simpleksnih, a što je razmak između prijemne i odašiljačke frekvencije istog dupleksnog radio-kanala manji to je potreban složeniji i kvalitetniji filter koji sprečava prolaz signala iz odašiljača u prijemnik istog radio-primopredajnika. U SFRJ je propisano da u području od 30 do 175 MHz razmak između prijemne i odašiljačke frekvencije istog dupleksnog radio-kanala mora iznositi

4,5 MHz, a u području od 174 do 470 MHz može iznositi najviše 10 MHz.

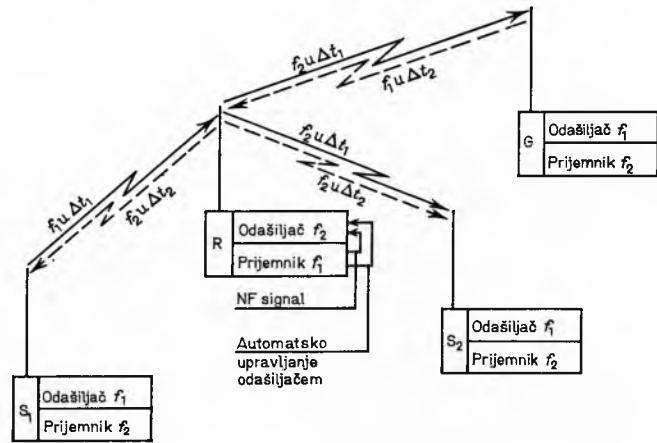
U pokretnoj javnoj radio-telefonskoj službi ZJPTT predviđa se 40 dupleksnih radio-kanala u potpodručjima od 150,200 do 151,275 MHz i od 154,700 do 155,675 MHz.



Sl. 20. Poludupleksna radio-mreža

U poluduplexnom radu na jednom kraju radio-veze rad je simpleksi, a na drugom dupleksi. Potrebne su dvije radne frekvencije po jednom radio-kanalu (sl. 20). Glavna stanica G radi u dupleksu sa stalno uključenim odašiljačem na frekvenciji f<sub>1</sub>, a prima sporedne stанице S<sub>1</sub> i S<sub>2</sub> na frekvenciji f<sub>2</sub>. Obje sporedne stанице rade u simpleksu, tj. svaka od njih, kad radi, odašilje prema glavnoj na frekvenciji f<sub>2</sub> ili prima glavnu stanicu na frekvenciji f<sub>1</sub>. U poluduplexnoj radio-mreži svaka sporedna stanica može raditi sa svakom, ali samo preko glavne stанице. Dominantna je uloga glavne stанице i onemogućena je neposredna veza između sporednih stanic.

U uskoj poluduplexnoj radio-mreži rad je sličan poluduplexnom radu, ali se veza između sporednih stanic i glavne održava preko *repetitorske radio-stanice*. Za vezu između sporednih stanic takođe se primjenjuje repetitor, a ne glavna stanica (sl. 21). Repetitor R, kad primi signal frekvencije f<sub>1</sub> odašiljača sporedne stанице S<sub>1</sub> ili glavne stанице G, automatski uključuje svoj odašiljač i prenosi obavijest glavnoj stanicu i sporednim stanicama na njenoj prijemnoj frekvenciji f<sub>2</sub>. Ova radio-relejna funkcija repetitora omogućuje povećanje dometa na zemljistišta nepogodnim za rasprostiranje vrlo visokih frekvencija. Ako se npr. repetitor postavi na istaknutu kоту jedne teritorije, pokretne radio-stanice koje između sebe nemaju optičke vidljivosti mogu održavati automatsku vezu preko repetitora s kojim imaju optičku vidljivost.



Sl. 21. Uska poludupleksna radio-mreža

U SFRJ je propisano da repetitor u uskom poluduplexnom radu smije imati razmak između prijemne i odašiljačke frekvencije istog poluduplexnog radio-kanala do najviše 1 MHz. Za-

hvaljujući tome repetitor, koji je tehnički složen i skup jer mora imati posebni filter i automatiku, omogućuje da se i u simpleksnim vezama, koje su vrlo elastične, postignu iste mogućnosti kao u dupleksnim vezama uz upotrebu jednostavnijih i jeftinijih pokretnih i nepokretnih radio-primopredajnika.

Repetitor sa standardnim razmakom od 4,5 MHz između prijemne i odašiljačke frekvencije istog poludupleksnog radio-kanala može se također upotrijebiti u običnoj poludupleksnoj radio-mreži radi povećanja dometa.

