
UDŽBENICI SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
MANUALIA UNIVERSITATIS STUDIORUM ZAGRABIENSIS



Božidar Pasarić 9A2HL

RADIOAMATERIZAM ZA MLADE

PRIRUČNIK ZA POLAGANJE
OPERATORSKOG P-ISPITA



Zagreb, 2008.

Nakladnik

HRVATSKI RADIOAMATERSKI SAVEZ
Zagreb, Dalmatinska 12

Za nakladnika

Krešimir Kovarik, 9A5K

Glavni urednik

Zoran Kušan

Recenzent

Dr. sc. Zvonimir Jakobović

Računalni prijelom

Zoran Kušan

Naslovna stranica

???

Lektorica

Zorka Horvatić

Tisak

???????

Naklada

1000 primjeraka

SADRŽAJ

PREDGOVOR

PRVI DIO

Iz povijesti elektrotehnike

| | Stranica |
|---|----------|
| Uvod | 9 |
| 1. <i>poglavlje</i> : Sličice iz povijesti elektrotehnike | 11 |
| 2. <i>poglavlje</i> : Priča o radioamaterima | 33 |

DRUGI DIO

Priprema za ispit

| | |
|--|-----|
| 3. <i>poglavlje</i> : Osnove elektrotehnike i radiotehnike | 59 |
| 4. <i>poglavlje</i> : Operativna znanja i postupci | 135 |
| 5. <i>poglavlje</i> : Zakoni i propisi | 158 |

TREĆI DIO

Pitanja za provjeru znanja

| | |
|--|-----|
| 6. <i>poglavlje</i> : Tehnička znanja | 172 |
| 7. <i>poglavlje</i> : Operativna znanja | 191 |
| 8. <i>poglavlje</i> : Zakoni i propisi | 191 |
| <i>Dodatak 1</i> : Kako učiti Morseove znakove | 201 |
| <i>Dodatak 2</i> : Matematički izrazi | 204 |
| Bilješka o piscu | 206 |

PREDGOVOR

Knjiga *Radioamaterizam za mlade – Priručnik za polaganje operatorskog P-ispita* djelo je Božidara Pasarića, *silent key*¹ 9A2HL, kojega smo intimno, ali s poštovanjem nazivali Pasko, dugogodišnjega radioamatera, iskusnoga pedagoga i metodičara, koji je održavao mnoga predavanja mladim i novim radioamaterima te napisao brojne stručne članke i nekoliko knjiga.

Knjiga obrađuje izbor pojmova iz radiotehnike i radioamaterskih znanja i vještina, potrebnih mladome radioamateru za polaganje ispita za početnički *P-razred* radioamaterskoga operatora. Sve se to može rasuto pronaći u stručnim knjigama i na internetu, ali je pisac sve svojim iskustvom pomno probrao, osmislio i povezoao u prikladnu cjelinu.

Knjiga se sastoji od tri glavna dijela. Prvo su tu *Sličice iz povijesti elektrotehnike* i *Priče o radioamaterima* u kojima vrlo zanimljivo opisuje razvoj elektrotehnike, radiotehnike i radioamaterizma. Za mlade buduće radioamaterice to je zanimljiv uvod u svijet radioamaterizma, a za stare gotovo sjetan podsjetnik na njihove početke sredinom 20. stoljeća.

Slijedi glavnina knjige koja sadržava poglavlja *Osnove elektrotehnike i radiotehnike*, *Operativna znanja i postupci* te *Zakoni i propisi*. Treći su dio, metodički vrlo važan, *Pitanja za provjeru znanja*. U *Dodatku* slijede vrlo važne upute *Kako učiti Morseove znakove*.

Knjigu je Pasko brižno pripremao tijekom ranih 2000-ih godina, već prilično lošega zdravlja. Smatrao ju je krunom svoga pedagoškoga rada u radioamaterizmu. S njegove strane bila je završena, te grafički pripremljena za tisak još 2008. godine. Nažalost, zbog niza okolnosti knjiga nije objavljena do danas.

Na kraju knjige nalazi se bilješka o piscu, koju je Pasko sam napisao. Nažalost, Paskovo tipkalo utihnulo je 11. kolovoza 2014., tako da nije ugledao svoje djelo objavljeno.

U Hrvatskom radioamaterskom savezu odlučeno je da se njegova knjiga objavi, za sada u elektroničkome izdanju. U nju su unesene samo manje promjene *Pravilnika* koje su nastale tijekom godina. Neka to elektroničko izdanje bude na korist mladim radioamaterima te zahvala Pasku za gotovo sedam desetljeća njegova rada u našem radioamaterizmu.

U Samoboru, 8. rujna 2018.

Dr. sc. Zvonimir Jakobović, 9A2RQ

¹ Engl. *silent key*: utihnulo tipkalo, u radioamaterskome žargonu navod da je operator preminuo.

UVOD

Elektrotehnika i elektronika bez sumnje su znanstvene i tehničke discipline koje više od bilo koje druge discipline prožimaju današnju civilizaciju. Bez elektriciteta suvremeni čovjek je invalid. Iako su i stari Grci znali za elektricitet (trljajući jantar - elektron), ozbiljniji razvoj znanosti o elektricitetu počinje sredinom 16. stoljeća - dobivajući tijekom vremena sve veće ubrzanje. Impozantan je i broj znanstvenika koji su dali svoj doprinos njezinu razvoju – više od 240 registriranih i manje ili više poznatih imena u proteklih 350 godina - više negoli u bilo kojoj drugoj znanosti, ne računajući ovdje matematičare i matematiku koja je, za divno čudo, već imala spreman odgovarajući matematički aparat. (Da smo kojom čarolijom mogli reći Pitagori kako će njegov poučak poslije dvije i pol tisuće godina odlično poslužiti za izračunavanje impedancije, ili pak jalove snage, on uopće ne bi mogao shvatiti o čemu mi to govorimo.)

Današnji učenici i studenti, kojima se elektrotehnika i elektronika serviraju uredno osustavljene i objašnjene u udžbenicima, najčešće nisu ni svjesni nevjerojatne količine posla i pokusa (više neuspjelih negoli uspjelih) koje je navedenih dvjestotinjak znanstvenika moralo obaviti kako bi prirodi oteli njezine tajne. Elektricitet je ljudima nevidljiv, pa je sve sličilo boravku istraživača u mračnoj sobi gdje se uglavnom tapkanjem u mraku, intuicijom i metodom pokušaja i pogreške mukotrpno dolazilo do spoznaja o zakonitostima električnih pojava. Za razvoj elektrotehnike naročito je značajno cijelo devetnaesto stoljeće. Ovdje ćemo spomenuti samo najvažnije događaje.

1. Poglavlje

Sličice iz povijesti elektrotehnike

Jantar je fosilizirana smola. Stari Grci su ga zvali *elektron*, što znači žar, žeravica (sl. 1.1.). Kao i danas, upotrebljava se za ukrase, ali ako se trlja krznom, privlači lake predmete. To svojstvo prvi je zabilježio Tales iz Mileta oko 600. godine p.n.e. Stari Grci nisu znali objasniti zašto se to događa. Tek poslije dva tisućljeća obnavlja se zanimanje za tu pojavu. Tu je posebno značajno 18. stoljeće u kojemu se mnogobrojnim pokusima dosta toga saznalo o **statičkom elektricitetu**, kako ga danas zovemo. Za električnu struju, elektricitet u kretanju, ljudi još nisu znali. Ovdje ćemo spomenuti samo nekoliko važnijih događaja.

Statički elektricitet, tj. električni naboj, u 18. stoljeću proizvodili su trenjem, više ili manje uspješnim strojevima koje su okretali rukom - elektrostatičkim generatorima (sl. 1.2.). Rezultat je bila kraća ili dulja iskra koja je preskakala između nabijenih polova.

Teorija elektriciteta razvijala se sporo i uz mnoga lutanja. Ipak, do kraja 18. stoljeća već su se nazirala suvremenija tumačenja. Francuski kemičar i nadglednik carskih vrtova **Charles Francois du Fay** objavio je 1733. godine svoju teoriju prema kojoj postoje dvije vrste "fluida", tj. elektriciteta: "stakleni" i "smolasti", ovisno o tome kakvim trljanjem se proizvode (danas kažemo "pozitivni" i "negativni"). Naime, otkrio je da se naboji proizvedeni na isti način

međusobno odbijaju, a oni proizvedeni na dva različita načina - privlače. Ljude je plašio, ali i uzbuđivao, električni udarac koji bi dobili dodirnuvši nabijenu elektrodu, što je bila česta zabava u višim krugovima. Električnom iskrom znali bi zapaliti alkohol ili barut.

Uz elektrostatički generator sljedeći važan događaj bio je izum **leidenske boce**, prototipa današnjeg električnog kondenzatora, koji svojim kapacitetom može "uskladištiti" određenu količinu elektriciteta (sl. 1.3.). To je učinio **Ewald Jurgens von Kleist**, njemački biskup u pruskoj Pomeraniji, 1745. godine, a gotovo istodobno, i neovisno o

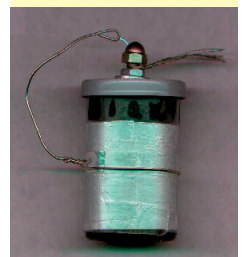


Slika 1.1. Jantar je fosilizirana smola. Stari Grci su ga zvali *elektron*. Primjerak na gornjoj slici star je 40 milijuna godina.



Slika 1.2. Posebno uzbudljiva "znanstvena" igra u to vrijeme bio je "električni poljubac". Dok je djevojka stajala na izoliranoj stolici, spojenoj na elektrostatički stroj, mladić ju je pokušao poljubiti, ali je dobio snažan udarac.

Slika 1.3. Leidenska boca nabijena statičkim elektricitetom. Vidimo kako se izbija preko električne iskre.



1. Poglavlje



Slika 1.4.

Nolettov elektro-
skop: kako se
istoimeni naboji
odbijaju, nabijeni
metalni listići se
razmiču kada se
električni naboj
povećava

Kleistu, **Pieter van Musschenbroek**, nizozemski profesor, rodom iz Leidena. Kleist je do svog otkrića došao sasvim slučajno. U jednoj ruci držao je staklenu bocu s nekom tekućinom u njoj, vjerojatno alkoholom. Kroz čep je progurao čavao sve do tekućine i spojio ga na elektrostatski stroj. Kada je odvojio čavao od stroja i slučajno ga dodirnuo drugom rukom, dobio je snažan udarac! Mi danas znamo da je tekućina u boci služila kao unutrašnja obloga kondenzatora, ruka kojom je držao bocu kao vanjska, a staklo je bilo dielektrik. Ali Kleist to nije mogao znati, već se raspisao na sve strane da to "čudo" obznani.

Naziv "leidenska boca" prvi je uveo u uporabu 1748. godine **Jean-Antoine Nollet**, francuski svećenik i fizičar. Poslije su unutrašnja i vanjska obloga leidenske boce bile načinjene od tankog olova. Znali su paralelno vezati i po stotinjak tih boca, pa ih istodobno nabijati, a pražnjenje bi izvodili preko željezne žice koja bi se od izboja rastopila. Postoji priča kako je otac Nollet jednom prilikom poručio nekoliko stotina kartuzijanskih redovnika u bijelim mantijama koji su se držali za ruke. Navodno je red bio dugačak jedan kilometar u krug. Kada je preko njih ispraznio leidensku bocu, svi su redovnici istodobno poskočili u zrak na veliko veselje okupljenih promatrača.

Međutim, otac Nollet ušao je u povijest znanosti 1748. godine kao izumitelj **elektroskopa**, prvog instrumenta kojim se mogao utvrdi-

ti, pa donekle i izmjeriti, elektrostatički naboj. Sastoji se od dva metalna, često zlatna, listića smještena u bocu sa zajedničkim izvodom na vrhu (sl. 1.4.). Kada naelektriziranim štapićem dodirujemo vrh, listići se nabijaju istoimenim električitetom, pa se međusobno odbijaju. Po veličini kuta među listićima možemo zaključiti o veličini električnog naboja. Iako je to prvi instrument na polju električnosti, danas elektrooskop nema neku praktičnu primjenu, osim za pokuse u školskim laboratorijima fizike.

Drugu polovicu 18. stoljeća u znanosti o električnosti, među mnogima, obilježila su trojica znanstvenika: Franklin, Coulomb i Galvani. Amerikanac **Benjamin Franklin** (1706. - 1790.), deseto dijete od njih sedamnaestoro u obitelji izrađivača sapuna završio je samo jedan razred osnovne škole jer mu otac nije mogao plaćati školovanje (sl. 1.5.). Tiskarski pomoćnik, izdavač novina, diplomat, političar, jedan od osnivača Sjedinjenih Američkih Država, znanstvenik - Benjamin Franklin je prototip američkog ideala "*self-made man*" - čovjeka koji je sam sebe izgradio i uspio u tadašnjem mladom američkom društvu, pa mu se i danas slika nalazi na novčanici od 100 US



Slika 1.5. Benjamin Franklin na američkoj novčanici od 100 USD

1. Poglavlje

dolara. Na području elektriciteta zaslužan je što je teoriju Charlesa du Faya o dvije vrste elektriciteta sveo na jednu vrstu s dva polariteta. Pozitivni pol za njega je imao višak električnog naboja, dok je negativni pol imao manjak. (Danas znamo da je to obratno, ako govorimo o elektronima.) Izumio je gromobran i dokazao da su munja i električna iskra jedna te ista pojava. Franklin je bio siguran u točnost svoje pretpostavke, ali ju je valjalo dokazati. To se dogodilo nepoznatog dana 1752. godine.

Priča o dječjem zmaju s pomoću kojega je izveo taj pokus ušla je u legendu, iako ju on nije nikada sam ispričao. Objavio ju je njegov poznanik poslije petnaest godina, ali je očito da mu je Franklin opisao detalje. Zmaja je izradio od svile jer se ona ne raspada na kiši. Na svom gornjem kraju zmaj je imao dvadesetak centimetara dugačku zašiljenu žicu. Uzica je bila svilena, što znači izolator, ali je Franklin pričekao da je kiša smoči, pa je postala djelomično vodljiva. Na donji kraj stotinjak metara duge uzice privezao je ključ, a njega žicom za leidensku bocu. Pokus je izvodio nasred polja, gdje je imao drvenu kolibicu koja mu je poslužila kao zaklon (sl. 1.6.). Zmaj je bio visoko, ali je Franklin ipak morao dugo čekati da naiđe olujni oblak. Primijetio je da su se niti na svilenj uzici nakostrilešile, što je bio znak da su naelektrizirane. Približio je ruku ključu, ali je skočila iskra i on je dobio snažan električni udarac. Vjerojatno je velik otpor mokre svi-

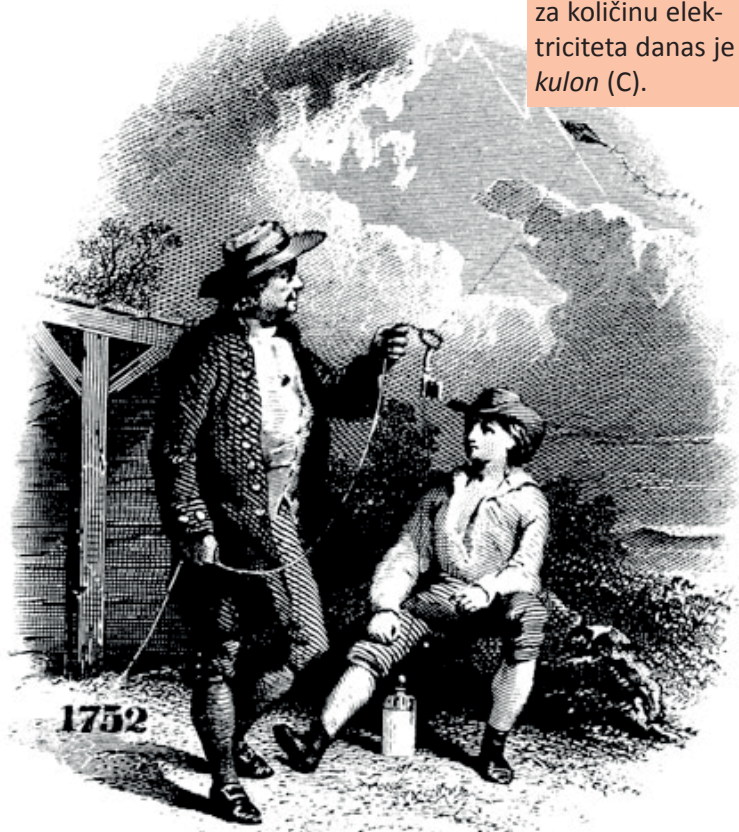
lene uzice zaslužan da Franklin tom prilikom nije izgubio život. Uz njega je bio samo njegov dvadesetjednogodišnji sin koji mu je pomagao. O pripremljenom pokusu nije prije toga nikome ništa rekao, jer se bojao javne poruge ako pokus ne uspije.

Zahvaljujući Franklinu, danas se služimo pojmovima: **baterija, električni naboj, kondenzator, vodič, pozitivni pol, negativni pol.**

Charles-Augustin de Coulomb (čitaj: kulón), bio je francuski vojni inženjer i fizičar (1736. - 1806.) - slika 1.7. Među ostalim, bavio se i



Slika 1.7. Časnik francuske vojske Charles-Augustin de Coulomb izmjerio je privlačnu odnosno odbojnu silu između električnih naboja (Coulombov zakon). Jedinica za količinu elektriciteta danas je *kulon* (C).



Slika 1.6. Benjamin Franklin i njegov pokus s dječjim zmajem za vrijeme oluje 1752. godine. Na zemlji vidimo i leidensku bocu za koju je vezao ključ. Boca se nabila elektricitetom.

1. Poglavlje



Slika 1.8.

Talijanski liječnik i sveučilišni profesor Luigi Galvani otkrio je električnu osnovu funkcioniranja živčanog sustava i potaknuo Alessandra Voltu da načini trajni izvor električne struje. Na donjoj slici vidimo pribor kojim se Galvani služio.