Rad u pokretnim radio-mrežama može se učiniti još operativnijim uvođenjem sustava *selektivnog poziva*, kojim se omogućuje da poziv bude upućen samo jednoj od više pokretnih radio-stanica koje se nalaze u jednoj radio-mreži. U *pokretnoj radio-mreži sa selektivnim pozivom* svakoj pokretnoj stanici dodjeljuje se različit pozivni broj, koji se sastoji od nekoliko brojaka. Pri pozivanju određene pokretne radio-stanice, poslani impulsi jednolike struje pretvaraju se u koderu posredničkog uredaja u tonske signale sa dvije ili više različitih frekvencija, kojima se modulira val nosilac radio-odašiljača glavne stanice. Radio-prijemnik pokretne radio-stanice ima u svojem niskofrekvenčnom dijelu prijemnik selektivnog poziva ili dekoder, koji uključuje pozivni svjetlosni ili akustički signal samo kad je pozivni signal upućen njemu. U sustavu selektivnog poziva može se za oblikovanje pozivnih kodova primijeniti frekvenčni kod sa vremenskim slijedom ili impulsni kod. Najčešći je dekadski način oblikovanja pozivnih kodova.

U složenijim pokretnim radio-mrežama sa selektivnim pozivom uveden je i *sustav identifikacije* koji omogućuje da svaka pokretna radio-stanica, kad poziva glavnu stanicu, automatski odašilje svoj vlastiti pozivni broj, koji se na posredničkom uredaju glavne radio-stanice pokazuje svjetlećim brojkama.

**Zaštita tajnosti.** U pokretnoj javnoj radio-telefonskoj mreži za priključak na automatsku telefonsku mrežu međunarodno je obavezna zaštita tajnosti prenosa telefonskih obavijesti, koja se može postići inverzijom frekvenčnog područja govora ili njezinim rastavljanjem na potpodručja i njihovim premještanjem po određenoj šifri. Danas, međutim, već postoje i savršeniji digitalni uredaji za zaštitu tajnosti govora, koji se uključuju u radio-vezu i osiguravaju veću tajnost prenosa.

**Tehničke karakteristike radio-stanica u pokretnim radio-službama.** U tabl. 5 prikazani su najvažniji tehnički zahtjevi

Tablica 6  
POBOLJŠANJE TEHNIČKIH KARAKTERISTIKA NA PRENOSNIM VOJNIM UKV RADIO-PRIMOPREDAJNICIMA

Karakteristika	Primopredajnik tipa AN/PRC-25	Primopredajnik tipa AN/PRC-77
Pojačalo snage u odašiljaču Osjetljivost prijemnika Blokiranje prijemnika Lažne frekvencije u prijemu: u području izvan $\pm 500$ kHz od radne frekvencije u području unutar $\pm 500$ kHz od radne frekvencije Zračenje osculatora u prijemu Izlazna snaga odašiljača Potrošnja električne energije za vrijeme odašiljanja Zračenje lažnih frekvencija odašiljača	s elektronkom 0,6 $\mu$ V 90 dB $\pm 10\%$  15 kod 90 dB 5 kod 60 dB manje od 50 $\mu$ V 1,1...1,6 W  15,5 W najviše 8 sa slabljenjem 64 dB	s tranzistorom 0,5 $\mu$ V 130 dB $\pm 10\%$  10 kod 100 dB 10 kod 80 dB manje od 20 $\mu$ V 1,5...2 W  9,0 W najviše 10 sa slabljenjem 100 dB

koji se danas u javnim pokretnim radio-službama nekih zemalja i u nas postavljaju radio-primopredajnicima s frekvenčijskom modulacijom u područjima VVF i UVF. Dalje usavršavanje takvih radio-primopredajnika usmjereno je prvenstveno poboljšanju onih karakteristika koje su najznačajnije za smanjenje međusobnih smetnji. Zato se u razvoju novih radio-primopredajnika nastoji postići još manje zračenje harmoničkih i ostalih lažnih frekvencija, još veće slabljenje smetnji od utjecaja susjednih frekvencija u prijemu i za vrijeme odašiljanja, još manja intermodulacija, još veće slabljenje međufrekvencije, još veće slabljenje zrcalnih frekvencija, što manji broj i što više oslabljenih vlastitih smetnji u prijemniku, što veći dozvoljeni frekvenčni bliski ulazni signal koji još ne dovodi do smanjenja osjetljivosti prijemnika (blokiranja), itd. (v. poglavje Prijemnici, str. 591).

U stalnom poboljšanju tehničkih karakteristika prednjači razvoj vojnih pokretnih radio-primopredajnika. Tako je npr. vojska USA za svega nekoliko godina zamjenila radio-primopredajnik s frekvenčijskom modulacijom AN/PRC-25 novim tipom AN/PRC-77 pri čemu su postignuta poboljšanja prikazana u tabl. 6.