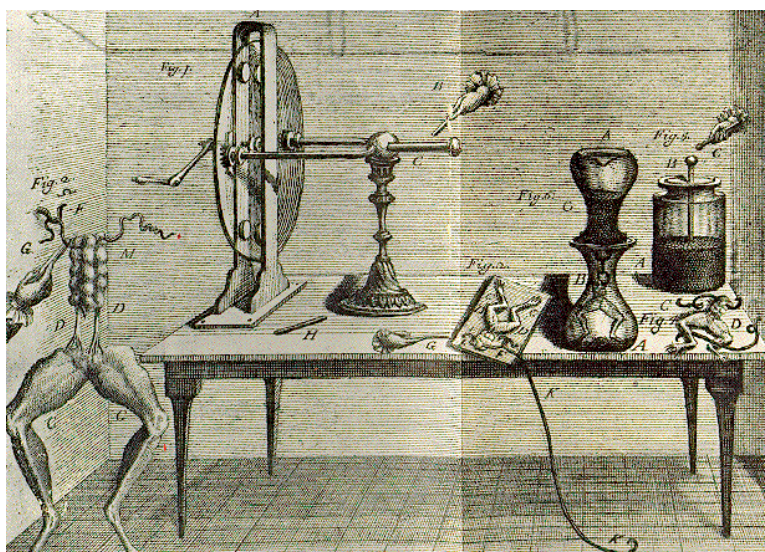
pitanjima torzije - savijanja žice oko njezine osi, pa je uspio načiniti vrlo osjetljivu i preciznu vagu na torziju kojom je zatim izvodio svoje pokuse elektricitetom i magnetizmom. Mjerio je privlačnu odnosno odbojnu silu između dvaju naboja, pa je tako došao do zakona koji danas zovemo njegovim imenom. Radi se o tome da privlačna sila između dvaju raznoimenih naboja opada s kvadratom udaljenosti: ako razmak između naboja povećamo dvaput, sila među njima smanjit će se četiri puta itd. Po tome je Coulombov zakon po obliku i logici jednak Newtonovu zakonu gravitacije. Njemu u čast jedinica električnog naboja danas se zove *kulon* (C).

Luigi Galvani (1737. - 1798.), talijanski liječnik i profesor na Sveučilištu u Bologni izvodio je 1780. godine pokuse sa žabljim krakovima i električnim nabojima (sl. 1.8.). Ustanovio je da se krakovi trzaju kada ih je priključio na nabijenu leidensku bocu. (Međutim, trzali su se i

ljudi, pa to nije bila neočekivana novost.) Krakovi su se grčevito trzali i kada je njegov pomoćnik elektriziranim skalpelom slučajno dodirnuo kičmeni živac mrtve žabe. Po tome je Galvani zaključio da se naredbe mišićima prenose kroz živce u tijelu električnim putem, što je već bila novost. To je značilo da se negdje u mozgu proizvodi elektricitet koji upravlja pokretima tijela. Taj električni "fluid" nazvao je "životinjskim", za razliku od "umjetnog" ili prirodnog. Dakako, nije imao mjernih instrumenata da to i dokaže, ali je svejedno Galvani ostvario jedno od temeljnih otkrića suvremene neurologije.

Međutim, dogodilo se još nešto. Kada je njegov pomoćnik sjeckao žablje krakove na metalnoj podlozi skalpelom koji nije bio ni na što priključen, u jednom trenutku krakovi su se također počeli trzati. Galvani je to smatrao daljnjim dokazom svoje teorije o "životinjskom fluidu" koji se navodno oslobađa iz tijela pri dodiru dvaju metala. Javnost je uglavnom prihvatila takvu teoriju, osim **Alessandra Volte** (1745. - 1827.), istaknutog profesora na Sveučilištu u Paviji, poslije čega se razvila javna rasprava (sl. 1.9.).

Volta je naime vjerovao da se pri dodiru dvaju različitih metala uvijek stvara elektricitet i bez žabljih krakova, koji su služili samo kao elektroskop. Detaljnije provjeravanje pokusa pokazalo je da su se krakovi trzali kada je čelični skalpel slučajno dodirnuo mjedenu kuku na kojoj su visjeli krakovi. Iz te je spoznaje Alessandro Volta razvio prvi trajni



1. Poglavlje



SLIKA 1.9. Talijanski fizičar i sveučilišni profesor Alessandro Volta, izumitelj prve električne baterije

izvor električne struje u povijesti - nazvan po njemu Voltinim stupom.

Međutim, ni Galvani nije bio potpuno u krivu. Njegova teorija o živom organizmu kao generatoru funkcionalnih električnih impulsa vrijedi i danas. Njegovo ime duboko je usađeno u elektrotehniku: galvanski članak, galvanometar, galvanizacija, galvanske struje, galvansko pojačalo itd. Kako su i Galvani i Volta bili blage naravi i imali profinjen odgoj, veću galamu stvarali su njihovi "navijači", negoli oni sami.

Sve u svemu, počevši od 1800. godine istraživači su, uz statički elektricitet, dobili i stalan izvor istosmjerne struje zahvaljujući velikom eksperimentatoru Volti, koji je svoj stup načinio od dvije vrste metala, bakra i cinka, kao i slane otopine. Stup je mogao davati napon i od

nekoliko desetaka volta. To je zapravo bila prva električna baterija, koja je omogućila daljnja istraživanja. Rodila se elektrodinamika - teorija električnih struja.

Volta je znao da metali imaju neki svoj osnovni električni potencijal, u nekih pozitivan, a u nekih negativan. Mi danas npr. znamo da cink (Zn) ima -0,762 volta, a bakar (Cu) +0,345 volta. Ako ih zajedno umočimo u elektrolit, tj. u kiselu ili lužnatu otopinu, bakar će biti pozitivan, a cink negativan pol i davat će trajni napon od ukupno 1,1 volta. Ako su pak metalne pločice suhe, neće biti nikakve reakcije. Volta je pločice izrezao u obliku krugova, a kao elektrolit služili su mu krugovi od debeloga kartona umočeni u slanu vodu (sl. 1.10.). Zatim ih je poslagao jedan na drugi: bakar - karton - cink - bakar - karton - cink itd. - otprilike desetak puta. (Kontakti između cinka i bakra morali su biti suhi, jer bi inače stvarali struju suprotnog smjera.) Iako je Volta živio još 27 godina, zanimljivo je da nije više ništa novo izumio, već je uživao u počastima. Tako mu je Napoleon Bonaparte dodijelio titulu grofa 1810. godine. Njegov rad nastavili su drugi. Danas je **volt** jedinica za električni napon, njemu u čast.

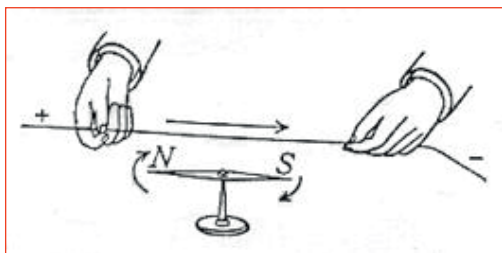
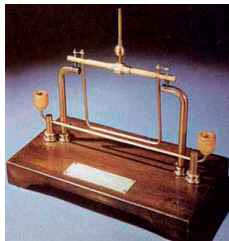
Danski fizičar **Hans Oersted** (1777. - 1851.) 1820. godine primijetio je da se magnetska igla na kompasu pomiče kada u njegovoj blizini kroz vodič teče električna struja (sl. 1.11.). Tako je otkrio neraskidivu vezu između elektriciteta i magnetizma, što je odmah i objavio. Načinjen je i prvi galvanometar, instrument



Slika 1.10. Voltin stup sastojao se od naslaganih kolutića bakra, namočenoga kartona u elektrolitu i cinka. Davao je napon do tridesetak volta.



Slika 1.11. Hans Oersted, danski fizičar, otkrio je da električna struja u blizini kompasa pomiče magnetnu iglu. Na slici tu pojavu Oersted demonstrira svojim prijateljima



Slika 1.12. André-Marie Ampère koji je stvorio cjelovitu teoriju elektromagnetizma istosmjernje struje i tako omogućio daljnji razvoj elektrotehnike. Desno je naprava s pomoću koje možemo prikazati Ampérove pravilo: kada kroz dva paralelna vodiča prolazi struja u istome smjeru, oni se privlače; kada prolazi u suprotnim smjerovima, oni se odbijaju.

koji reagira na protok električne struje. Koliko god bio slabo osjetljiv, ipak je omogućio daljnja istraživanja.

U rujnu 1820., čim je čuo za Oerstedovo otkriće, francuski fizičar **André-Marie Ampère** (1775. - 1836.) u roku od osam dana razradio je cjelovitu teoriju magnetskog polja koja vrijedi i danas i koja je omogućila daljnji razvoj elektrotehnike (npr. pravilo desne ruke, sile između dva vodiča kojima teče struja itd). Rođen je blizu Lyona, a otac mu je bio bogati trgovac. Nikada nije išao u školu, ali mu je otac osigurao odlično obrazovanje kod kuće, naročito iz matematike za koju je pokazivao velik talent. U životu je imao nekoliko tra-

gedija od kojih se nikada nije oporavio: otac mu je bio smaknut na giljotini za vrijeme Francuske revolucije, voljena supruga umrla je nakon samo pet godina braka, a drugi mu je brak bio prava katastrofa. (Na njegovu grobu na Montmartreu piše latinski "Tandem felix" - konačno sretan.) Usprkos nevoljama, njegov doprinos znanosti je velik, naročito na polju magnetizma istosmjernih struja - elektrodinamike, kako ju je nazivao, a koja vrijedi i danas. Prvi je načinio solenoid, elektromagnetsku zavojnicu na kartonskom valjku. Poslije 1824. predavao je fiziku na visokoj školi *College de France* u Parizu. Zbog svoga dječakčkog lica i uljudna ponašanja bio je omiljen među onima koji su ga poznavali (sl. 1.12). Jedinica za jakost električne struje nosi njegovo ime (*amper*).

U nastavku ove priče, poslije pet godina, 1825., Englez **William Sturgeon** (1783. - 1850.) uspijeva načiniti prvi elektromagnet (sl. 1.13.). Oko potkove od meka željeza izolirano je namotao 16 navoja



Slika 1.13. Englez William Sturgeon (1783.-1850.) načinio je prvi elektromagnet. Mogao je podići čak 4 kilograma željeza. Na slici je originalni Sturgeonov crtež.

bakrene žice. Kada je kroz nju pustio struju, željezna jezgra je postala magnetska. Ako je struja bila dovoljno jaka, elektromagnet je mogao podići do 4 kilograma, što je bio teret dvadeset puta veći od njegove vlastite težine. Izum elektromagneta omogućio je kasnije konstrukciju elektromagnetskih dizalica, telegrafskog aparata, elektromotora i mnogih drugih naprava.

Samo godinu dana poslije Sturgeonova elektromagneta, 1826. godine, Amerikanac **Joseph Henry** (1797. - 1878.) otkriva pojavu indukcije (sl. 1.14.). Ponavljajući Oerstedove pokuse, uzeo je dva paralelna vodiča: jedan je spojio na bateriju, a drugi na osjetljiv galvanometar. Kada je kroz



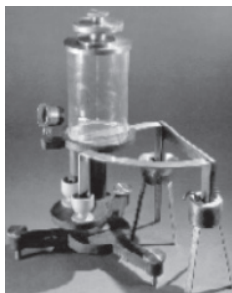
Slika 1.14. Amerikanac Joseph Henry, prvi tajnik Smithsonian instituta, otkrio je pojavu samoindukcije kao i relej, kojim slabi strujni krug uključuje jači strujni krug. Jedinica za samoinduktivnost nosi njegovo ime (*henri*).

prvi vodič pustio struju, galvanometar spojen na drugu žicu trgnuo se u jednu stranu. Dok je struja jednolično tekla, galvanometar nije pokazivao nikakav otklon. Ali kada je prekinuo struju, galvanometar se trgnuo i na drugu stranu, što znači da je Henry otkrio elektromagnetsku indukciju prije Faradaya, iako to nije nikada objavio u takvu obliku. Nadalje, baveći se elektromagnetima zapazio je da se prilikom prekida struje na prekidaču javlja iskra. Tako je otkrio samoindukciju koja nas neposredno vodi i do spoznaje o samoinduciranom naponu, kao i o induktivnom otporu zavojnice. Zavojnica pruža otpor svakoj promjeni: Kada struja raste, pod utjecajem sve jačeg magnetskog polja oko zavojnice javlja se inducirana struja suprotnog smjera koja to nastoji spriječiti; kada struja slabi, javlja se inducirana struja istog smjera koja tu struju nastoji održati. Zato prilikom prekida struje nastaje iskra. Osim toga, induktivna zavojnica pruža veći otpor izmjeničnoj struji negoli istosmjernoj.

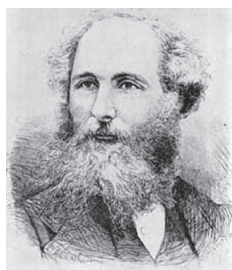
Njemački matematičar i fizičar **Georg Ohm** (1789. - 1854.), objavio je 1827. svoj čuveni Ohmov zakon, osnovni zakon elektrotehnike (sl. 1.15.). Moramo znati da u ono vrijeme još nije bilo općeprihvaćenih jedinica za napon, struju i otpor, pa ni pravih mjernih instrumenata. Sve je bilo "u magli". Stoga nije čudo da znanstvena javnost nije prihvatila njegov sasvim logičan matematički izraz koji je predviđao izravnu linearnu ovisnost između napona i struje te inverznu između otpora i struje.



Slika 1.15. Georg Ohm otkrio je temeljni zakon elektrodinamike. Jedinica otpora nosi njegovo ime *om* (Ω).



Slika 1.16. Pribor kojim se Ohm služio. Na dnu staklene cijevi je vodič kojim teče električna struja. Iznad njega visi magnetska igla. Otklon igle proporcionalan je jakosti struje. Tadašnja znanstvena javnost smijala se "tlapnjama provincijskog učitelja".



Slika 1.18. James Clerk Maxwell, upoznavši se s Faradayevim radom objavio je svoje jednadžbe u kojima je ujedinio električno i magnetsko polje u jedinstveno elektromagnetsko polje

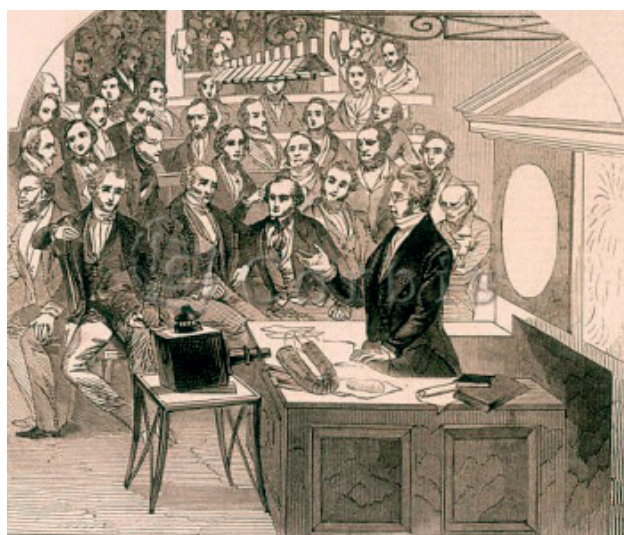
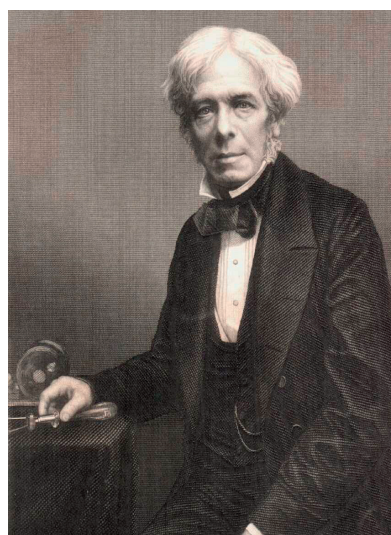
(Što je napon veći i struja je veća; što je otpor veći, struja je manja - slika 1.16.)

Oni jednostavno nisu znali razmišljati na taj način. Morao je pričekati punih petnaest godina, sve dok Britansko kraljevsko društvo 1842. godine nije eksperimentalno provjerilo i prihvatilo Ohmov zakon kao točan i pouzdan. (Jedinice volt, amper, om i farad bile su prihvaćene tek na prvom Međunarodnom elektrotehničkom kongresu 1881. godine u Parizu. Jedan om je bio definiran kao otpor stupca žive visine 1048 mm i presjeka 1 mm^2 na temperaturi od $0 \text{ }^\circ\text{C}$.)

Englez **Michael Faraday** (1791.-1867.), neovisno o Henryju, otkrio je 1839. godine elektromagnetsku indukciju (sl. 1.17.). Kako električna struja proizvodi magnetsko polje, logično je bilo pretpostaviti da bi i magnetsko polje moglo proizvoditi električnu struju. Nakon

mnogih pokusa Faraday je otkrio da je za to potrebno **promjenljivo** magnetsko polje. Kada magnetom prolazimo preko vodiča, ili obratno, u vodiču nastaje električna struja. To otkriće omogućilo je izradu dinama odnosno generatora, u kojima se mehanička energija posredovanjem magnetskog polja pretvara u električnu.

Kao mladić, Faraday je završio knjigovežaćki zanat. Obrazovao se tako što je čitao knjige koje je uvezivao, a posjećivao je i predavanja iz "filozofije prirode", kako se tada nazivala fizika. No matematičko obrazovanje nije stekao, pa nije mogao matematički oblikovati svoja otkrića. Na sreću to je odlično i dalekovidno učinio škotski fizičar i matematičar **James Clerk Maxwell** (1831.-1879.) koji je bio upoznat s Faradayevim radom (sl. 1.18.). Godine 1864. objavio je svoje čuvene jednadžbe u kojima je ujedinio električno i magnet-



Slika 1.17. Michael Faraday otkrio je 1839. elektromagnetsku indukciju. Na desnoj slici drži predavanje u Britanskom kraljevskom društvu

sko polje u jedinstveno elektromagnetsko polje. Tom prilikom predvidio je i postojanje radiovalova, koji imaju istu prirodu kao i svjetlost, ali mnogo nižu frekvenciju.

Petnaest godina poslije toga, 1879. godine, njemački fizičar **Heinrich Hertz** (1857. - 1894.), slika 1.19., i eksperimentalno je dokazao postojanje radiovalova. Kao odašiljač posluzilo mu je električno iskrište čiji su krajevi bili spojeni na dvije limene ploče. Prijamnik je bio obruč od žice promjera tridesetak centimetara sa sićušnim prorezom na jednome mjestu. Prijamnik je bio jedan metar udaljen od odašiljača, s reflektirajućom limenom pločom u pozadini. Kada su u iskrištu skakale iskrici, u prorezu "prijamnika" vidjele su se iskrici, što je bio dokaz da između njih putuju elektromagnetski valovi, kasnije nazvani radiovalovima (sl. 1.20.). Hertz nije vidio nikakvu prak-

tičnu vrijednost u svome otkriću, osim dokaza da je Makswellova teorija točna. Umro je u od otrovanja krvi na Novu godinu u 37. godini života. Danas jedinica za frekvenciju nosi njegovo ime.

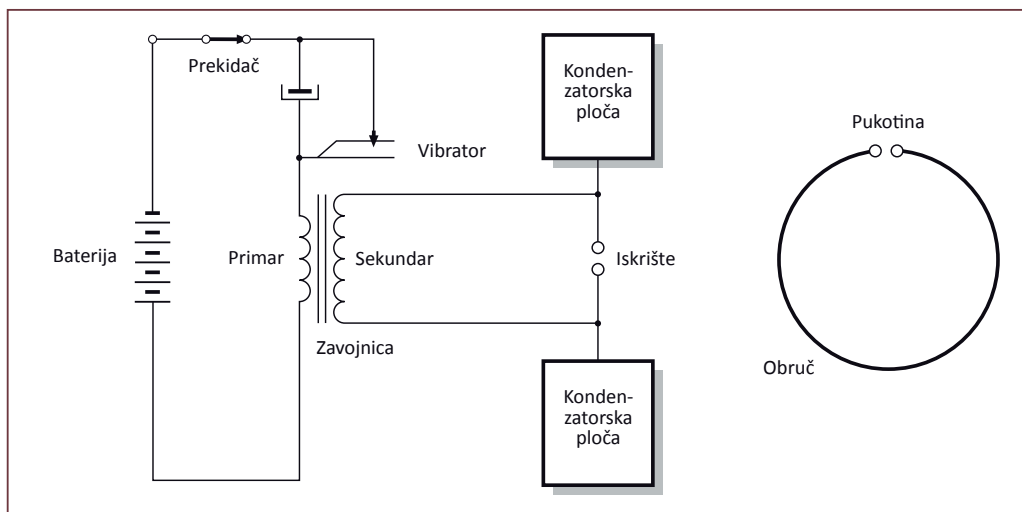
Pitanje kvalitetnog mjerenja istosmjerne struje u elektrotehnici riješio je 1882. godine francuski fizičar i liječnik **Jacques-Arsene d'Arsonval** (sl. 1.21.). Do tada se struja mjerila galvanometrom u kojemu je vodič prolazio iznad magnetne igle. Osjetljivost i točnost takva instrumenta bile su malene. D'Arsonval je okrenuo konstrukciju. U njegovu je galvanometru snažan potkovasti magnet nepokretan, a okvirna je zavojnica u prostoru između polova magneta pokretna. Zavojnica ima mnogo navoja vrlo tanke izolirane žice, a u njezinoj unutrašnjosti nalazi se i valjić od mekog željeza koji pridonosi stvaranju snažnog i homoge-



Slika 1.19. Njemački fizičar Heinrich Hertz dokazao je postojanje radiovalova 1879. godine



Slika 1.20. Heinrich Hertz (1857. - 1894.), otkrivač radiovalova. Na slici Hertz eksperimentira u svome laboratoriju (crtež): lijevo je odašiljač (induktor s iskrištem), a desno reflektorska ploča. U ruci drži žičani okvir s prorezom. Jedinica za frekvenciju danas je *hertz* (Hz).

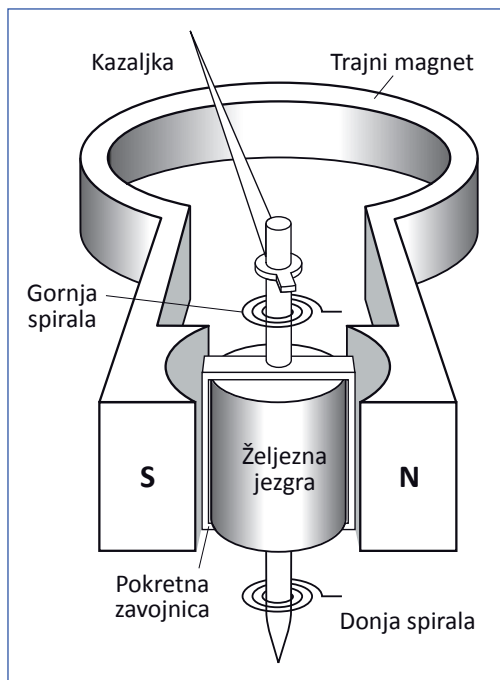


Slika 1.20. Električna shema Hertzova eksperimenta: lijevo je primar induktora spojen na bateriju preko vibrirajućeg prekidača. Visokonaponski sekundar spojen je na iskrište s reflektorskim pločama. Desno je žičani okvir s prorezom u kojemu preskaču iskrici.



Slika 1.21.

Jacques-Arsene d'Arsonval (1851. - 1940.), francuski fizičar i liječnik, načinio je 1882. godine osjetljiv i točan miliampermetar kakav je u uporabi i danas

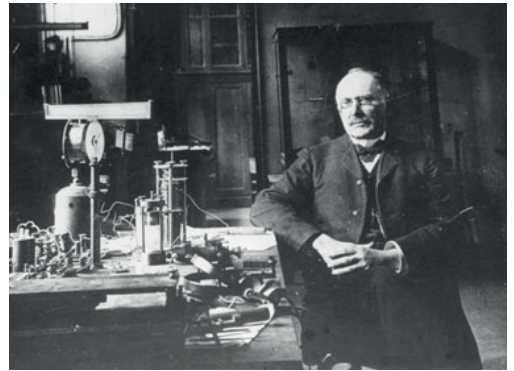


nog magnetskog polja. Struja se u okvirnu zavojnicu dovodi preko osovine i preko elastičnih spiralnih opruga, kao kod sata. Na osovini se nalazi i kazaljka ispod koje je ljestvica za očitavanje jakosti struje. D'Arsonvalov galvanometar imao je osjetljivost i do 2,5 nanoampera, tj. milijarditog dijela ampera. Njegova srednja mjerna pogreška ne prelazi 1 posto. Takvi mjerni instrumenti u uporabi su još i danas (sl. 1.21.)

Veliko pitanje poslije otkrića radiovalova bilo je kako i čime ih otkrivati, jer je Hertzov obroč s prorezom funkcionirao samo do udaljenosti od metar-dva. Taj problem prvi je uspješno riješio francuski fizičar **Edouard Branly** (1844. - 1940.) - slika 1.22.

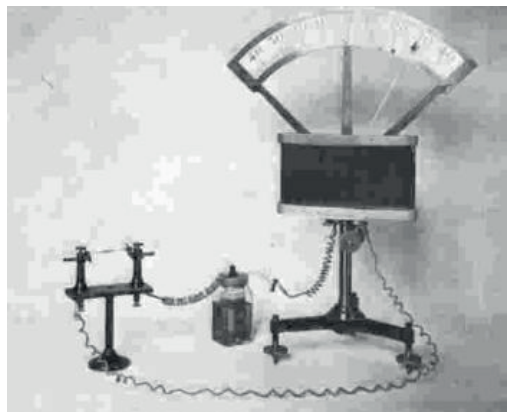
Eksperimentirajući, on je 1890. godine zamijetio da fina metalna piljevina ima velik električni otpor.

Ali kada se našla u blizini električne iskre, dakle radiovalova, njezin otpor je naglo pao. Tu napravu nazvao je



Slika 1.22. Edouard Branly, francuski fizičar, u svome laboratoriju. Godine 1890. izumio je *koherer* i tako, barem privremeno, riješio problem otkrivanja radiovalova.

“koherer” i sastoji se od staklene cjevčice na čijim krajevima se nalaze dva metalna čepa, između kojih je fina metalna piljevina (sl. 1.23.). Do danas nije sasvim objašnjeno kako radi koherer. Vjerojatno je stvar u tome da su tisuće metalnih zrnaca međusobno u slabome kontaktu i



Slika 1.23. Branlyjev pokus: na slici vidimo: lijevo - koherer, u sredini - baterija, a desno je galvanometar. U blizini radiovalova koherer smanjuje otpor i galvanometar pokazuje otklon.

njihov ukupni otpor je velik. Kada dođu pod visokofrekvencijski napon, među zrcima skoče mikroskopske iskricе koje poboljšaju njihov međusobni kontakt i otpor pada. Taj maleni otpor ostaje, pa treba potresti koherer da bi se otpor vratio na visoku vrijednost. Branley je koherer uključio u strujni krug galvanometra s baterijom koji bi pomakom igle označio prisutnost radiovalova.

Rad koherera kao prijarnika radiovalova poboljšao je Englez **Oliver Lodge** (1851. - 1940.) - slika 1.24. On je ugradio batić koji bi poslije svakog signala vratio koherer u početno stanje te je priključio i antenu koju je ugađao promjenljivom zavojnicom. Taj postupak nazvao je "sintonija". (Riječ "antena" dolazi iz latinskog i označuje kosu motku na jarbolu na kojoj visi trokutasto jedro, jedrenica.) Bio je dakle na tragu električne rezonancije. Na taj način mogli su se prenositi samo Morseovi znakovi. (Jedna zanimljivost: Lodge je čvrsto vjerovao u zagrobni život, pa je obećao da će se bežično javiti kada jednoga dana tamo stigne. Čak je ostavio i zapečaćenu kuvertu sa šifrom kako bi spriječio nečiju moguću podvalu. Ali nije se nikada javio.)

Nikola Tesla (1856. - 1943.) - slika 1.25., porijeklom iz Like, izumio je okretno magnetsko polje i time omogućio izradu generatora i elek-

tromotora za izmjeničnu struju (patent od 1. svibnja 1888. godine), kao i prijenos električne energije dalekovodima na velike udaljenosti s malenim gubicima. Do tada su postojali samo elektromotori na istosmjernu struju koji su morali biti blizu električne centrale. Tako su nestala golema vratila (priključena na parni stroj izvan zgrade) koja su u radionicama i tvornicama prelazila s jednoga kraja na drugi te remenicama i remenjem pokretala radne strojeve kao što su bušilice, tokarski strojevi, glodalice itd. Poslije toga svaki radni stroj imao je svoj trofazni elektromotor koji ga pokreće. Danas je cijela kugla zemaljska premrežena Teslinim sustavima višefaznih struja.

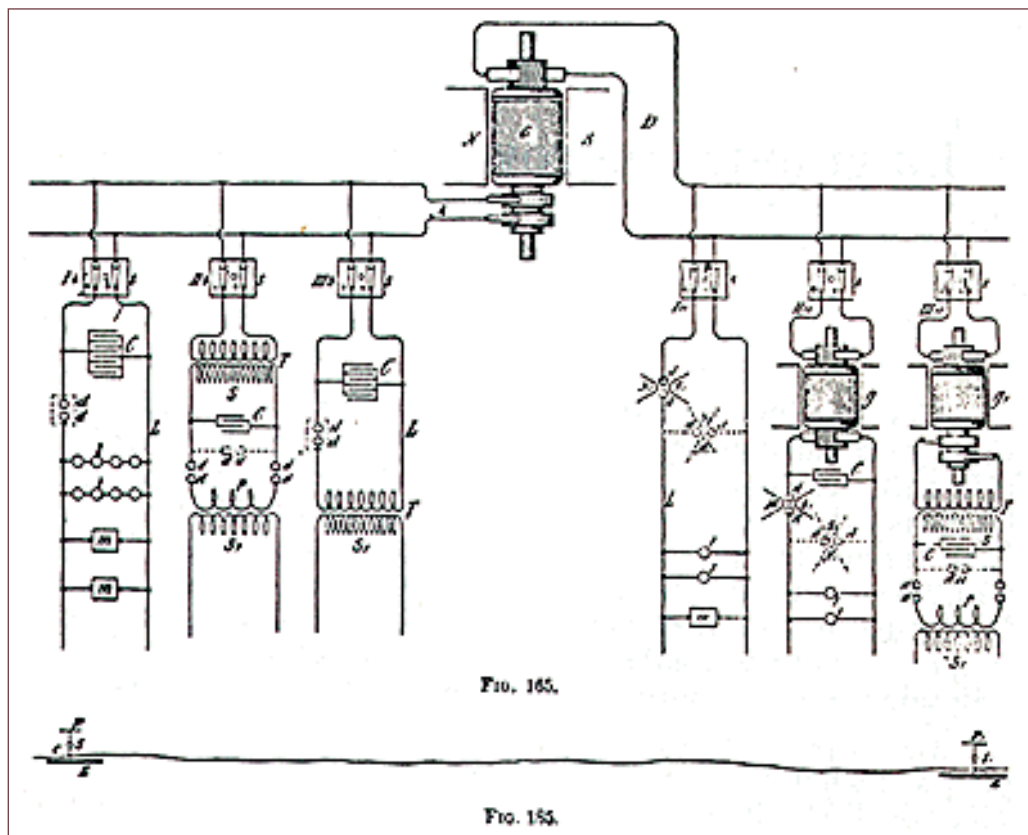
Tesla je prvi u cjelini primijenio pojavu električne rezonancije u radiotehnici, za što je dobio patent 1900. godine. Taj njegov izum: sustav od četiri ugođena titrajna kruga, dva u odašiljaču i dva u prijarniku, još je i danas neizbježan sastavni dio svake radijske veze (sl. 1.26.). Međutim, na neobjašnjen način, Talijan Guglielmo Marconi (1874. - 1937.) uspijeva 1904. godine dobiti patentno pravo na taj isti izum, za koji dobiva i Nobelovu nagradu 1911. godine kao izumitelj radija. Tek u listopadu 1943. godine Vrhovni sud SAD-a poništio je Marconijev patent i proglasio Teslin patent izvornim i origi-



Slika 1.24. Sir Oliver Lodge - suvremena krikatura. Kohereru je dodao batić koji bi ga poslije svakog signala vratio u početni položaj. Antenu je ugađao promjenljivom zavojnicom, što je nazvao "sintonija". Tako je mogao bežično odašiljati i primiti Morseove znakove 1894. godine. Dobio je parnicu protiv Marconija zbog plagijata. Izumio je i svjećicu za benzinski motor.



Slika 1.25. Nikola Tesla kada mu je bilo 39 godina. Svojim izumom višefaznih struja stvorio je okretno magnetsko polje i motor na izmjeničnu struju. Kako se izmjenična struja lako transformira u visoke napone, otvorio je razdoblje dalekovoda i prijenosa električne energije na velike udaljenosti uz malene gubitke. Svojim sustavom četiriju ugođenih titrajnih krugova - dva u odašiljaču i dva u prijarniku - položio je temelje radiotehnike.



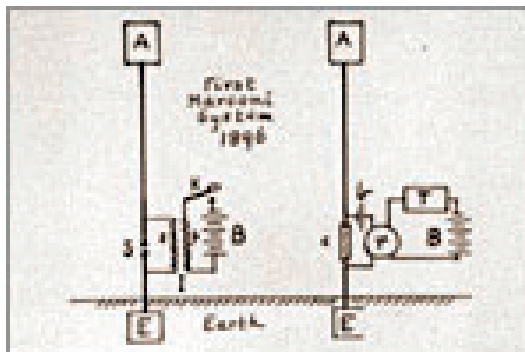
Slika 1.26. Shema s Teslina predavanja u Franklinovu institutu 24. veljače 1893., kada je bežičnim putem palio cijevi s razrijeđenim plinom. Na slici se vide titrajni krugovi dovedeni u rezonanciju. Taj je izum Marconi uspio u Americi patentirati za sebe u lipnju 1904. godine pod brojem 763772. Patent mu je poništen tek 1943. godine.

nalnim, jer “u Marconijevu patentu nema ničega što već nije bilo opisano u Teslinu patentu”.

Ali to se sve dogodilo devet mjeseci poslije Tesline smrti i četiri godine poslije Marconijeve, nakon što je ovaj punih 30 godina maksimalno iskorištavao taj patent, dok je Tesla umro kao velik siromah. Ni motiv koji je napokon pokrenuo američki Vrhovni sud nije bio želja za pravdom, već interes. Radilo se o tome da je Marconijevo poduzeće *Marconi Company* tužilo američku vladu da je iskorištavala Marconijeve patente u 1. svjetskom ratu a da nije plaćala

patentnih prava. Američka vlada unajmila je odvjetnike i stručnjake koji su bolje proučili patentnu dokumentaciju i otkrili da Marconijev patent nije originalan i da ga nije smio ni dobiti.

Gulielmo Marconi (1874. - 1937.). Nema sumnje da je Marconi bio vrlo spretan i poduzetan poslovni čovjek i dobar konstruktor (sl. 1.27.). Služeći se uglavnom tuđim izumima složio je uređaj koji je funkcionirao, ali pritom on nikada nije spomenuo autore tih izuma (Teslu, Popova, Bosea, Lodgea i druge). Čak je tvrdio da u životu nije nikada čuo



Slika 1.27. Mladi Marconi sa svojom opremom. Desno: shema njegova odašiljača s iskrištem i prijavnika s kohererom na početku njegovih eksperimenata 1894. godine. Kako nije imao nikakvih stručnih kvalifikacija, do svojih rezultata dolazio je upornim eksperimentiranjem. Majka mu je bila kći bogatoga irskog proizvođača alkohola, pa je govorio engleski jednako kao i talijanski. Ne našavši dovoljno razumijevanja u Italiji, na majčin poticaj 1897. stiže u Englesku gdje osniva svoje poduzeće i postaje velik i slavan izumitelj i proizvođač radioopreme.

za Teslin transformator, iako je taj bio poznat i širokoj javnosti.