U tabl. 7 navedene su današnje važnije tehničke karakteristike pokretnih radio-primopredajnika s amplitudnom modulacijom i prenosom samo jednog bočnog pojasa u području VF. Kod takvih radio-primopredajnika najbitnije je postići što veću točnost i stabilnost radne frekvencije u temperaturnom području

Tablica 5  
TEHNIČKI ZAHTJEVI ZA RADIO-PRIMOPREDAJNIKE S FREKVENCIJSKOM MODULACIJOM F3  
U POKRETNJO RADIO-SLUŽBI U PODRUČJIMA VVF I UVF U NEKIM ZEMLJAMA

Vrsta karakteristika	USA	Kanada	Savetna Republika Njemačka	Velika Britanija	SFRJ
Zajedničke karakteristike primopredajnika: Nestabilnost radne frekvencije	$\Delta f/f = \pm 5 \cdot 70^{-6}$	$\Delta f/f = \pm 10 \cdot 10^{-6}$	$\Delta f/f = \pm 10 \cdot 10^{-6}$	$\Delta f/f = \pm 28 \cdot 10^{-6}$	$\Delta f = \pm 0,9$ kHz nepokretni $f = \pm 1,8$ kHz pokretni
Granice napona napajanja Temperaturno radno područje Razmak susjednih radnih frekvencija	+10/-20% -30/+60 °C 25 kHz	+10/-20% -30/+60 °C 30 kHz	+20/-15% -20/+50 °C 20 kHz	+10/-10% -10/+40 °C 25 kHz	-20/+45 °C 25 kHz (30...174 MHz) 50 kHz (174...470 MHz)
Karakteristike odašiljačkog dijela: Zračenje lažnih frekvencija Zračenje harmoničkih frekvencija Niskofrekvenčno nelinearno izobličenje Razina šuma i brušenja (parazitna modulacija) Maksimalna frekvenčna devijacija Niskofrekvenčna karakteristika (300...3000 Hz) Smetnje od utjecaja susjednog kanala	50 $\mu$ W 50 $\mu$ W 10%	75 $\mu$ W 75 $\mu$ W 10%	0,2 $\mu$ W 20 $\mu$ W 10%	2,5 $\mu$ W 2,5 $\mu$ W	25 $\mu$ W 52 $\mu$ W
	35 dB ±5 kHz	37 dB ±5 kHz	34 dB ±4 kHz	— ±4,5 kHz	40 dB ±5 kHz
	+1/-3 dB -60 dB	+1/-3 dB	+1,5/-3 dB -46 dB	12 $\mu$ W	—
Karakteristike prijemničkog dijela: Osjetljivost Sirina propusnog opsega Slabljenje utjecaja susjednih kanala Slabljenje lažnih frekvencija Slabljenje intermodulacije (metoda 3 signal-generatora) Nelinearno izobličenje niskofrekvenčnog izlaza za zvučnik Niskofrekvenčna karakteristika (300...3000 Hz) Nelinearno izobličenje niskofrekvenčnog izlaza za slušalice	0,75 $\mu$ V/12 dB ±5 kHz 70 dB 85 dB	0,75 $\mu$ V/12 dB ±5 kHz 60 dB 85 dB	1 $\mu$ V/20 dB ±6 kHz 70 dB 70 dB	2,5 $\mu$ V/10 dB — 70 dB 70 dB	1 $\mu$ V/12 dB — 76 dB 80 dB
	50 dB	45 dB	60 dB	50 dB	50 dB
	1 W/15% +2/-8 dB 50 mW/10%	0,9 W/15% +1/-8 dB 10 mW/10%	10%	— — —	— +1/-3 dB —

Tablica 7

VAŽNIJE TEHNIČKE KARAKTERISTIKE POKRETNIH RADIO-PRIMOPREDAJNIKA S AMPLITUDNOM MODULACIJOM I PRENOSOM SAMO JEDNOG BOĆNOG POJASA U PODRUČJU VISOKIH FREKVENCIJA

Karakteristika	Najčešće vrijednosti
Zajedničke karakteristike radio-primopredajnika: Ukupna netočnost i nestabilnost radne frekvencije Temperaturno radno područje	$\pm 1 \cdot 10^{-7}$ do $\pm 5 \cdot 10^{-8}$ $-20^{\circ}\text{C} \dots +55^{\circ}\text{C}$ do $-30^{\circ}\text{C} \dots +65^{\circ}\text{C}$
Karakteristike odašiljačkog dijela: Intermodulacija Slabljene nošive frekvencije Slabljene neželenog boćnog pojasa Slabljene harmoničkih i ostalih lažnih frekvencija	-26 dB 40 dB 40...50 dB 40 dB
Karakteristike prijemničkog dijela: Osjetljivost Selektivnost Slabljene medufrekvencije Slabljene zrcalne frekvencije Slabljene lažne frekvencije Nelinearno izobiljeće NF izlaza Automatska regulacija pojačanja Blokiranje prijemnika	1 $\mu\text{V}/10 \text{ dB}$ 2,7 kHz min. (pri 6 dB) 60, dB/5,8 kHz maks. 60...80 dB 60...90 dB 60...80 dB 5...10% 80...120 dB 130 dB