Marconiju valja odati druga priznanja, npr. za prvi bežični prijenos radijsignala preko Atlantika 1901. godine na udaljenost od 3470 km., poslije čega su brodovi dobili radijske uređaje, pa je plovidba postala sigurnija. ("Titanic" je jedan od prvih brodova koji je 1912. godine bežično pozvao pomoć koja je stigla za četiri

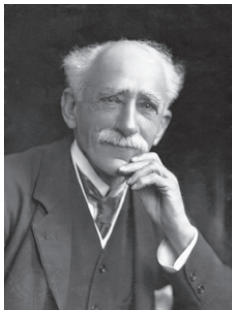
sata, pa je tako bilo spašeno više od 700 putnika - koliko je na "Titanicu" bilo mjesta u čamcima za spašavanje – sl. 1.28.).

Englez **John Ambrose Fleming** (1849. - 1945.) izumio je 1905. godine elektronsku cijev diodu i tako zakoračio u novo razdoblje razvoja radiotehnike (sl. 1.29.).

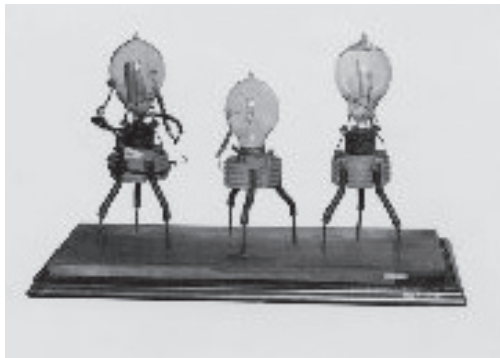
Dioda ima dvije elektrode u potpunom vakuumu: užarenu katodu



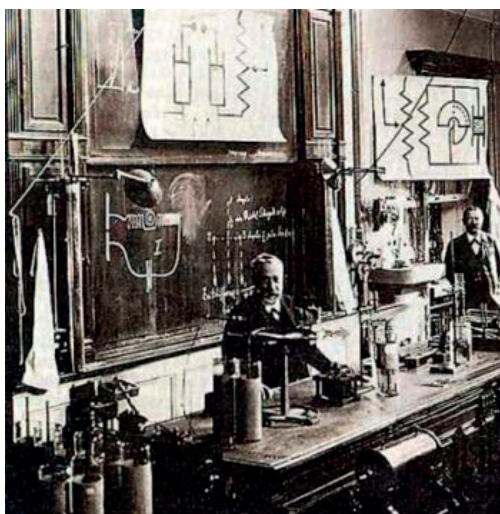
Slika 1.28. Travanj 1912.: "Titanic" - čudo tadašnje brodogradnje, sigurnosti i luksuza ponosno plovi ususret svojoj sudbini. Na brodu je bilo 2227 putnika i članova posade. Desno: "Titanic" snimljen na dubini od 3810 metara. Zahvaljujući Marconijevim radiotelegrafistima i uređajima za bežičnu vezu, spašeno je više od 700 putnika, koliko ih je stalo u čamce za spašavanje.



Slika 1.29. John Ambrose Fleming, zapravo osnivač elektronike, koja je otvorila put suvremenoj radiotehnici. Desno: prve tri diode načinjene od žarulja, što ih je Fleming načinio i iskušao 1905. godine.

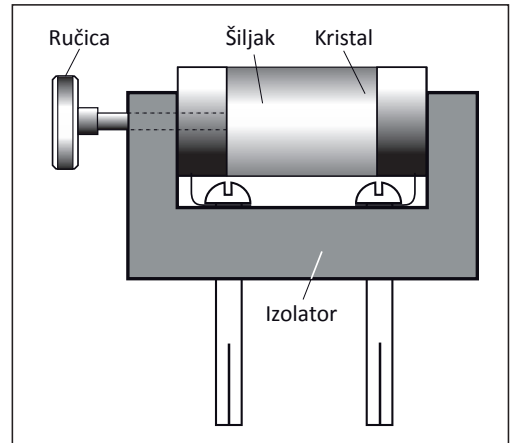


koja mora biti negativna i metalnu anodu koja je pozitivna. U tom slučaju dioda provodi struju samo u jednom smjeru, pa je umjesto primitivnoga koherera radiotehnika dobila pouzdano sredstvo za detekciju, otkrivanje radiovalova njihovim pretvaranjem u istosmjernu struju, koja se lako registrira. (Fleming je bio sposoban inženjer. Poznat je još po **pravilu lijeve ruke** kojim se utvrđuje smjer kretanja rotora u elektromotoru iz smjera magnetskog polja i električne struje kroz vodič.) Godinu dana poslije izuma diode, 1906., **Ferdinand Braun** (sl. 1.30.), u istu



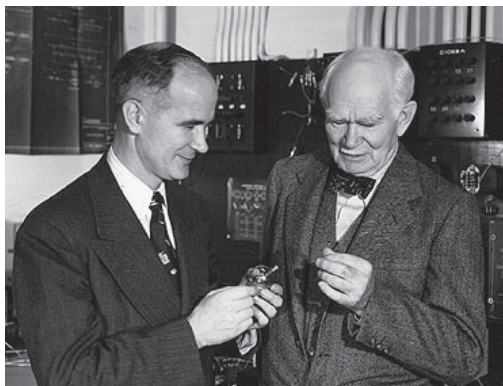
Slika 1.30. Karl Ferdinand Braun (1850. - 1918.) u svom laboratoriju. (Inače on je izumitelj i katodne cijevi.)

svrhu upotrebljava kristal galenita (olovni sjajnik, PbS) kao detektor, sredstvo za ispravljanje visokih frekvencija. Tako je omogućena samogradnja i izrada jednostavnih detektorskih prijemnika koji se napajaju samo energijom iz antene (sl. 1.31.)



Slika 1.31. Gotovo istodobno s Flemingom, 1906. godine Braun je izumio kristalnu diodu od galenita (PbS), koja se namješta rukom i koja je postala vrlo popularna. Taj izum omogućio je brojnim amaterima da sami načine jednostavan prijemnik koji se napajao isključivo v.f. energijom iz antene, tzv. detektor.

Do tada se povećanje dometa postizalo uglavnom povećanjem snage odašiljača i produljenjem antena, jer se osjetljivost koherera na slabe signale više nije mogla povećati. Ubacivši žičanu rešetku između katode i anode u diodi, Amerikanac **Lee de Forest** (1873. - 1961.), slika 1.32., konstruirao je 1907. godine prvu triodu, koja je mogla pojačavati slabije električne signale (sl. 1.33.). Konstruirano je prvo pojačalo s elektronskom cijevi. Počinje "zlatno doba" radiotehnike.



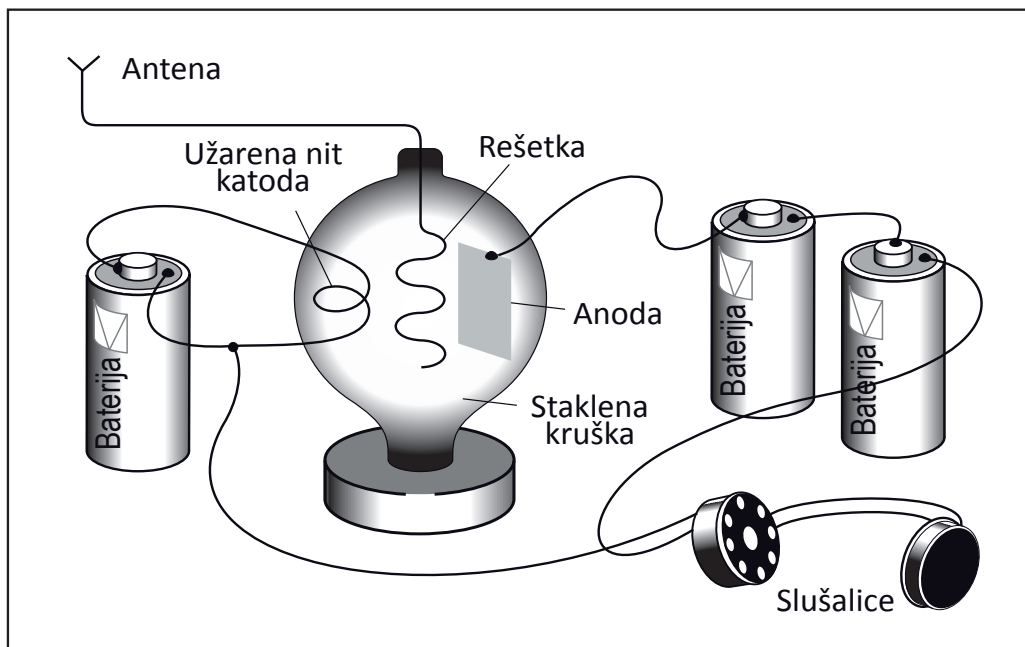
Slika 1.32. Susret dviju epoha: William Shockley, jedan od izumitelja tranzistora, i Lee de Forest, izumitelj elektronske cijevi triode

Kao velik ljubitelj opere Lee de Forest 1910. godine bežično prenosi okupljenim novinarima glas Enrica Carusa iz Metropolitan opere u New Yorku. Njegov prijammnik bio je s triodom, ali - nasuprot općem uvjerenju - njegov odašiljač nije bio s elektronskim cijevima, jer ta tehnika još nije bila poznata, već tzv. Poulsenov tip odašiljača snage 250 W, koji moramo ovdje također spomenuti.

Naime, najviši stupanj razvoja odašiljača s iskrištem postigao je Danac **Valdemar Poulsen** (1869. - 1942.) - slika 1.34. U pitanju nije bilo klasično iskrište, već lučna svjetiljka (koja je inače služila kao vrlo jak izvor svjetlosti). Engleski inženjer William Duddel zapazio je da pod određenim uvjetima električni luk pokazuje negativan otpor, tj. kada napon raste, struja pada - suprotno Ohmovu zakonu. Ako takav luk spojimo paralelno titrajnom krugu, negativni otpor nadoknadiće gubitke od pozitivnog otpora, pa će titrajni krug oscilirati neprigušenim titrajima (sl. 1.35.). Nažalost, postignuta frekvencija bila je preniska - jedva deset kiloherca. Poulsen je pak taj električni luk smjestio u zatvorenu posudu s ugljikovodikom pod tlakom i u snažno magnetsko polje, čime je postigao frekvenciju i do 100 kHz, tj. dugi val. Zbog neprigušenih titraja Poulsenov odašiljač mogao je prenositi govor i glazbu, premda s prilično jakim



Gore: Originalni de Forestov "audion" izrađen od Edisonove žarulje. **Dolje:** Suvremene elektronske cijevi našle su primjenu u Hi-Fi pojačalima, gdje daju kvalitetniji zvuk od tranzistora.



Slika 1.33. Na slici se vidi kako radi elektronska cijev - trioda. Slabašni signali koje dovodimo na rešetku snažno utječu na struju u cijevi, pa se ti signali javljaju pojačani u anodnom strujnom krugu i u slušalicama.



Slika 1.34. Izum triode nije odmah utjecao na konstrukciju predajnika, već samo prijavnika. Valdemar Poulsen iskoristio je električni luk za dobivanje neprigušenih (trajnih) VF titraja koji su se mogli amplitudno modulirati.

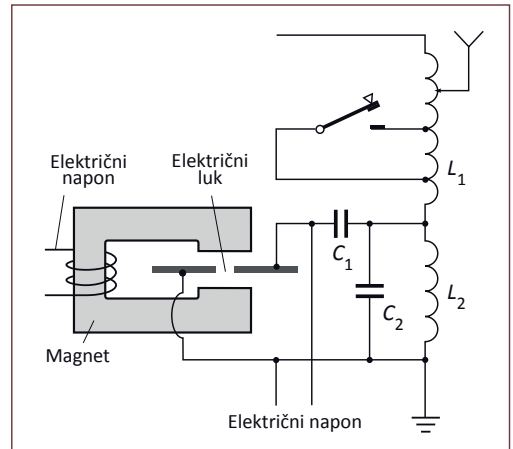
šumom. Modulacija niskom frekvencijom ostvarivala se ugljenim mikrofonom koji je bio stavljen direktno u antenski vod. Najjači Poulsenov odašiljač ikada izrađen imao je snagu od 1000 kW i domet od 4000 kilometara. Takav tip odašiljača bio je u uporabi do približno 1920. godine, kada su počeli prevladavati odašiljači s elektronskim cijevima.

Kao jedan od začetnika radiodifuzije u jednom svom intervjuu 1950. godine Lee de Forest izrazio je razočaranje sudbinom radija od kojega je očekivao veliku kulturnu i prosvjetiteljsku ulogu: "Zašto bi netko uopće kupio radioaparat? Devedeset posto programa popunjavaju drugorazredni glazbenici koji nam po cijeli dan paraju uši, što se povremeno prekida glupim reklamama koje su pune laži."

Ovom prilikom moramo spomenuti još dva izumitelja iz tog vremena koji su ostali relativno nepoznati, iako su zaslužni za razvoj radiodifuzije. To su Šveđanin **Ernst Alexanderson** (sl. 1.36.) i Kanađanin **Reginald Fessenden** (sl. 1.37.).

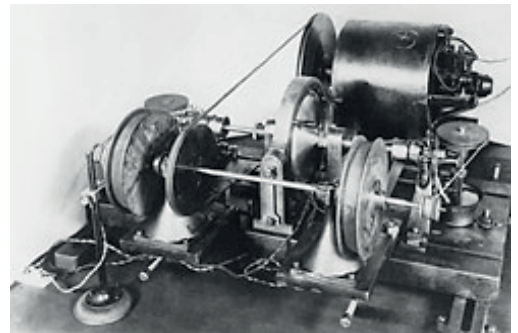
Ovaj drugi je shvatio: ako želimo bežično prenositi govor i glazbu, prije toga moramo imati nepriguše-

Slika 1.36. Ernst Alexanderson konstruktor je svih dugovalnih alternatora



Slika 1.35. Shema Poulsenova odašiljača: Električni luk stvara negativan otpor. Spojen paralelno titrajnome krugu, on poništava njegov pozitivan otpor i stvara oscilacije. Titraji su neprigušeni (CW - continuous waves). Poulsen je inače i izumitelj magnetofona.

ne, tj. neprekinute radiovalove određene visoke frekvencije od najmanje pedeset tisuća herca. Međutim, tadašnji generatori proizvodili su

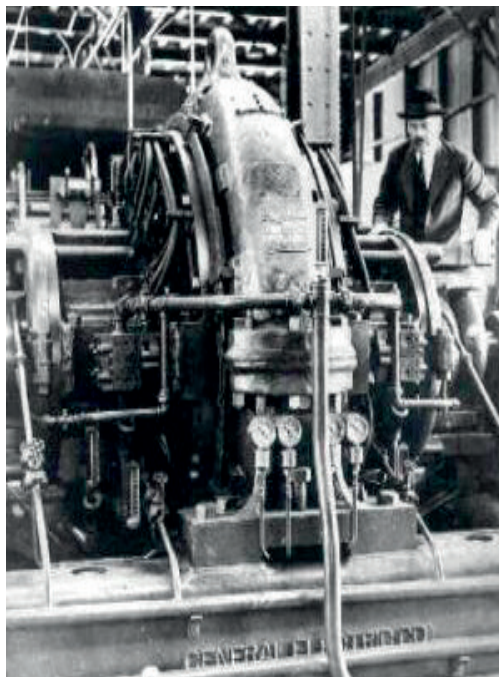


Slika 1.37. Reginald Fessenden, otac radiodifuzije, sa suradnicima (sjedi). Desno: prvi elektromagnetski alternator snage 250 W, što ga je za Fessendena izradio Alexanderson i preko kojega je Fessenden na Badnjak 1906. poslao glasom božićnu čestitku. To je bila prva radiodifuzijska emisija u povijesti. Unaprijed obaviješteni, slušali su ga pomorci na detektorskim prijavnima na bližim brodovima.

samo 60 Hz industrijske frekvencije. Kada je Fessenden od poduzeća General Electric naručio generator frekvencije 100 kHz, taj zadatak dobio je švedski useljenik Ernst Alexanderson, koji je zadatak riješio tako što je načinio tzv. magnetski alternator.

Zahvaljujući njemu, Fessenden je na Badnjak 1906. godine prvi put u povijesti mogao ljudskim glasom čitati Bibliju, svima čestitati Božić i odsvirati "Svetu noć" na violini, na golemo zaprepaštenje brodskih telegrafista koji nisu vjerovali vlastitim ušima. Taj događaj smatra se prvim radiodifuzijskim programom u povijesti. Alexandersonov alternator prvi je uređaj koji je proizvodio neprigušene visokofrekvencijske titraje bez iskre i iskrišta - induktivnim putem i brzim presijecanjem magnetskih silnica s pomoću željeznog kotača s prorezima na obodu koji se okretao 150 puta u sekundi (sl. 1.38.).

Marconi se smijao Fessendenu zbog njegove "neukosti", jer je taj vjerovao da će antena zračiti radiovalove ako u nju dovede VF struju iz alternatora. Marconi je pak smatrao da je za to potreban "efekt pljuska", kao kada dlanom snažno udarimo po vodi, što može učiniti samo električna iskra. Pokazalo se da je u pravu bio Fessenden. Usprkos tome što je Fessenden bio i tehnički i teorijski ispred Marconija, ovaj je, očito na temelju svoje slave, od kanadske vlade dobio isključivo pravo postavljanja poštanskih radijskih postaja u Kanadi, poslije čega Fessenden razočaran napušta Kanadu.



Slika 1.38. Ernst Alexanderson promatra jedan od svojih velikih dugovalnih alternatora u radu

Na kraju treba spomenuti i Amerikanca **Edwina Armstronga** (1890. - 1954.) - slika 1.39., koji je obogatio radiotehniku s tri vrlo važna izuma. Prvi je pozitivna povratna sprega (1912.) kojom se pojačani visokofrekventni signal s izlaza vraća na ulaz radi ponovnog pojačanja. Tako osjetljivost i selektivnost prijmnika postaju mnogo veće. Povratna sprega omogućila je i izradu oscilatora koji proizvodi neprigušene titraje, i to samo na jednoj frekvenciji, po želji (sl. 1.40.).

Drugi izum nastao je 1917. kada je Armstrong bio časnik za vezu Američke vojske u Francuskoj u Prvom svjetskom ratu. To je bio superheterodinski prijmnik, za koji je dobio patent 1918. godine i koji je i danas nezamjenljiv tip svih suvremenih prijmnika (sl. 1.41).

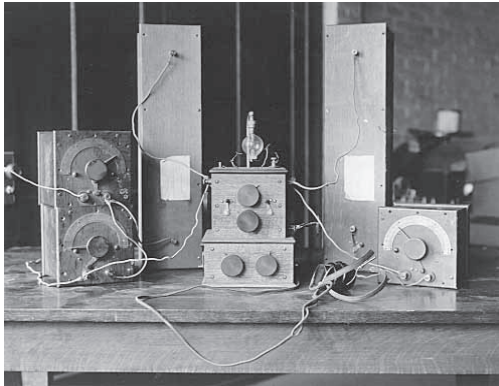
Treći Armstrongov izum bila je frekvencijska modulacija - FM, danas



Slika 1.39. Edwin Armstrong, izumitelj pozitivne povratne sprege, superheterodinskog prijmnika i frekvencijske modulacije

Slika 1.40.

Originalni eksperimentalni primjerak prvog prijamnika s povratnom spregom što ga je Armstrong načinio 1912. u 22. godini života. Taj tip prijamnika dominirao je gotovo do Drugoga svjetskog rata.



toliko uobičajena na UKV području. Ovdje moramo spomenuti i to da je ideju o miješanju dviju frekvencija prvi dao Fessenden kada je pokušao riješiti problem primanja nemodulirane telegrafije na detektoru. On je skovao i izraze *heterodin* i CW (*continuous wave*, trajni, neprigušeni val).

Oko 1920. godine u Europi i Americi počinju nicati javne radijske postaje koje emitiraju glazbu i vijesti na dugom i srednjem valu. Ovdje moramo spomenuti da šira svijest o potrebi radiodifuzije još nije postojala; većina je smatrala da radiovalovi postoje kao bežična zamjena za brzopjave i telefonske poruke. Ratna mornarica SAD-a tražila je isključivo pravo raspolaganja radiovalovima. Nasuprot tome, radiodifuzija (engl. *broadcasting*) definira se kao odašiljanje informativnih, glazbenih i kul-

**Slika 1.41.**

Muzejski primjerak Armstrongova prvog super-heterodinskog prijamnika iz 1918. godine, dok je bio američki časnik u Parizu. Francuzi su se bojali da Nijemci na bojištu slobodno komuniciraju na kratkim valovima koji su za njih bili tehnički nedostižni zbog nesavršenih elektronskih cijevi. Američki prijammnici radili su samo na dugim valovima. Dodavši ispred dugovalnog prijamnika stupanj za miješanje, Armstrong je elegantno riješio problem i zaslužio odličje Legije časti.

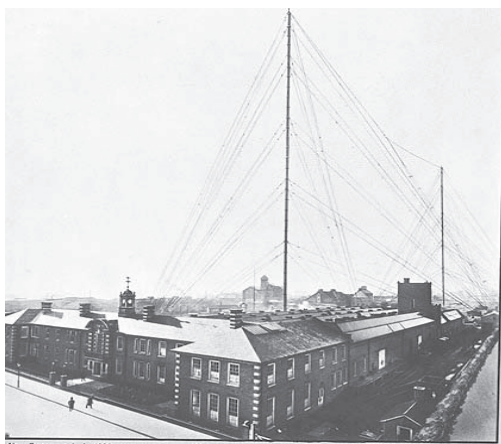
turnih sadržaja širokom krugu slušatelja, s time da taj program mora biti unaprijed najavljen.

Ovdje nećemo spominjati brojne eksperimente amplitudnom modulacijom (AM) do 1920. godine. Problem su bila velika izobličenja zvuka, što se moglo riješiti tek primjenom elektronskih cijevi u odašiljačima. U Americi je prva redovna radiodifuzijska postaja bila KDKA u Pittsburgu koju je financirao Westinghouse, a koja je počela redovitim radom u studenom 1920. godine. U roku od nekoliko godina u SAD-u je već radilo nekoliko stotina radiodifuzijskih postaja lokalnoga karaktera koje su emitirale glazbu i reklame. Elektronske cijevi još nisu bile predviđene za veće snage, a radioindustrija još nije postojala, pa su slušatelji sami izrađivali svoje detektorske prijammnike, čija osjetljivost nije bila velika. Mogli su kupiti jedino osjetljive visokoomske slušalice i skupu triodu, koju je bilo vrlo teško pronaći, a brzo je pregorijevala.

U Velikoj Britaniji eksperimentalni radijski program počeo je 1920. godine s krova Marconijeve tvornice u Chelmsfordu (sl. 1.42.).

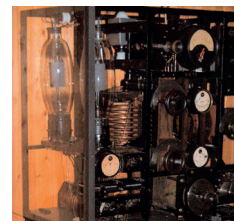
Poslije dvije godine, tj. 1922., konzorcij proizvođača radijske opreme osniva BBC (*British Broadcasting Company*, kasnije *Corporation*), koja počinje emitirati program te iste 1922., a slušatelji su morali plaćati pretplatu, što je omogućilo BBC-ju da ne emitira reklame sve do danas. U Francuskoj Radio Pariz počinje emitirati program samo osam dana

poslije BBC-a, 11. lipnja 1922. godine. U Austriji prvi program iz Beča kreće 1923. a zvao se "Radio Hekaphon". Postaja je bila vlasništvo Tehničke škole u Beču i imala je snagu od 100 W. Slijedi "Radio Wien", koji počinje s radom u listopadu 1924. godine. Imali su najnoviji "Telefunkenov" odašiljač snage 350 W (kakav je uskoro kupio i Zagreb). Prva radiodifuzna postaja u Aziji pojavila se 1923. na Sri Lanki, tadašnjem Cejlonu. Osnovao ju je Telegrafski odjel Ministarstva pošta, koji se uskoro razvio u *Sri Lanka Broadcasting Corporation*. Odašiljač su izradili sami inženjeri Telegrafskog odjela od dijelova nađenih u zarobljenoj njemačkoj podmornici. Ispočetka su emitirali samo glazbu s gramofonskih ploča, a u prosincu 1925. počeli su s redovitim programom.

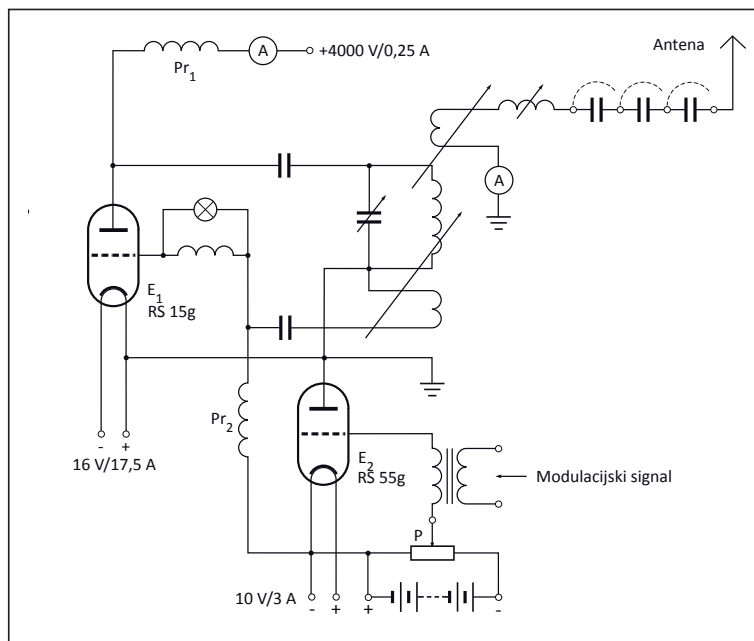


Slika 1.42. Marconijsva eksperimentalna radiodifuzijska postaja snage 15 kW u Chelmsfordu 1920. godine. Godine 1922. osnovan je BBC (*British Broadcasting Company*, danas *Corporation*), koji bez prekida radi do danas. Održavao se pretplatom slušatelja i nema reklama.

Među prvima u Europi bila je i Hrvatska: 15. svibnja 1926. godine počinje s radom Radio Zagreb, koji bez prekida emitira program sve do danas (sl. 1.43. i 1.44.). Radilo se o "Telefunkenovu" predajniku od 350 W v.f. snage na frekvenciji od 1086 kHz. To je zapravo bila snažna samo-oscilirajuća direktno grijana trioda u Meissnerovu spoju s anodnim naponom od 4 kV i modulirana strujom prve rešetke. Antena je bila visoka 50 metara, a ugađala se promjenljivom zavojnicom - tzv. variometrom. U početku su Radio Zagreb slušali amateri, tj. oni koji su znali sami sastaviti detektorski prijamnik ili u najboljem slučaju jednocjevnik. Mikrofon u studiju bio je ugljeni, a modulacijsko pojačalo napajalo se iz baterija i akumulatora.



Slika 1.43. Izgled prvog zagrebačkog odašiljača 1926. godine. Lijevo gore vide se Telefunkenove triode, a srijeda je zavojnica titrajnoga kruga.



Slika 1.44. Shema prvog zagrebačkog odašiljača 1926. godine snage 350W. Lijeva trioda radila je kao snažni oscilator, a desna je služila za modulaciju u krugu prve rešetke. Antena se ugađala serijskim titrajnim krugom.



Slika 1.45.

Kasnije slavan glumac i režiser Orson Welles počeo je svoju karijeru senzacionalnom adaptacijom Wellsova romana "Rat svjetova" 1938. godine.

Orson Welles i "Rat svjetova"

Moć radiodifuzije posvjedočio je događaj iz kraja listopada 1938. godine kada je Orson Welles, kasnije poznati glumac i režiser, priredio istoimeni roman H.G. Wellsa kao radijsku dramu, koja je zatim nepredviđeno ušla u povijest radiodifuzije (sl. 1.45.). Drama je počela s prekidom redovnog programa i "izvanrednim vijestima" kojima se obavještavaju slušatelji "da su Zemlju napali Marsovci koji uništavaju sve pred sobom". "Našu civilizaciju uništiti će spodobe slične zvijerima koje su stigle s planeta Marsa..." - uzbuđeno je govorio najavljiivač, a iz zvučnika je dopiralo jezivo zavijanje i škripa "svemirskih strojeva". U New Yorku i New Jerseyu nastala je neopisiva panika, a ljudi su trpali žene i djecu u automobile i bježali iz grada. Trebalo je nekoliko sati da se građani uvjere kako se radi o dobro režiranoj drami.

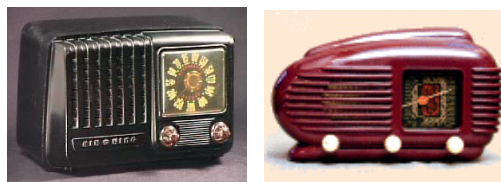
Taj događaj znatno je pridonio popularnosti radiodifuzijske postaje CBS i drugih postaja, te je prvi put

pokazao kakva je moć radijskog medija. Sličan učinak imao je govor predsjednika Roosevelta 7. prosinca 1941. kada su Japanci iznenada napali Pearl Harbour i uništili veći dio Američke ratne mornarice. U roku od nekoliko sati stav cijele nacije, koji je bio naglašeno pacifistički, preokrenuo se u bojni poklič protiv Japana.

Poslije 1925. godine industrija radiodifuzijskih prijamnika za široku uporabu naglo se razvijala (sl. 1.46).

FM osvaja svijet

Patentiravši frekvencijsku modulaciju 1933. godine, njezin izumitelj Edwin Armstrong uspio je do 1940. godine i službeno izboriti frekvencije od 42 do 50 MHz kao područje namijenjeno FM radiodifuzijskim postajama. No nije naišao na razumijevanje kompanije u kojoj je radio, a



Slika 1.46. Tvornička proizvodnja radiodifuzijskih (koncertnih) prijamnika počinje poslije 1925. godine. Ispočetka to je bio audion s povratnom spregom i s jednim ili dva stupnja pojačanja za zvučnik; poslije 1935. to su bili superheterodinski prijamnici. U početku su kutije bile slične katedrali; kasnije su se postupno modernizirale. Šezdesetih godina počinje proizvodnja (džepnih) tranzistorskih prijamnika (lijevi u donjem redu). U donjem desnom kutu je njemački narodni DKE - audion s jednim stupnjem pojačanja za zvučnik.

to je RCA (*Radio Corporation of America*), najviše zahvaljujući njenom predsjedniku Davidu Sarnoffu, koji je predvidio da će mu to područje trebati za televiziju koja se upravo rađala. FCC (Federalni odbor za komunikacije) u zamjenu je dodijelio radiodifuzijskoj frekvencijskoj modulaciji područje od 88 - 108 MHz, na kojemu se i danas nalazi. Mnoge FM postaje nisu imale sredstava za kupnju novih uređaja pa su se ugasile, a tisuće FM prijarnika postale su neupotrebljive. Uništen moralno i financijski i ostavljen od supruge, Armstrong se 1954. bacio kroz prozor svoga stana na trinaestom katu u 64. godini života.

Kao svaka dobra stvar, FM se poput ptice feniksa počela šezdesetih godina prošloga stoljeća oporavljati na novim frekvencijama. Njezina je prva prednost veća kvaliteta zvuka: dok AM u praksi prenosi samo zvučni opseg do 4,5 kHz, FM prenosi cijeli raspon zvuka - sve do 16 kHz. Osim toga, FM je imun na atmosferske i industrijske smetnje koje često zagorčavaju slušanje na srednjem valu. Godine 1961. mnoge postaje počele su emitirati stereoprogram jer FM ima dovoljno prostora i za takvu modulaciju. Kako FM postaje moraju raditi iznad 30 MHz, dakle na ultrakratkim valovima, njihov je domet uglavnom lokalni, pa nisu potrebne velike snage ili tako veliki i skupi uređaji i antene kao za AM i srednji val. Za veći domet FM antene se postavljaju na visokim stupovima ili na brdskim vrhuncima. Dakako, FM se upotrebljava i za druge svrhe,

a ne samo na FM području 88-108 MHz: u pomorstvu, za prijenos zvuka u televiziji, u radioamatera itd. Danas u svijetu rade tisuće FM radijskih postaja, pa svako veće mjesto ima svoju. Srednji val je zapravo uništen velikim smetnjama i mnogo se manje sluša. Zapravo on čeka svoj preporod koji se naziva DRM-om.

Što je DRM?

To je kratica za *Digital Radio Mondiale*. U rujnu 1996. u Parizu na neformalnom sastanku svjetskih predstavnika radiodifuzijskih postaja i proizvođača odašiljačkih uređaja usvojen je zaključak da radiodifuzijske postaje koje imaju amplitudnu modulaciju moraju doživjeti korjenitu modernizaciju ako ne želimo da ostanu bez slušatelja. Rješenje se vidjelo u prelasku na neku vrstu digitalne modulacije. Međutim, bila su potrebna daljnja istraživanja i financijska sredstva. U listopadu 2002. ITU usvaja DRM kao digitalnu normu za prijenos zvuka na frekvencijama od 150 kHz do 30 MHz (dugi, srednji i kratki val). Iako se DRM služi istom širinom pojasa od 9 kHz na srednjem valu, a 10 na kratkom, kvaliteta zvuka i otpornost na smetnje su takve da se mogu slobodno uspoređivati s kvalitetom frekvencijske modulacije. Danas u svijetu radi desetak pokusnih DRM postaja na kratkom i srednjem valu, među njima je i Radio Zagreb. Na tržištu se mogu već naći i prvi DRM prijarnici. Postoji opća orijentacija da se dosadašnja amplitudna modulacija na dugim, srednjim i kratkim valovima zamije-

Slika 1.47. Nova generacija radio-difuzijskih hi-fi prijmnika koja uz klasične vrste modulacije (AM, FM), prima i DRM



ni DRM sustavima i da se slušatelji vrate na ta područja. Postoji i velik materijalni interes tvornica da se to dogodi, jer to znači prodaju milijuna novih DRM radioaparata za kućnu upotrebu, kao i džepnih tranzistor-skih prijmnika (sl. 1.47.).

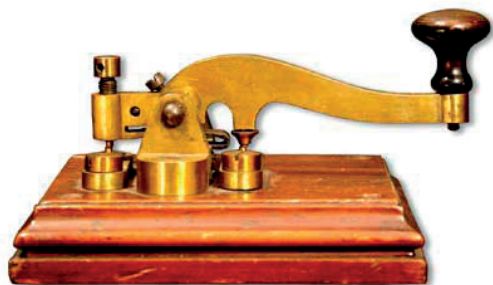
2. POGLAVLJE

Priča o radioamaterima

Po službenoj definiciji “radioamateri su osobe koje se bave radiotehnikom i radiooperatorstvom isključivo iz osobnih razloga i bez novčane naknade”. Na svijetu danas ima oko tri milijuna radioamatera. Pa, kako je sve to počelo? Da bismo odgovorili na to pitanje, moramo se vratiti u devetnaesto stoljeće kada je razvoj elektrotehnike bio u punome jeku.

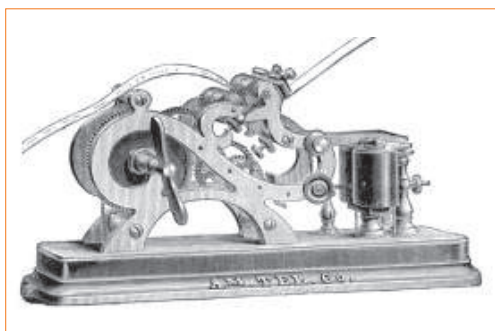
Slanje vijesti na udaljenost električnim putem počelo je žičanim telegrafom. Američki slikar Samuel Morse objavio je 1838. godine svoj sustav znakova, zapravo crtica i točka za svako slovo abecede, koji su se električnim žicama mogli slati na udaljenost. Na drugoj strani poseban aparat s elektromagnetom ispisivao je te točke i crte na pomičnu papirnatu vrpču. Morse je najprije smislio “američki sustav” (*American code*) koji se donekle razlikuje od “međunarodnog sustava” (*International code*) koji je prevladao i koji je još i danas u uporabi (sl. 2.1.).

Prva žičana telegrafska linija pro-radila je 1844. između Washingtona i Baltimorea na udaljenosti od oko



Slika 2.2.: Telegrafsko tipkalo iz sredine 19. stoljeća nazvano “jednogrba deva”

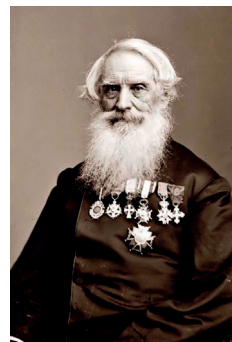
60 kilometara. (I prije Morseova bilo je mnogo različitih prijedloga i pokušaja, ali njegov se sustav pokazao najsigurnijim i najjednostavnijim.) Ubrzo su telegrafisti naučili primati Morseove znakove i na sluh, slušajući kuckanje relea, što je bilo od presudne važnosti pedesetak godina



kasnije, kada se pojavila bežična telegrafija (sl. 2.2.).