signal dovodi iz stupnja za prilagođenje antene preko kombiniranih visoko- i niskopropusnih širokopojasnih ili oktavnih ili polouktavnih filtera na prvi mješač izrazito kvadratne karakteristike i malog šuma, koji može podnijeti velike signale bez pojave blokiranja i intermodulacije. Nakon prvog mješanja s vrlo visokom frekvencijom lokalnog oscilatora ili frekvencijskog sintezatora dobiva se vrlo visoki prvi međufrekventni signal od više desetaka megaherca, koji zrcalne frekvencije pomiče vrlo daleko, pa su one znatno oslabljene. Zahvaljujući visokoj prvoj međufrekvenciji i kvalitetnom prvom mješaču, ulazni pasivni krugovi mogu biti širokopojasni bez kontinuiranog ugadanja, što je konstruktivno vrlo pogodno, jer nije potrebno uvoditi promjenljive kapacitete ili induktivitete i precizne mehanizme. U prvom međufrekvencijskom pojačalu upotrebljavaju se na ulazu kristalni ili monolitski filtri, koji sužavaju propusni opseg, da bi se što manje šumova propustilo u pojačalo. U drugoj mnogo nižoj međufrekvenciji pomoću kristalnog ili mehaničkog filtra postiže se potrebna krajnja selektivnost u odnosu prema susjednim frekvencijama. Zahvaljujući koncentraciji selektivnih svojstava pojačala u filtrima odmah iza prvog i drugog mješača, oba međufrekvencijska pojačala mogu biti tranzistorска širokopojasna otporno-kapacitivna (*RC*) pojačala ili integrirana linearna pojačala, što smanjuje broj induktivno-kapacitetnih (*LC*) krugova, a to je iz mnoga razloga vrlo povoljno.

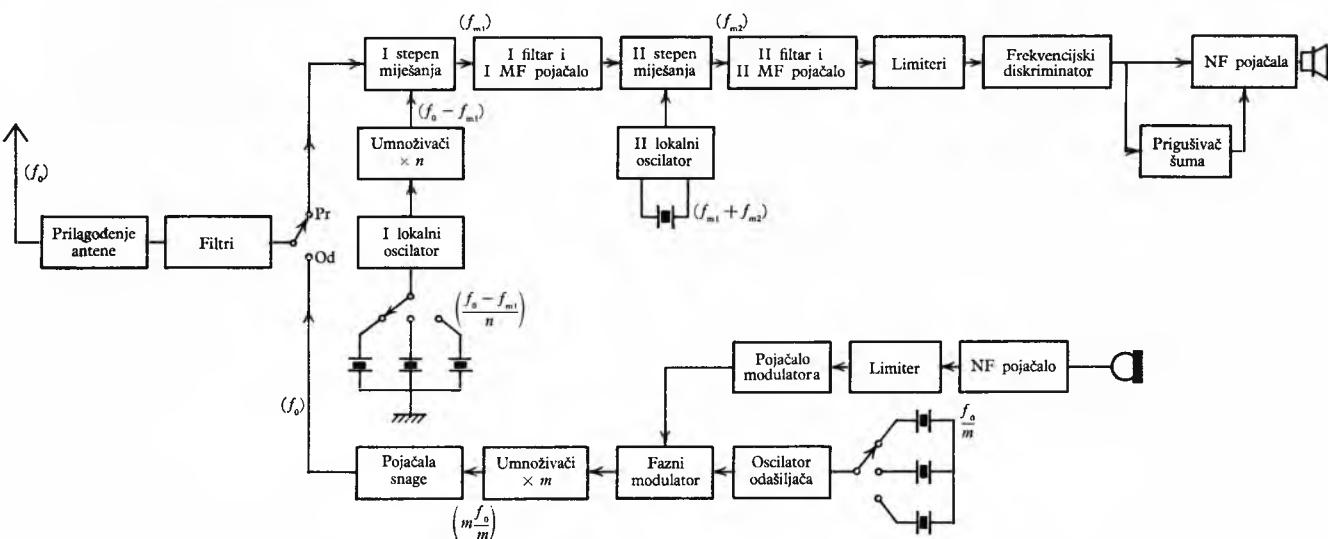
Tablica 8

GLAVNE KARAKTERISTIKE U SADAŠNOSTI I BUDUĆNOSTI FREKVENCIJSKIH SINTEZATORA ZA POKRETNE RADIO-PRIMO-PREDAJNIKE S JEDNOBOĆNIM PRENOSOM

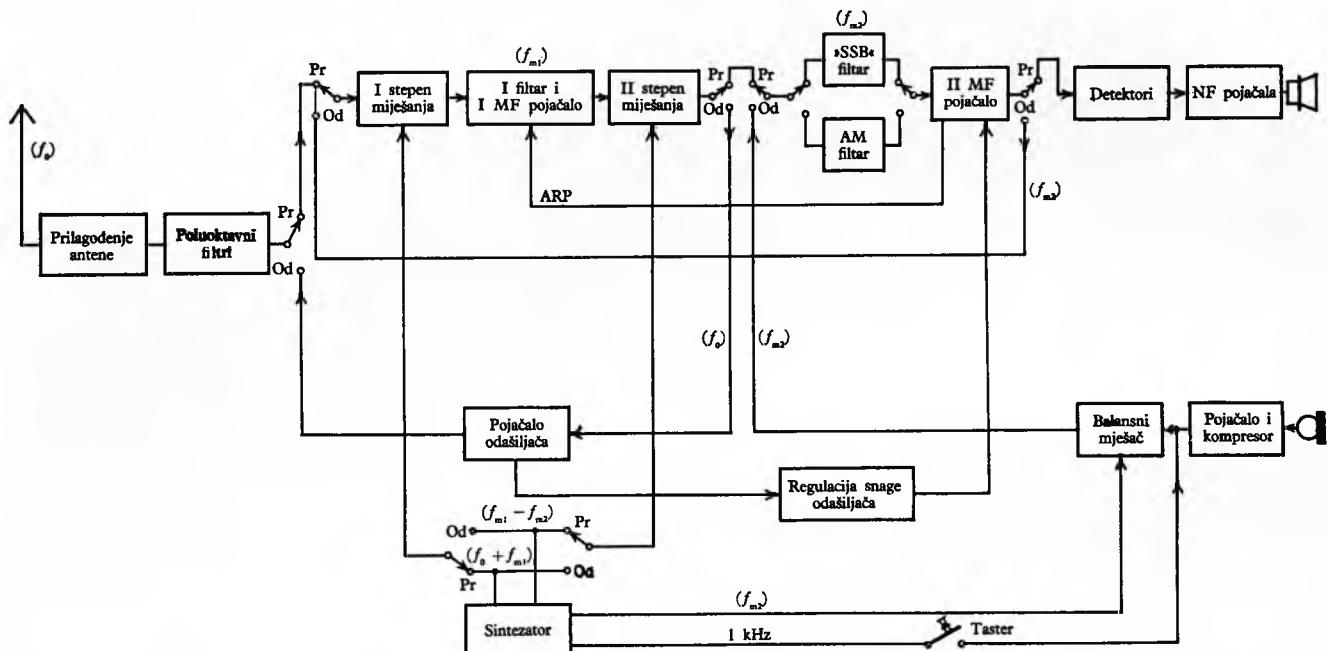
Karakteristika	Sadašnje stanje	Buduće stanje
$\Delta f$ (ukupno odstupanje)	$\pm 40 \text{ Hz}$	$\pm 5 \text{ Hz}$
$\Delta f$ (odstupanje frekvencije u pojedinim uredajima)	$\pm 20 \text{ Hz}$	$\pm 2,5 \text{ Hz}$
$\frac{\Delta f}{f}$ (VF do 30 MHz)	$6,7 \cdot 10^{-7}$	$8,3 \cdot 10^{-8}$
$\frac{\Delta f}{f}$ (VVF do 76 MHz)	$2,6 \cdot 10^{-7}$	$3,3 \cdot 10^{-8}$
Temperaturno područje	$-40 \dots +75^{\circ}\text{C}$	$-40 \dots +75^{\circ}\text{C}$
Vrijeme do ponovne kalibracije	26 tjedana VF i VVF	120 tjedana Isto
Frekvencijsko područje		
Razmak susjednih radnih frekvencija	100 Hz	Isto
Lažni signali	40...60 dB	80...100 dB
Fazno treperenje	5...15°	2...5°
Šum*	90 dB	125 dB
Potrošnja električne energije	1...4 W	Manja
Volumen	500...650 cm³	Manji
Konstrukcija	Individualna	Modularna

\* mjerjen u frekvencijskom području širine 3 kHz, a 100 kHz udaljeno od prenosne frekvencije.

Izbor vrlo visoke prve međufrekvencije ima i tu prednost da kod radio-primopredajnika s vrlo širokim frekvencijskim pod-



Sl. 22. Idejna blok-sHEMA simpleksnog radio-primopredajnika sa frekvencijskom modulacijom



Sl. 23. Idejna blok-shema simpleksnog radio-primopredajnika s amplitudnom modulacijom i prenosom samo jednog bočnog pojasa za vrste modulacije A3J, A3H i A2J. Pr prijem, Od odašiljanje

ručjem prvi lokalni naponski upravljeni oscilator u frekvencijskom sintezatoru ima mali omjer  $f_{max}/f_{min}$ , pa se sa svega jednim LC-krugom, u kojem je upotrijebljena kapacitivna naponski zavisna dioda (varikap), može bez preklapanja dijelova u titrajućem krugu pokriti cijelo frekvencijsko područje.

Generirajući što čišćeg odašiljačkog signala posvećuje se posebna pažnja, da bi se prepojačala i pojačalo izlazne snage odašiljača mogla izraditi širokopojasno, jer se time izbjegavaju komplikirana konstruktivna rješenja za podešavanje LC-krugova kod selektivnih pojačala za široko frekvencijsko područje. Naročito se kod takvih širokopojasnih pojačala u odašiljačima s modulacijom A3J mora postići visoka linearnost, da bi intermodulacija bila što manja.