Do početka 20. stoljeća već je većina europskih država imala telegrafsku mrežu, a Europa je s Amerikom bila povezana podvodnim kabelom 1868. godine - poslije nekoliko skupih i neuspjelih pokušaja. Osim toga, postavljači telegrafskih linija već su znali da se jedna od dviju žica može uspješno zamijeniti zemljovodom (u ovom slučaju morskom vodom), što je otkrio njemački fizičar Karl Steinheil još 1834. eksperimentirajući nekom vrstom telegrafa (sl. 2.3.).

No kada se radi o preoceanskom kabelu, neugodno iznenađenje došlo je s druge, zapravo teorijske strane, o kojoj još nisu mnogo znali. Iz rada na kopnu znali su da se električna struja širi kroz žicu trenutač-



Slika 2.1. Samuel Morse, izumitelj električnog telegrafa (1791. - 1872.). Lijevo: Tehnički nacrt telegrafskog prijamnog aparata za ispisivanje papirne vrpce.



Slika 2.3. Izvlačenje prekoatlantskog kabela na američku obalu. Dana 27. srpnja 1866. kabel je napokon izvučen na obalu kraj ribarskog sela Heart's Contenta na Newfoundlandu. U pozadini se vidi tada najveći parobrod na svijetu "Great Eastern" koji je poslužio za polaganje kabela.

no, gotovo brzinom svjetlosti, pa su to očekivali i od podmorskoga kabela. Ali telegrafski signal kroz podmorski kabel pokazivao je veliko "kašnjenje" - zapravo tromost, i do desetak sekundi. Prilikom svečanog otvaranja britanska kraljica Viktorija poslala je američkom predsjedniku Jamesu Buchananu brzopjav od 99 riječi, koji su morali prenositi 16 i pol sati! Pojavu je objasnio William Thomson, poznatiji kao lord Kelvin. Radi se o vremenskoj konstanti. Iako u to vrijeme elektrotehničke jedinice još nisu postojale, pretpostavimo da je otpor podmorskoga kabela preko Atlantika bio 1 megaom, a njegov kapacitet prema okolnoj morskoj vodi 10 mikrofara. Vremenska konstanta, tj. umnožak $R \times C$ iznosi deset sekundi, koliko je potrebno da se napon na drugome kraju popne na oko dvije trećine svoje pune vrijednosti kako bi privukao relej.



Slika 2.4. Alexander Graham Bell 1876. govori u prototip svoje telefonske slušalice koja je mogla poslužiti i kao indukcijski mikrofon

Thomson je problem elegantno riješio tako što je konstruirao galvanometar s ogledalom, koji je svjetlosnom zrakom na zidu obilježavao i najmanju promjenu struje, pa je brzini odašiljanja mogao povećati približno na jedno slovo u pet sekundi umjesto dotadašnjih nekoliko minuta. Cijena brzopjavljanja preko oceana bila je zastrašujuća - jedan dolar za svako slovo, u vremenu kada je radnička mjesečna plaća iznosila 20 dolara.

U početku svaka je europska država imala vlastitu brzopjavnu mrežu koja nije bila povezana sa susjednim državama, već se međunarodni brzopjav na granici predavao iz ruke u ruku, zajedno s novcem za njegovo prosljeđivanje. Kako je potreba za međunarodnim komunikacijama bila sve veća, od ožujka do svibnja 1865. godine u Parizu je održana međunarodna konferencija na kojoj je osnovan ITU - *International Telegraph Union* (Međunarodna telegrafska unija, danas telekomunikacijska), koja postoji i danas kao najviše svjetsko tijelo za pitanja telekomunikacija (u ono vrijeme samo žičanih). Prisustvovali su joj predstavnici 20 europskih država.

Nadalje, godine 1876. Amerikanac škotskog podrijetla Alexander Graham Bell izumio je elektromagnetsku slušalicu i time omogućio prijenos govora i razvoj telefonske tehnike (sl. 2.4.). Dvije godine kasnije Englez David Edward Hughes izumio je ugljeni mikrofon, neizbježan sastavni dio svakog telefona tijekom cijeloga 20. stoljeća.

Zadnjeg desetljeća devetnaestog stoljeća očito su se stekli uvjeti za bežični prijenos električne energije odnosno informacija. Tim pokusima naročito su se bavila trojica istraživača: Nikola Tesla, Talijan Guglielmo Marconi i Rus Aleksandar Popov - istina, svaki na svoj način. Tesla je radio na bežičnom prijenosu većih količina električne energije na udaljenost, Marconi na bežičnom prijenosu informacija, a Popov je načinio aparat koji je zvonio kada je negdje sjevnula munja; zapravo načinio je prijarnik. Odašiljač im je bila visokonaponska induktivna zavojnica povezana s iskrištem, a iskrište s antenom i uzemljenjem. (Popovu je kao "iskrište" poslužila priroda, a to su bile munje na nebu.) Marconiju i Popovu glavni dio prijarnika bio je već spomenuti koherer. U vod za napajanje odašiljača Marconi je uključio tipkalo tako da je mogao slati Morseove znakove.

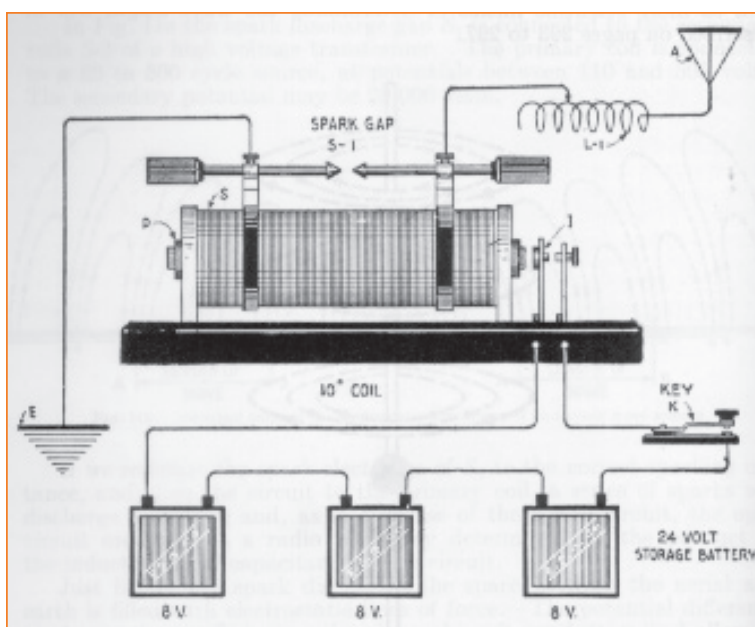
U takvu situaciju "uskočili" su radioamateri i počeli izrađivati iste takve odašiljače s iskrištem, naročito u SAD-u. U prijarniku koherer su uskoro zamijenili kristalnim detektorom, a poslije 1919. i elektronskom cijevi triodom, čime su znatno povećali osjetljivost svojih prijarnika. Međutim, odašiljači su i dalje bili s iskrištem, a valna duljina između 300 i 6000 metara. Naime, triode su još uvijek bile slabašne, vrlo skupe i brzo su pregorijevale, a odašiljači s iskrištem bili su jednostavni i imali su snagu i po nekoliko kilovata te tako osiguravali kakav-takav domet (sl. 2.5.).

Jedna od najstarijih radioamaterskih organizacija na svijetu je američki ARRL (*American Radio Relay League* - Američki radiorelejni savez), osnovan 1914. godine. Otkuda ono "radiorelejno"? U vremenu prije primjene elektronskih cijevi prosječan domet radioveze bio je četrdesetak kilometara, pa su se vijesti prenosile relejno - od postaje do postaje, naročito između brodova i obale.

Sredinom siječnja 1914. u gradiću Hartfordu, u saveznoj državi Connecticutu, sjeverno od New Yorka, održana je osnivačka skupština mjesnog radiokluba, kakvi su tada nicali po cijeloj državi. Sastanku je predsjedao Hiram Percy Maxim, kasnije poznat kao inženjer koji je svojim izumima usavršio automobile, koji su tada također bili u ranome djetinjstvu svoga razvoja. Bežične veze bile su i za njega velik izazov, kao i za mnoge mlade ljude. Međutim, Hiram je imao veće ambicije. Kako je domet ama-

Slika 2.5.

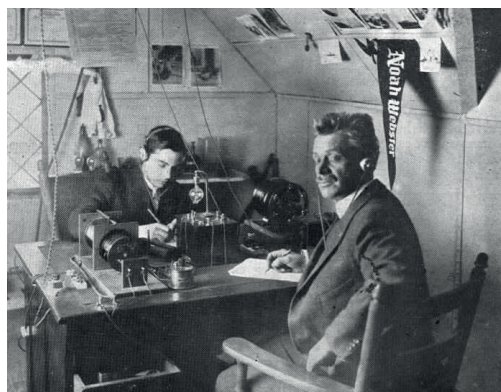
Odašiljač s iskrištem kakav se rabio na prijelazu iz 19. u 20. stoljeće. Uređaj je stvarao golem oblak smetnji, ali to je tada bio jedini način održavanja bežične veze Morseovim znakovima.



terskih odašiljača bio četrdesetak kilometara, želio je povezati sve američke radioamatere u veliku mrežu koja bi relejno prenosila poruke i na veće udaljenosti (sl. 2.6.).

Već u ožujku iste godine hartfordski radioklub pretvara se u American Radio Relay League (Američki radio-relejni savez). Poslali su pozivnice po cijeloj zemlji i odziv je bio vrlo dobar, pa su do rujna već imali 237 članova koji su imali svoje osobne radijske postaje. U listopadu objavljuju prvi "Popis radijskih postaja", tzv. *Callbook*, koji redovito izlazi svake godine sve do danas, ali sada u obliku dvije teške knjige. U prosincu 1915. u Hartfordu tiskaju i prvi broj radioamaterskog časopisa QST (telegraf-ska kratica koja znači: "obavijest svima"). Časopis je imao veliku ulogu u razvoju radioamaterizma u svijetu, vrlo je cijenjen i izlazi već dulje od 90 godina (sl. 2.7.).

Tragedija "Titanica" u travnju 1912. godine pokazala je da bežična veza s brodovima može spasiti mnoge živote i da na to područje treba uvesti više reda, pa je nakon šest godina čekanja Američki kongres napokon ratificirao tzv. "Berlinski sporazum o radiotelegrafiji" iz 1906. godine. Zakonskom uredbom iste su godine američkim radioamaterima dopuštene valne duljine isključivo ispod 200 metara, jer se tada smatralo da su one beskorisne i krakog dometa. Radioamateri su morali položiti ispit te imati dozvolu za rad, kao i pozivnu oznaku. Do te godine nije bilo nikakvih zakonskih uredaba o tom pitanju;



Slika 2.6. Hiram Parcy Maxim, osnivač ARRL-a, 1915. godine sjedi uz svoj odašiljač s iskrištem. Na drugoj strani stola mladi radioamater prima Morseove znakove na sluh.

svatko je sebi dao oznaku po želji, najčešće jednu znamenku i dva ili tri slova, npr. 1XAM. Zbog tehničkih poteškoća da se zadovolje svi zakonski uvjeti, broj radioamaterskih postaja u SAD-u pao je te godine od 10 tisuća na 1200. Taj broj ipak je polagano rastao, tako da ih je do 1917. godine bilo već 6000. Međutim, u travnju te godine SAD se uključuje u 1. svjetski rat, pa radiomaterima bude zakonom zabranjen svaki rad, njih 4000 našlo se u vojnim jedinicama, a QST privremeno prestaje izlaziti.

Po završetku rata američkim se radioamaterima ponovno odobrava rad u studenome 1919. - ali tek poslije žešće borbe s predstavnicima Američke ratne mornarice, koja je pravo raspolaganja svim radiovalovima tražila isključivo za sebe, što Kongres na kraju ipak nije odobrio. Pod državnom su upravom tvornice elektronskih cijevi i drugog radioamaterijala postigle za vrijeme rata



Slika 2.7. Jedan od prvih brojeva radioamaterskog časopisa QST za svibanj 1916. godine, koji bez prestanka izlazi već više od 90 godina.

znatan napredak, tako da u razdoblju poslije 1919. godine radiotehnika brzo napreduje. Kako je trioda bila usavršena, zahvaljujući Edwину Armstrongu pojavio se prijamnik s povratnom spregom koji je imao dobru selektivnost i veliko pojačanje, a odašiljače s iskrištem zamijenio je oscilator s triodom koji je proizvodio neprigušene i prilično stabilne sinusoidalne oscilacije na jednoj frekvenciji, nazvane CW (*continuous wave*). Možemo reći da je u razdoblju od dvije-tri godine došlo do potpune promjene radijske tehnike, otprilike onako kako su trideset godina kasnije tranzistori zamijenili elektronske cijevi (sl. 2.8.)

Imućniji su mogli sebi priuštiti i superheterodinski prijamnik - također izum Edwina Armstronga. Umjesto kilovata, odašiljači su sada imali snagu od samo nekoliko desetaka vata, što nije umanjilo njihov domet, već ga je dapače povećalo, jer je cijela v.f. energija sada bila na jednoj frekvenciji - umjesto raspršena v.f. oblaka širine nekoliko stotina kiloherca, što su ga stvarala iskrišta. Umjesto prostora za samo jedan odašiljač, sada je na valnim područjima bilo mjesta za stotine odašiljača,

zahvaljujući njihovu uskom pojasu frekvencija i selektivnosti novih prijamnika. I u Europi su se radioamateri počeli organizirati; tako se npr. "Londonsko bežično društvo" iz 1913. preimenovalo 1920. godine u "Britanski radioamaterski savez" - RSGB (*Radio Society of Great Britain*), koji i danas djeluje pod tim imenom te izdaje poznati radioamaterski časopis *RadCom* (Radio and Communication).

Osniva se IARU

Kako su radioamateri i u Europi počeli održavati međunarodne veze na kratkom valu, u travnju 1925. godine u Parizu je održana konferencija kojoj su prisustvovali predstavnici 23 zemlje. Tom prilikom osnovana je Međunarodna radioamaterska unija IARU (*International Amateur Radio Union*), koja djeluje i danas i čiji su članovi radioamaterski savezi pojedinih država. IARU ima status promatrača u ITU (*International Telecommunication Union*) (sl. 2.9.).

Zbog naraslih problema oko uporabe radiovalova, 1927. godine održana je u Washingtonu međunarodna konferencija na kojoj je pri ITU-u



Slika 2.8.

Pojavom triode radioamateri su poslije 1920. godine počeli graditi prijamnike nove generacije. Na slici vidimo uredan amaterski audion s povratnom spregom i s dvostrukom triodom za slušanje amaterskih frekvencija. Valno područje mijenjalo se promjenom zavojnice u odgovarajućem keramičkom podnožju.



The International Amateur Radio Union

Since 1925, the Federation of National Amateur Radio Societies
Representing the Interests of Two-Way Amateur Radio Communication

Slika 2.9. Amblem Međunarodne Radioamaterske Unije. Ispod naslova piše: *Od 1925. Federacija nacionalnih radioamaterskih saveza koja zastupa interese dvosmjerne amaterske radijske komunikacije.*

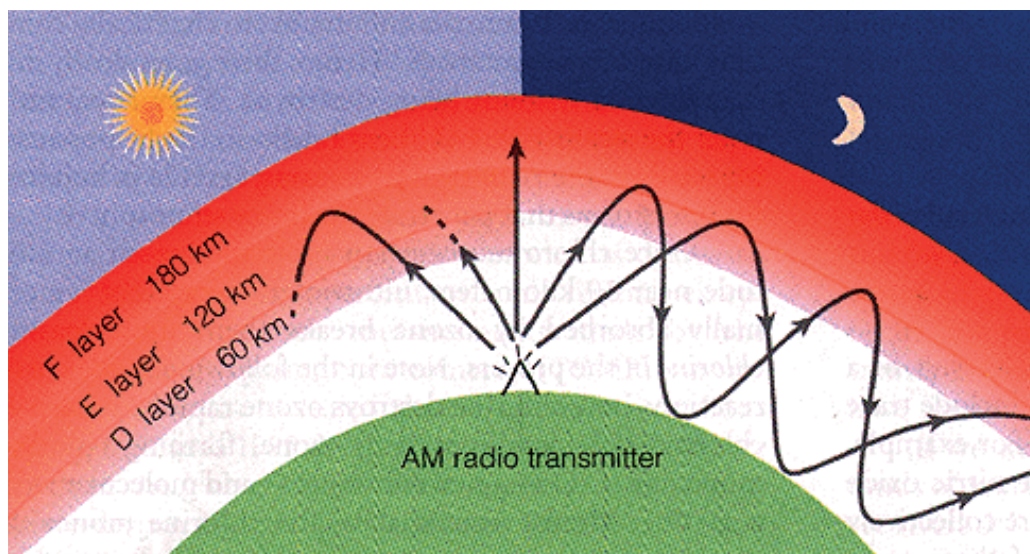
osnovan Međunarodni savjetodavni odbor CCIR (*International Radio Consultative Committee*), kojom prilikom je svaka zemlja dobila svoj prefiks, što se odnosilo i na radioamateure. (Npr. W - SAD, G - Engleska, DL - Njemačka, ON - Belgija, F - Francuska itd.) Taj je sustav u uporabi i danas i uključuje više od 330 zemalja - entiteta. (Kako prefiks može imati i osamljen otok, odustalo se od država, pa je danas u uporabi pojam "entitet", koji nije uvijek vezan za državu.) Osim toga, kako je tada (1927.) već bilo jasno da je kratki val i te kako pogodan za daleke veze, radioamateri su se morali lavovski boriti da zadrže svoje frekvencije ispod 200 metara (iznad 1500 kHz). Uspjeli su tako sačuvati uska područja u blizini 160, 80, 40, 20, 10 i 5 metara, što su i danas tradicionalna amaterska područja.