Na sl. 22 i 23 prikazane su idejne blok-sheme po jednog suvremenog simpleksnog radio-primopredajnika s frekvencijskom modulacijom i malim brojem radnih frekvencija i s amplitudnom modulacijom i prenosom samo jednog bočnog pojasa, a s velikim brojem radnih frekvencija.

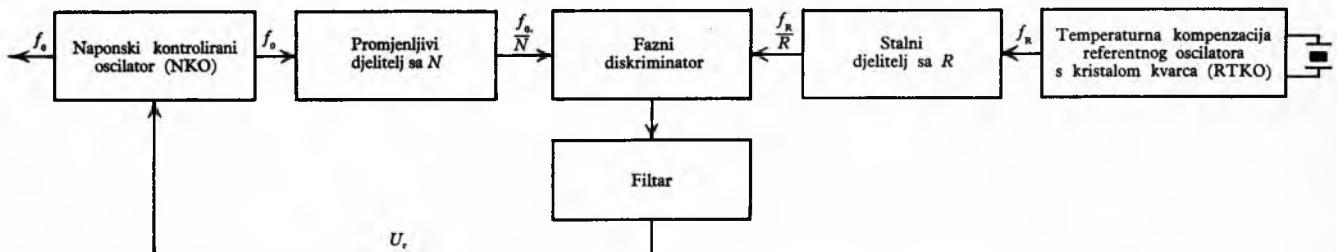
Na sl. 24 prikazan je osnovni princip digitalnog frekvencijskog sintezatora. Referentni temperaturno kompenzirani oscilator s kristalom kvarca (RTKO) određuje točnost i stabilnost radne frekvencije sustava sintezatora. Stalni djelitelj dijeli kristalnu frekvenciju  $f_R$  sa  $R$  i određuje željenu referentnu frekvenciju u fazno upravljanju regulacionoj petljici. Ta frekvencija  $f_R/R$ , koja je jednak frekvencijskom razmaku susjednih frekvencija sintezatora, dovodi se na jedan ulaz faznog diskriminatora. Naponski kontrolirani oscilator (NKO) šalje signal frekvencije  $f_0$  u promjenljivi djelitelj koji je dijeli s određenim brojem  $N$  i na drugi ulaz frekvencijskog diskriminatora daje signal frekvencije  $f_0/N$ . Stabilnost i stacionarno stanje u regulacionoj petlji uspostavlja se samo kad su obje frekvencije na faznom diskriminatoru jednake, a tada NKO daje signal frekvencije  $f_0 = Nf_R/R$ . U tom slučaju fazni diskriminator na svojem izlazu daje samo istosmjerni

napon regulacije  $U_R$ , koji je isključivo određen trenutnom faznom razlikom dviju titranja jednakih frekvencija. Ovaj napon dovodi se u NKO na varikap preko odgovarajućeg filtra, koji ne smije propustiti frekvenciju  $f_R/R$  i mora osigurati stabilnost regulacione petlje. Kad NKO teži promjeni frekvencije, fazni diskriminator odmah odgovara promjenom napona  $U_R$ , koji preko varikapa prisiljava NKO na točnu frekvenciju. Mijenjajući broj  $N$  s kojim promjenljivi djelitelj dijeli frekvenciju  $f_0$  iz NKO, određuje se izlazna frekvencija sintezatora u diskretnim skokovima  $f_R/R$ .

U praksi se, zbog različitih ograničenja, rijetko može realizirati digitalni sintezator po osnovnoj blok-shemi. Često se između NKO i promjenljivog djelitelja sa  $N$  još mora dodati stalni djelitelj sa  $K$ , a sintezator za vrlo male razmake susjednih frekvencija (100 Hz) obično je složen od više fazno upravljenih regulacionih petlji.

Nagli razvoj u posljednjih desetak godina novih vrsta sastavnih dijelova, poluvodičkih elemenata (specijalnih tranzistora i dioda, linearnih i digitalnih integriranih krugova), kristalnih, monolitskih i mehaničkih filtera i novih elektroničkih tehnologija (višeslojnih štampanih krugova, »debelog« i »tankog« filma), zajedno s razvojem novih koncepcija i novih sklopovnih rješenja, omogućuje razvoj pokretnih radio-primopredajnika čije se mogućnosti i pouzdanost jako povećavaju, a istovremeno im se bitno smanjuju dimenzije, težina i potrošnja električne energije. Pri tome nove tehnologije i novi sastavni dijelovi primjenjeni u rješenjima klasične radio-tehnike ne mogu dati pune rezultate, nego se to postiže tek u stvaralačkoj kombinaciji s novim konceptcijama i idejama u konstrukciji sustava i pojedinih sklopova moderne radio-primopredajne elektronike.