Ionosfera

No vratimo se malo. Po iskustvu se znalo da su dugi valovi osiguravali sigurnu vezu i na veće udaljenosti, npr. između brodova, dok je domet kratkih valova bio mnogo manji, pa su ih prepustili radioamaterima jer se smatralo da stižu samo do vidljivog horizonta - poput zraka svjetlosti. Englez Oliver Heavyside (1850. - 1925.) i Amerikanac Arthur Kennelly (1861. - 1949.), gotovo istodobno i neovisno jedan o drugome još 1902. godine matematičkom preradom Maxwellovih jednadžbi teorijski su predvidjeli postojanje ioniziranog sloja u atmosferi na visini od 50 do 150 km koji odbija kraće radiovalove

nazad na Zemlju. Ta teorija nije privukla veću pozornost sve dok se nisu pojavili praktični dokazi o njezinoj točnosti. Danas znamo da svaka antena zrači tzv. "površinski val" koji slijedi zaobljenost Zemlje, i "prostorni val", koji ne slijedi zaobljenost Zemlje, ali se može odbiti od ionosfere. Osim toga, još je Heavyside predvidio da "širenje radiovalova u ionosferi uvelike ovisi o tome koje je doba dana, godišnje doba i kakvo je stanje Sunčevih pjega". Površinski val izraženiji je kod dugih valova, a kratki se valovi bolje odbijaju od ionosfere. (Ultrakratki valovi ne odbijaju se od ionosfere, već prolaze kroz nju, pa su pogodni za svemirske veze.) Dotadašnje bežične veze na dugim valovima ostvarivale su se dakle isključivo površinskim valom, koji je postojan i ima približno jednak domet danju i noću, ali traži vrlo veliku snagu. Stoga je razumljivo da su se kraći valovi smatrali beskorisnima, jer se za Kennelly-Heavysideov sloj, tj. ionosferu, nije ni znalo (sl. 2.10.).

U tumačenju rasprostiranja radiovalova postoji i treća osoba, koja se rijetko spominje. To je engleski fizičar Edward Appleton, dobitnik Nobelove nagrade za fiziku 1947. godine. On je 1924. godine počeo usmjerenim antenama sustavno mjeriti jakost pristiglih radiovalova iz raznih smjerova ionosfere te je tako dokazao točnost Kennellyjeve i Heavysideove teorije. Osim toga, ubrzo je ustanovio da iznad Kennelly-Heavysideova sloja na visini od oko 250 kilometara postoji još jedan sloj



Slika 2.10. Ionosfera je niz slojeva u Zemljinoj atmosferi koji provodi i odbija radiovalove natrag na Zemlju. Najbolje odbija kratke valove (100-10 m), a ultrakratke valove (kraće od 10 m) propušta u svemir. Ionosfera se drukčije ponaša po danu, a drukčije po noći.

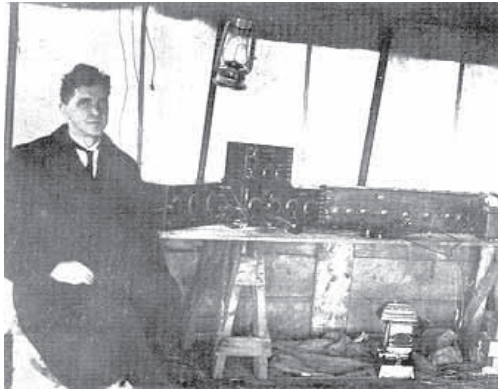
koji odbija kratke valove prema Zemljinoj površini. Taj sloj danas zovemo F-slojem i najvažniji je za održavanje dalekih veza na kratkoj me valu.

(Vezano uz ovu temu, neki stručnjaci ne vjeruju da je Marconi u prosincu 1901. čuo tri točkice (slovo "s") poslano iz odašiljača u Poldhuu. Snaga od 18 kW nije dovoljna da površinski val prijeđe Atlantski ocean i da se pri tome čuje na običnom detektorskom prijammniku, a prostorni val nije se mogao čuti oko podneva na frekvenciji od 800 kHz (375 metara) i pri apsolutnom minimumu Sunčevih pjega, jer u tim uvjetima nije mogao ni postojati. Kao dokaz navode i to da Marconi taj navodni uspjeh nije nikada komercijalno iskoristio. Stalnu komercijalnu vezu površinskim valom preko Atlantika između Clifdena u Irskoj i

Glace Baya u Americi (Nova Scotia) uspostavio je tek 1906. godine, ali na 26 puta nižoj frekvenciji (30 kHz, tj. valnoj duljini od 10 km) i uz divovsku snagu odašiljača od 300 kW.) Prednost bežične veze preko Atlantika pred podmorskom žičanom, osim niže cijene sustava, jest i nepostojanje vremenske konstante kabela koji je usporavao prijenos slova.)

Atlantik je premošten

Hartfordski radioamateri odlučili su u studenome 1921. godine jednosmjernom bežičnom vezom premostiti Atlantski ocean kratkim valovima, jer su na kontinentu već uspjeli postići 3500 kilometara. Najprije su pokušali čuti europske radioamate-re. Kada im to nije uspjelo, odlučili su poslati svog člana Paula Godleya



Slika 2.11. Paul Godley u svom ledenom šatoru u selu Ardrossan blizu Glasgowa očekuje ugovorenu vezu. Brzovav je primio u cijelosti: *Paulu Godleyu, Ardrossan, Škotska. Srdačne čestitke. Potpisani Burghard Inman Grinan Armstrong Amy Cronkhite*. Tako su 15. studenog 1921. počele amaterske međukontinentalne veze.

(2XE) u Škotsku s najboljom prijamnikom što su ga mogli načiniti (sa šest trioda). Odašiljač (na američkoj strani) im je bio s elektronskim cijevima snage blizu 1 kW, što je tada bila najveća dopuštena snaga za američke radioamatere (tri snažne triode paralelno vezane u izlaznom stupnju s anodnim naponom od 2500



Slika 2.12. Kratkim valom preko Atlantika 1921. godine. Ekipe na američkoj strani: Amy, Grinan, Burghard, Armstrong, Cronkhite.

V). (Uporaba odašiljača s iskrištem bila je zakonom zabranjena tek 1927. zbog velikih smetnji koje su stvarali.) Njihov odašiljač je radio na valnoj duljini od 230 metara (1300 kHz), za što su trebali posebnu dozvolu, i imao je pozivnu oznaku 1BCG. (U Velikoj Britaniji najveća dopuštena snaga za radioamatere bila je tada samo 10 vata, pa nije ni čudo da ih Amerikancinisu mogli čuti.) Troškove puta Godleyu je platio ARRL, koji je tada već imao 15 000 članova (sl. 2.11.).

Godley je prolazeći kroz London dobio kao pratnju svjedoka D. Pearsona iz poduzeća *Marconi International Co.* Dana 7. prosinca po velikoj hladnoći i vjetru smjestio je svoj prijamnik u unajmljeni šator kod mjesta Ardrossana, nedaleko od Glasgowa, na škotskoj obali. Uz Pearsonovu pomoć postavio je prijamnu antenu – više od 300 metara dugačku Beverage antenu, tri metra iznad zemlje, usmjerenu prema Americi i koja je na drugome kraju bila uzemljena preko bezinduktivnog otpornika. Oko dva sata ujutro čuo je signal američkog radioamatera 1AAW koji nažalost nije bio registriran, i koji se nikada nije otkrio (tzv. “*unlis*”, tj. bez dozvole). Sljedećih noći čuo je još tridesetak američkih radioamatera, među kojima se, naravno, isticao snažan i čist signal postaje 1BCG smješten u mjestu Greenwichu u državi Connecticutu. Atlantik je bio premošten prvi put na kratkome valu, a Kenelly-Heavysideova teorija bila je dokazana! Postignuta udaljenost bila je oko 5000 km (sl. 2.12.).

Diploma WAC

Dvije godine poslije tog događaja, 27. studenoga 1923. Amerikanci John Reinartz (1XAM) i Fred Schnell (1MO) održali su i prvu dvostranu prekooceansku vezu s Francuzom Leonom Deloyem (8AB) na valnoj duljini od 110 metara (2,72 MHz). Francuz je imao prijammnik samo s dvije triode. Slijedi pravi lov da DX-ove (udaljene postaje): za nepunu godinu dana uspostavljene su veze između Sjeverne i Južne Amerike, između Južne Amerike i Novog Zelanda, između Sjeverne Amerike i Novog Zelanda, kao i između Europe i Novog Zelanda. Godine 1926. radioamater Brandon Wentworth (6OI) uspostavio je veze iz Kalifornije sa svih šest kontinenata i tako osvojio prvu radioamatersku diplomu WAC (*Worked All Continents* - Radio sa svim kontinentima) koju je dobio 1930. godine kada je i službeno uspostavljena (sl. 2.13.).

Kristali

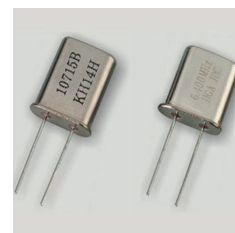
Godine 1927. radioamateri su dobili nov element za poboljšanje stabilnosti oscilatora u svojim predajnicima. To je bio kristal kvarca (kremena). Još su 1880. godine braća Pierre i Jacques Curie otkrili piezoelektrični efekt: kada se kristal turmalina, kvarca, topaza ili Rochellove soli izloži mehaničkom pritisku, na njihovim rubovima javlja se napon. Ta pojava je i dvosmjerna: kada se na pločicu kvarca stavi napon, ona se savija. Izrezane i izbrušene pločice kvarca imaju i svoju rezonantnu fre-



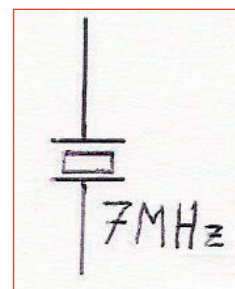
Slika 2.13. Diploma WAC - *Worked All Continents* ("Radio sa svim kontinentima"). Diploma je ponos svakog mladog radioamatera koji održava veze na kratkim valovima.

kvenciju, tako da se mogu upotrijebiti za izradu vrlo stabilnih oscilatora. Prvi takav oscilator načinio je P. W. Pierce na Sveučilištu Harvard 1923. godine, pa se po njemu još i danas takav oscilator naziva Pierceov. Teorijski, kristal kvarca ponaša se kao vrlo kvalitetan serijski titrajni krug. Svojstvo je takva kristala velika stabilnost proizvedene frekvencije, tako da odašiljači s kristalom imaju i kristalno čist ton, naznačen kao 9x u radioamaterskom žargonu (sl. 2.14.).

Iako se frekvencija kristala kvarca ne može mijenjati, počevši od 1927. godine gotovo svi radioamateri gradili su svoje odašiljače s tim kristalima, a o profesionalnim radiodifuznim postajama da i ne govorimo. Kako su se u međuvremenu pojavile i snažnije i složenije elektronske cijevi (tetrode, pentode), amaterski odašiljač snage stotinjak vata s kristalom postao je standardni uređaj, pa su i radioamaterske veze po čitavome svijetu postale uobičajene. Radilo se



Slika 2.14. Gore: skupina kristala kvarca u metalnom kućištu. Na svakome piše frekvencija za koju je izbrušen. Dolje: simbol za kristal kvarca.



najviše nemoduliranom telegrafijom (CW), dok je modulacija glasom još uvijek bila amplitudna (AM). Kristali kvarca još su pogodni i za izradu vrlo selektivnih filtara u superheterodinskim prijamnicima, tako da su mnogi radioamateri oko 1930. godine raspolagali i vrlo selektivnim i osjetljivim komunikacijskim prijamnicima.

Ham spirit

Kako se broj radioamaterskih postaja naglo povećavao, američki radioamater Paul Segal, W9EEA, izradio je i u ARRL-ovu priručniku (*Handbook*) za 1928. godinu objavio pravila radioamaterskog ponašanja, koja su bila svugdje prihvaćena i ostala su bez promjene sve do danas. To je tzv. "radioamaterski kodeks ponašanja" ili popularno nazvan "*Ham spirit*" - duh radioamaterizma. Pravilnik ima šest točaka i bitno je pridonio i još uvijek pridonosi stabilnosti i ugledu radioamaterskog pokreta u svijetu. Ukratko, radioamater je pažljiv, odan radioamaterskom pokretu, progresivan, prijazan, uravnotežen i domoljub. (Puni tekst kodeksa nalazi se u temi 33 četvrtog poglavlja ove knjige.)

Međutim, prvi predsjednik ARRL-a Hiram Percy Maxim riješio je pitanje discipline i uljudnog ponašanja na originalan način. Odmah poslije Prvoga svjetskog rata jedne večeri donio je na sjednicu čudan komad drva okovan žicom, limom i čavlima i bez riječi ga stavio na stol. Kada više nisu mogli izdržati, prisutni su ga upitali što je to. "Wouff Hong", odgo-



Slika 2.15. Wouff Hong - naprava za "utjerivanje u red" nediscipliniranih radioamatera koji ne poštuju "*ham spirit*". Njezin izumitelj Hiram Percy Maxim nije nikada objasnio kako se upotrebljava, ali kažu da od samog pogleda na nju amatera oblije ledeni znoj.

vorio je kratko i nastavio sjednicu (sl. 2.15.). Nakon nekog vremena upitali su ga čemu to služi. "Za kažnjavanje prekršitelja", opet odgovori kratko i nastavi sjednicu. Nikada nije objasnio kako se ta naprava primjenjuje, ali amaterima nije trebalo mnogo mašte, pa da im sve bude jasno. Kažu da su neki na sjednici smrtno probljedili. Danas se Wouff Hong nalazi uokviren u tajništvu ARRL-a u Newingtonu kao simbol korektnoga radioamaterskog ponašanja i poruka svima koji ga se ne pridržavaju.

ITU se seli iz Berna u Ženevu

ITU - Međunarodna telekomunikacijska unija, 1947. postala je specijalizirana agencija Ujedinjenih naroda, te se 1948. preselila u Ženevu iz Berna, gdje je bila od 1865. (sl. 2.16.).

Prvi eksperimentalni koaksijalni kabel

U prosincu 1931. godine dva zaposlenika poduzeća AT&T (*American Telegraph and Telephone Company*) dobila su prvi patent za izum koaksijalnog kabela. Danas je veza između amaterskog odašiljača i antene nezamisliva bez koaksijalnog kabela, no u ono vrijeme taj je vod bio neoklopljena žica, ili u najboljem slučaju "ljestvičasti dovod" amaterske izrade. Taj prvi koaksijalni kabel bio je namijenjen prijenosu televizijskog signala između New Yorka i Philadelphije i bio je jako skup. (Televizija je tada bila još u povojima.)

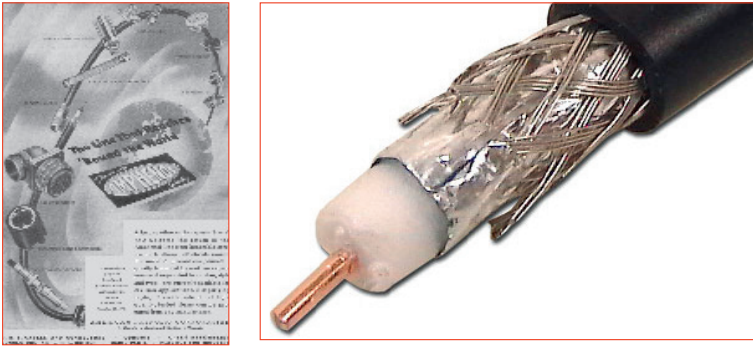
Naziv RG s brojem koji je tada dobio ostao je do danas (*Radio Guide* - radijski vod), npr. RG-58, RG-213 itd. Karakterističan otpor (*impedancija*) koaksijalnoga kabela iznosi 50 ili 75 oma (za televizore), tako da svi tvornički amaterski primoodašiljači danas imaju priključni otpor od 50 oma, a i antene su prilagođene na taj normirani otpor. Tako se postižu maleni gubici u dovodu, kao i maksimalno zračenje VF energije, dok bakreni oklop u koaksijalu ujedno smanjuje smetnje (sl. 2.17.).

Nastanak radioastronomije

Arthur Kennelly, koji je uz Heavysidea otkrio ionosferu, predlo-



Slika 2.16. Pogled iz zraka na kompleks zgrada u Ženevi što ih zauzima ITU



Slika 2.17. Oklopljeni koaksijalni kabel nastao je 1931. radi prijenosa širokopojasnog TV signala; no ubrzo se dogodila i njegova šira upotreba. Danas je praktično nemoguće zamisliti vezu između odašiljača i antene bez koaksijalnoga kabela. Karakterističan otpor koaksijalnoga kabela iznosi između 50 i 75 oma. Desno: U prosincu 1945. američka tvrtka Amphenol počela je reklamirati koaksijalne kabele i odgovarajuće priključnice.

žio je još 1890. godine da bi prijamne antene trebalo usmjeriti u svemir i poslušati dolaze li iz njega kakvi radiovalovi. Četrdeset godina poslije toga, 1930., kada je i prijamna tehnika već bila napredovala, Karl Jansky, zaposlenik poduzeća "Bell Telephone Company", izgradio je sustav međusobno povezanih, paralelno usmjerenih antena i uperio ih u svemir. Čuo je zamjetan šum radiovalova koji je dolazio iz središta Mliječne staze, tj. naše galaksije, gdje nije bio nikakvih vidljivih izvora zračenja. Svoje otkriće objavio je u časopisu "Proceedings of the IRE". Tako je rođena radioastronomija.

Američki radioamater Grote Reber, W9GFZ, pročitavši Janskyjev članak, potrošio je 1937. godine svoje ljetne praznike kako bi načinio paraboličnu, oštro usmjerenu antenu od drva i željeza, promjera 10 metara - i na tada vrlo visokoj frekvenciji od 160 MHz počeo osluškivati svemir.

Tako je otkrio elektromagnetska zračenja koja stižu sa Sunca, Jupitera, iz središta Mliječne staze, kao i zvijezda Labuda i Kasiopeje. Radeći potpuno sam, načinio je prvu radiokartu Mliječne staze i 1939. godine sve je to objavio u časopisima "Proceedings of Ire" i "Nature" (sl. 2.18.).