LIT.: F. E. Terman, Electronic and radio engineering, New York 1955. — S. Seely, Radio electronics, New York 1956. — A. Schwingold, Fundamentals of radio communications, Princeton 1956. — C. G. Shannon, W. Weaver, The mathematical theory of communication, Urbana, Ill. 1959. — J. M. Wo-



Sl. 24. Blok-shema osnovnog principa digitalnog frekvencijskog sintezatora

*zenraft, I. M. Jacobs, Principles of communication engineering, New York 1965. — H. M. Ильинов, Основы радиотехники, Москва 1965. — M. Schwartz, W. R. Bennet, S. Stein, Communication systems and techniques, New York 1966. — S. Stein, J. J. Jones, Modern communication principles with application to digital signaling, New York 1967. — B. P. Lathi, Communication systems, London 1968. — H. Brodhage, W. Hormuth, Planung und Berechnung von Richtfunkverbindungen, Berlin 1968 (i na engleskom: Planning and engineering of radio relay links, München 1968). — B. Carlson, Communication systems, New York 1968. — H. И. Чистяков, С. М. Халымчев, О. М. Малошинский, Радиосвязь и вещание, Москва 1968. — A. Ascione, Lezioni di punti radio, Roma 1970. — C. Rudiloso, Tecnica dei ponti radio, Roma 1972. — M. Mandl, Principles of electronic communications, Englewood Cliffs, N. J. 1973.*

Z. Šolc

### ELEKTRONIČKI UREĐAJI U RADIO-DIFUZIJI

Radio-difuzija je jedno od najmasovnijih sredstava informacije. Radi vršenja svog zadatka, ona, osim potrebnim organizacijskim jedinicama, raspolaže i potrebnim tehničkim sredstvima, koja se pretežno sastoje od elektroničkih uređaja. S pomoću moduliranih elektromagnetskih valova ona prenosi vesti i zabavni, poučni ili umjetnički program velikom broju slušalaca i gledalaca, služeći se pri radio-prijenosu samo govorom ili glazbom, a pri televizijskom (TV) prijenosu, osim toga i slikom.

Program koji se prenosi stvara se u studijima radio- i televizijskog doma, gdje se izvorni govor ili glazba ili živa slika, ili njihova reprodukcija s gramofonskih ploča, magnetofona ili magnetoskopa, pretvara u električni modulacijski signal. Taj se vodi kabelom ili visokofrekvenčnom usmjerom vezom odašiljaču; tamo se on pretvara u modulirane visokofrekventne struje (potrebne jakosti), kojima se preko pojnoj voda napaja antena, a ova primljenu energiju zrači kao elektromagnetske valove u prostor. Za radio-prijenos primjenjuju se dugi, srednji, kratki i vrlo kratki valovi (niske, srednje, visoke i vrlo visoke frekvencije), a za televizijski prijenos vrlo kratki i ultrakratki valovi (vrlo visoke frekvencije). Valna područja za radio- i TV-prijenos utvrđena su i rezervirana samo za tu svrhu međunarodnim konvencijama (tabl. 1). Planove o raspodjeli frekvencija i njihovoj raspodjeli u mreže razrađuje i preporuča Međunarodni savjetodavni komitet

Tablica 1

PREGLED FREKVENCIJSKIH PODRUČJA DODIJELJENIH RADIO-DIFUZIJI ZA RADIO- I TV-PRIJENOS

Namjena i naziv područja	Frekvenčko područje	Pripadno valno područje
Radio-prijenos na niskim frekvencijama (NF) (na kilometarskim ili dugim valovima)	150...285 kHz	2000...1052,6 m
Radio-prijenos na srednjim frekvencijama (SF) (na hektometarskim ili srednjim valovima)	525...1605 kHz	371,4...186,9 m
Radio-prijenos na visokim frekvencijama VF) (na decimetarskim ili kratkim valovima):		
49-metarski pojas	5,95...6,2 MHz	50,00...48,39 m
41-metarski pojas	7,1...7,30 MHz	41,67...41,10 m
31-metarski pojas	9,50...9,775 MHz	31,58...30,93 m
25-metarski pojas	11,7...11,975 MHz	25,64...25,21 m
19-metarski pojas	15,1...15,45 MHz	19,87...19,54 m
16-metarski pojas	17,75...17,85 MHz	16,90...16,81 m
13-metarski pojas	21,45...21,75 MHz	13,91...13,79 m
TV-prijenos na vrlo visokim frekvencijama (VVF) (na metarskim ili vrlo kratkim valovima), pojas I	41...68 MHz	7,31...4,41 m
Radio-prijenos na vrlo visokim frekvencijama (VVF) (na metarskim ili vrlo kratkim valovima), pojas II	87,5...100 MHz	3,43...3,00 m
TV-prijenos na vrlo visokim frekvencijama (VVF) (na metarskim ili vrlo kratkim valovima), pojas III	174...223 MHz	1,72...1,35 m
TV-prijenos na ultravisokim frekvencijama (UVF) (na decimetarskim valovima), pojas IV i V	470...790 MHz	0,64...0,38 m

U nas je običajno da se (prema njemačkom običaju) ultrakratkim valovima UKV nazivaju metarski valovi, koji odgovaraju vrlo visokim frekvencijama (VVF), a ne decimetarski valovi koji odgovaraju ultravisokim frekvencijama (UVF).

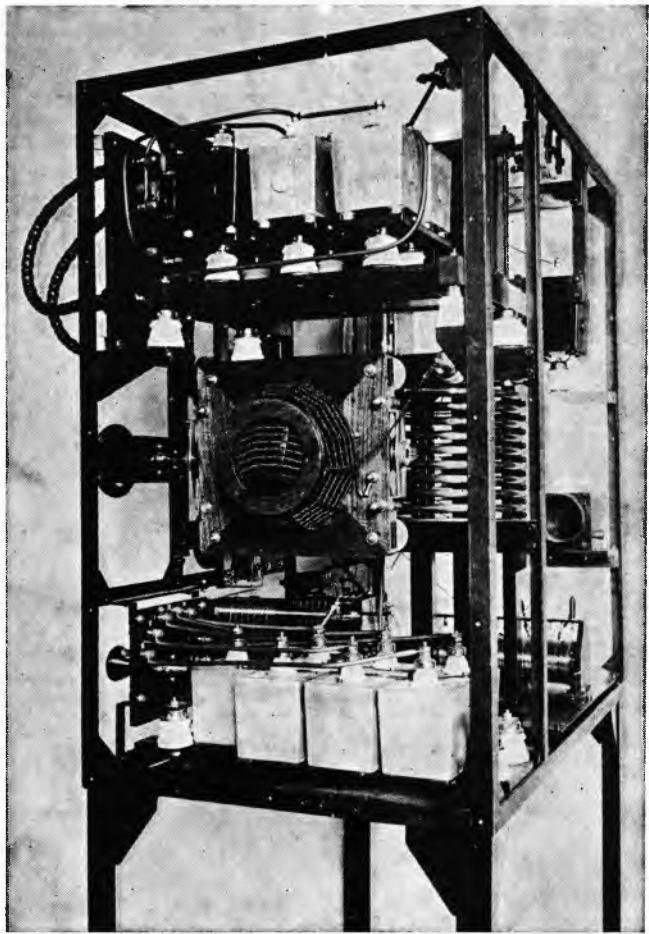
Tablica 2  
UKUPNA SNAGA MATIČNIH  
RADIO-ODAŠILJACA PO REPUBLIKAMA POČETKOM 1972

Republika	Ukupna snaga odašiljača kW
Srbija	750
B i H	700
Makedonija	1135
Hrvatska	550
Slovenija	280
Crna Gora	100
Jugoslavija	3515

za radio-saobraćaj CCIR (franc. Comité Consultatif International Radiophonique) kao permanentni organ Međunarodne telekomunikacijske unije ITU (engl. International Telecommunication Union), koja danas regulira tu materiju i čije studijske grupe daju preporuke i predlažu norme za tehnologiju i ponašanje na tom polju djelatnosti. Registraciju instaliranih radiodifuzijskih odašiljača i kontrolu njihove frekvencije vrši za zapadnu Evropu Evropsko udruženje radiostanica EBU (engl. European Broadcasting Union). U daljem izlaganju obrađeni su od elektroničkih uređaja radio-difuzije u tri naredna poglavila uređaji za radio-prijenos, a u posljednjem poglaviju uređaji za televiziju.

### Radio-prijenos na niskim i srednjim frekvencijama (NF i SF)

Do šire primjene radiotelegrafije s pomoću odašiljača na iskre i s Poulsenovim lukom došlo je već početkom ovog stoljeća, ali uspješniju radiodifuziju (engl. broadcasting, njem. Rundfunk) omogućili su tek odašiljači s elektronikama. Tako je 31. VIII 1920 proradila prva radio-difuzijska stanica u Pittsburghu (USA). Prva radiodifuzijska stanica u Evropi montirana je na Eiffelovom tornju u Parizu i stavljena u pogon februara 1921. U Engleskoj proradila je prva radio-stanica 14. II 1922. Uskoro slijede stanice u Njemačkoj, SSSR i drugdje. U Jugoslaviji puštena je prva radio-difuzijska stanica u rad u Zagrebu 15. V 1926. Ona je imala snagu 0,35 kW i radila na valnoj duljini 276,2 m. Za njom slijedi Ljubljana 1. IX 1927 sa 2,5 kW i Beograd 24. III 1929, također sa snagom 2,5 kW. Tabl. 2 pokazuje za početak 1972 ukupnu nazivnu snagu instaliranih srednjevjevnih odašiljača po republikama. Pri tom su uzete u obzir samo matične radio-stanice; osim njih postoji danas još znatan broj lokalnih i telefonskih radio-stanica manje i srednje snage.



Sl. 1. Odašiljač 0,35 kW Radio Zagreba iz 1926, pogled na bočnu stranu odašiljača

Unutarnji izgled odašiljača Radio Zagreba iz 1926 prikazuje sl. 1. Kako je električna shema tog odašiljača bila jednostavna pokazuje sl. 2. U visokofrekvenčnom dijelu radila je samo elektronika RS 15 g kao samouzbudni oscilator