Radioastronomija je danas vrlo razvijena grana astronomije. Najveći radioteleskop na svijetu je Arecibo, kraj istoimenoga grada u Puerto Ricu. Promjer aluminijskog tanjura je 305 metara, pa mu je površina kao 26 nogometnih igrališta. Sva prikupljena elektromagnetska zračenja usredotočuju se u jednu točku na visini od 137 metara gdje se nalaze



Slika 2.18. Radioamater Grote Reber, W9GFZ, stoji ispred svog radioteleskopa kojim je primao radiosignale iz svemira

prijamnici. Služaju se sve valne duljine između 6 metara i 3 centimetra. Teleskop opslužuje ekipa od 140 ljudi, među njima 30 astronoma. Arecibo je izmijenio našu sliku svemira - kažu znanstvenici (sl. 2.19.).

Yagi-Udina antena

Vjerojatno nema radioamatera koji ne poznaje Yagijevu antenu, poznatu još i kao "beam". Služi i za prijam televizijskog programa, pa je danas valjda najpoznatiji tip usmjerene antene na svijetu. To je zapravo dipol s nekoliko parazitskih elemenata koji nisu međusobno električno povezani, osim preko elektromagnetskog polja. Pojačanje antene ovisi o broju parazitskih elemenata (direktora), pa kod 20 elemenata može dosegnuti i 20 decibela (100 puta) uz vrlo uzak kut zračenja.

Idući ispred svog vremena, izumili su je 20-ih godina 20. stoljeća japanski sveučilišni profesor Hidetsugu Yagi i njegov pomoćnik Shintaro Uda, pa bi je zapravo trebali zvati Yagi-Udinom antenom. Istraživanja su provodili na valnoj duljini od 4,4 metra (68 MHz) i na 2,6 m (115 MHz). U ono vrijeme ta antena nije izazvala veću pozornost, ali su je Amerikanci, na veliko iznenađenje Japanaca, primjenjivali kao radarsku antenu za vrijeme Drugoga svjetskog rata na Pacifiku. Poslije rata, zahvaljujući širenju televizije, počeli su je upotrebljavati i radioamateri na ultrakratkom, kao i na na kratkom valu (14, 21 i 28 MHz), gdje je zovu "beam" (zraka). Stup na koje-



Slika 2.19. Arecibo - najveći radioteleskop na svijetu, pokriven aluminijским pločama, ima promjer od 305 metara. Smješten je u prirodnoj udubini između brda blizu grada Areciba u Kostariki.



mu je učvršćena okreće se elektromotorom pa se može usmjeriti prema bilo kojoj strani svijeta. Dobivši mnoga priznanja, i Yagi i Uda umrli su iste 1976. godine - Yagi u 90-oj, a Uda u 80-oj godini života (sl. 2.20.).

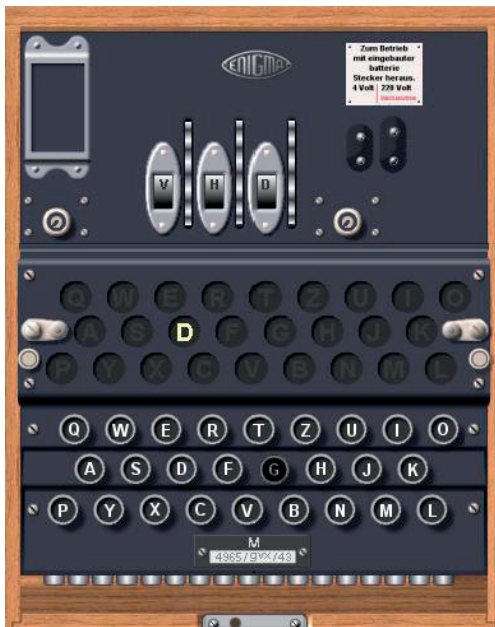


Slika 2.20. Hidetsugu Yagi, profesor na Sveučilištu Tohoku u japanskom gradu Sendaiju, zajedno sa svojim pomoćnikom Shintarom Udom, izumio je 1926. godine, ispred svog vremena, usmjerenu antenu nazvanu Yagijevom antenom. Doprinos Ude nije manji od Yagijeva, pa je pravedno antenu zvati Yagi-Udinom antenom. Lijevo je prikazana kratkovalna troelementna Yagi-Uda antena: lijevi (najdulji) element zove se reflektor, u sredini je dipol kao radijator, a desno je najkraći - direktor. Direktora u praksi može biti desetak. Što ima više direktora, njezino pojačanje je veće i ima bolju usmjerenost. Danas je to najpoznatija usmjerena antena za TV i za amaterska područja.

Drugi svjetski rat

Godine 1939. Europa ulazi u Drugi svjetski rat. Sve radioamaterske aktivnosti bile su zabranjene i prekinute - bilo u Velikoj Britaniji, bilo u zemljama koje su okupirali Nijemci i Talijani. Dapače, na tom području okupatori su strogo zabranili slušanje Radio Londona i drugih savezničkih postaja, koje su, radi većeg dometa, radile uglavnom na kratkom valu. Sve kućne radioaparate okupator je dao onesposobiti za slušanje kratkog vala i zapečatiti. Slušanje savezničkih vijesti bilo je za život opasno, a nacistička propagandna mašinerija danonoćno je građanima punila uši o

“nepobjedivosti sila Osovine” (tj. Njemačke, Italije i Japana) i o njihovu nezadrživom napredovanju na svim ratištima - zapadnom, istočnom i afričkom. U prosincu 1941. u rat ulazi i SAD, pa je i tamo prekinuta radioamaterska aktivnost. U tom trenutku samo u SAD-u bilo je 60 000 licenciranih radioamatera. Oko 25 000 služili su zatim kao radiotelegrafisti u Američkoj vojsci, a ostatak se zaposlio u ratnoj industriji ili su radili kao vojni instruktori. U Europi vijesti su se ipak slušale i usmeno prenosile dalje. Ljudi su znali točno stanje na svim ratištima. Bilo je radioamatera koji su se sjetili starih vještina i načinili kratkovalni audion napajan iz baterija, ili jednocijevni adapter za slušanje krakog vala koji su priključili na srednjovalni prijamnik. Na pojedinim mjestima okupatori su navečer i po noći isključivali električnu energiju, kako bi postigli potpuno zamračenje, pa se nisu mogle slušati ni vijesti. Tamo gdje nije bilo baterija mnogi su se poslužili dinamom za bicikl koji su okrenuli naopako, a čije pedale su okretali rukama. Oni koji su bili bliže Velikoj Britaniji, mogli su slušati Radio London i običnim detektorom.



Slika 2.21. “Enigma”, njemački stroj za kodiranje tajnih poruka bila je, poslije atomske bombe, druga najčuvanija tajna Drugoga svjetskog rata. Tek kada su se domogli jednog primjerka knjige kodova, Saveznici su mogli dešifrirati njemačke tajne poruke. Nijemci su vjerovali da njihove poruke nitko ne može odgonetnuti. Na lijevoj slici njemački vojnici služe se “enigmom” na ratištu.

Ovom prilikom moramo naglasiti važnost telegrafije, Morseovih znakova, za vrijeme Drugoga svjetskog rata. Osim najnižih operativnih jedinica na samom bojištu, koje su rabile AM, cijeli ratni bežični promet na višim razinama odvijao se Morseovim znakovima kojima se prenosio kodirani tekst - kako kod saveznika, tako i kod okupatora. Doprinos radioama-

tera, kao iskusnih radiotelegrafista, tu je bio nemjerljiv. (Poznata je priča o genijalno konstruiranom njemačkom stroju za kodiranje zvanom "Enigma" koji je Nijemcima omogućio brz i siguran prijenos informacija. Saveznici su tijekom podmorničkog rata na Atlantiku uspjeli zarobiti jedan primjerak knjige kodova, a da Nijemci to nisu saznali - slika 2.21.).

Ovdje vrijedi spomenuti i jednu tehničku zanimljivost. Kako bi indoktrinirali cjelokupno svoje stanovništvo, Nijemci su proizveli vrlo jeftin kućni prijammnik, uz vanjsku antenu upravo dovoljan za slušanje njihovih lokalnih postaja. Bio je to DKE (Deutsche klein Empfänger - njemački mali prijammnik) u crnoj plastičnoj kutiji s velikim otvorom za zvučnik - pravo malo remek-djelo jeftinog srednjovalnog i dugovalnog audiona s povratnom spregom i NF pojačalom, koji je bio zadnji primjerak te vrste u povijesti industrijske proizvodnje, a danas je rijedak i vrijedan primjerak za skupljače.

Viškovi vojne radioopreme

Po završetku Drugog svjetskog rata 1945. godine pojavili su se veliki viškovi vojnih radijskih uređaja i materijala: prijammnici, odašiljači, elektronske cijevi - kako američke, tako u oslobođenoj Europi i njemačke, a u nešto manjoj mjeri i sovjetske proizvodnje (u amaterskom žargonu *furda*). Američki amateri nastavili su svoj rad već poslije tjedan dana, a u Europi taj je proces trajao dulje - godinu dana u Velikoj Britaniji, pa do nekoliko godina u drugim europskim

zemljama, ovisno o tome pod čiju upravu su došle - savezničku ili sovjetsku. U Hrvatskoj, odnosno tadašnjoj Jugoslaviji, prve radioamaterske dozvole za rad izdane su 1953. godine.

Od američkog materijala najveću je vrijednost imao komunikacijski prijammnik AR88 tvornice RCA s ukupno 13 elektronki. Pokrivao je frekvencije od 0,5 do 32 MHz, pa je imao sva kratkovalna amaterska područja. Bio je težak 42,5 kilograma. (Danas amateri takve prijammnike zovu "boatanchor" - brodsko sidro!) Slijedi BC-348 koji je imao šest elektronskih cijevi i pokrivao je opseg od 1,5 - 18 MHz, pa je bez ikakve prerade primao glavna amaterska područja od 80, 40 i 20 metara (sl. 2.22.). Tu su još bile i snažnije mlazne tetrode i VF pentode 6L6, 6146, 807 i 813, kao i promjenljivi kondenzatori i keramički preklopnici za izlazne stupnjeve odašiljača.



Slika 2.22. Dva najpoznatija prijammnika iz američkih vojnih viškova poslije 2. svjetskog rata: BC-348 (6 cijevi) i AR-88 (13 cijevi)

Zanimljivo je da je njemačka ratna radiotehnika bila potpuno drukčija od američke ili engleske, i po koncepciji i po vanjskom izgledu uređaja, i po proizvedenim elektronskim cijevima. Naročito su među europskim amaterima bile popularne odlične njemačke elektronske cijevi R serije: RV12P2000 - univerzalna VF pentoda u potpuno zatvorenom i zaštićenom podnožju, kao i 35-vatna izlazna pentoda RL12P35 od koje su bili izgrađeni mnogi izlazni stupnjevi amaterskih predajnika (i koju Japanci još i danas proizvode pod nazivom 3P41). Sovjetski uređaji bili su nešto rjeđi i grublje izrade, ali su amateri znali i njih iskoristiti i privesti svrsi.

Bila su to dobra vremena ...

... za radioamatere. Pedesetih godina dvadesetoga stoljeća na tržištu se pojavila sva sila radiomaterijala potrebnog radioamaterima, dok su im specijalizirane tvrtke nudile

svoje proizvode: komunikacijske prijamnike, odašiljače i mjerne instrumente. U tome su prednjačile Sjedinjene Američke Države.

Iako je tranzistor kao zamjena za elektronske cijevi izumljen 1947. godine, on još desetak godina nije ulazio u radioamaterske uređaje, vjerojatno zato što je još bio na početku svoga razvoja, a elektronske su cijevi bile na svome vrhuncu. Prvu masovnu primjenu tranzistora ostvarila je japanska tvrtka Sony izradivši prve prijenosne i džepne radiodifuzijske prijamnike koji su uskoro osvojili svjetsko tržište.

Kako je u ratnim viškovima bilo i dalekopisača, teleprintera, amateri ih spajaju na svoje uređaje i uspjevaju uspostaviti vezu, ovaj put nazvanu RTTY (Radio Tele-Type). Tako se mnogi amateri prvi put "dopisuju" preko svojih tipkovnica. Ta vrsta modulacije održala se do danas, samo što glomazne teleprintere



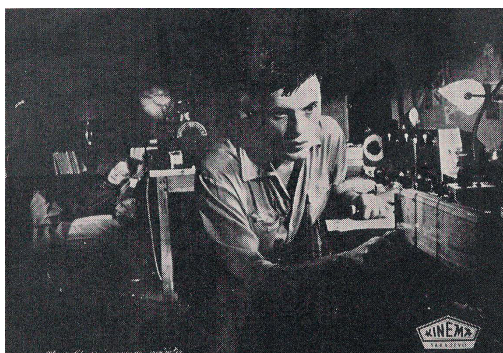
Slika 2.23. Sedamdesetih godina 20. stoljeća javljaju se nove vrste modulacija za radioamatere. Jedna od njih je i SSTV (*Slow Scan TV* - sporoanalizirajuća televizija). Prijenos nepomične slike preko mikrofonskog ulaza traje 8 minuta. U vremenu kada još nije bilo računala u čijoj memoriji će se čuvati slika, taj posao obavljao je uređaj na slici, marke "Robot": lijevo je kamera, a desno monitor s ekranom na kojemu se slika vrlo sporo gasi. Danas taj posao obavljaju računala, i to u boji.

zamjenjuju računala s odgovarajućim programima.

Uskoro se javlja i prijenos slike - SSTV (Slow Scan Television - sporocrtajuća televizija). Na kratkome valu ta slika je nepokretna i potrebno je nekoliko minuta za njezin prijenos (sl. 2.23.).

“Kad bi svi momci svijeta ...”

Godine 1956. francuski režiser Christian Jacques snimio je i prvi igrani film o radioamaterima “Kad bi svi momci svijeta” prema istoimenom romanu Jacquesa Remyja o ulozi radioamatera u spašavanju jednog švedskog ribarskog broda i njegove posade. Umjesto imitacije u studiju, Jacques se poslužio stvarnom postajom francuskog radioamatera F8YT, a terminologija i žargon u filmu potpuno su radioamaterski. Film je doživio velik uspjeh i prikazao ulogu radioamatera u spašavanju ljudskih



Slika 2.24. “Kad bi svi momci svijeta ...” film prema romanu Jacquesa Remyja, snimljen je 1956. i izazvao je veliko zanimanje javnosti. Kada sve komunikacije zakažu, radioamateri su još uvijek tu. Radioamaterska postaja bila je stvarna postaja francuskog radioamatera F8YT.

života, kakvi primjeri nisu bili rijetki i novine su ih rado objavljivale (sl. 2.24.).

Amaterska radiogoniometrija

Poslije Drugog svjetskog rata u skandinavskim zemljama i u Istočnoj Europi pojavila se nova radioamaterska disciplina: amaterska radiogoniometrija (ARG), popularno nazvana “lov na lisicu” (engl. *fox hunting*). Vlasti istočnoeuropskih zemalja poticale su tu tehničko-sportsku disciplinu otkrivanja skrivenih radiopostaja jer su smatrale da tako osposobljavaju stanovništvo za borbu protiv špijuna. Ipak, ta disciplina pobudila je znatan interes u mladim ljudima, jer je sjedinjavala nekoliko vještina: rukovanje radiogoniometrom, kretanje po karti na nepoznatom terenu, sluzenje kompasom i veliku fizičku izdržljivost na srednjim ili dugim stazama. Trebalo je otkriti pet skrivenih radiopostaja u što kraćem vremenu na raznolikom terenu i međusobno razmaknutih najmanje 400 metara jedna od druge. Za natjecanje su predviđena dva valna područja: ili ono na 80 metara, ili ono na 2 metra. Usmjerena antena za 80 metara bila je u početku okvirna, a poslije namotana na feritnom štapu. Za određivanje smjera naprijed-nazad upotrebljava se još jedna kratka vertikalna pomoćna antena koja faznim pomakom primljenoga signala postiže to da se jedan smjer čuje glasnije, a drugi tiše. Za dva metra odlično je poslužila Yagijeva antena koja određuje ne samo pravac već i smjer primljenog signala (sl. 2.25.).

Nestankom hladnog rata "lov na lisicu" proširio se i na druge zemlje, tako da se danas već organiziraju regionalna i svjetska prvenstva pod pokroviteljstvom IARU-a. Utvrđena su jedinstvena pravila natjecanja i kategorije natjecatelja. U SAD-u se ta disciplina označuje kraticom ARDF (*Amateur Radio Direction Finding*).

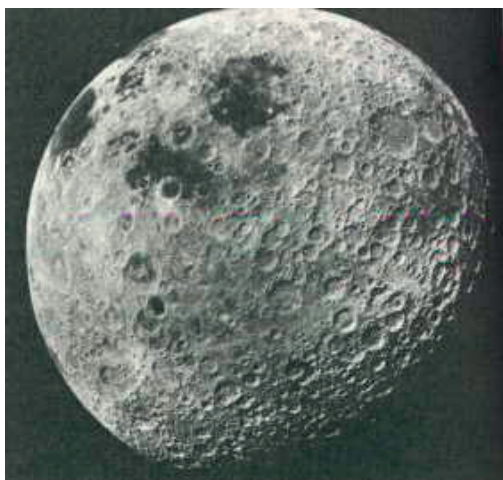
Zemlja - Mjesec - Zemlja (EME)

Prije 1946. godine nije se znalo prolaze li ultrakratki radiovalovi kroz ionosferu, ili ih ona odbija nazad na Zemlju. Po završetku rata, čekajući otpust iz vojske, američki potpukovnik i radioamater John De Witt dobio je odobrenje Pentagona da to ispita. Projekt je nazvan *Project Diana* prema rimskoj božici Mjeseca. U vojnom laboratoriju za veze u Fort Monmouthu u državi New Jerseyu De Witt je imao na raspolaganju radarski odašiljač snage 3 kW i sustav od 64 usmjerene i međusobno povezane antene. Radio je na frekvenciji od 112 MHz. Antene se nisu mogle pomicati okomito, nego samo vodoravno, pa je morao pričekati da Mjesec bude tik iznad horizonta. Kada je uputio impuls prema Mjesecu, nakon 2,56 sekunde čuo je slab odjek, što je značilo da ultrakratki valovi prolaze kroz ionosferu u svemir u oba smjera! Mjesečeva površina sastoji se uglavnom od prašine i kamenja, pa odbija samo 7% primljene energije, a i ta se rasprši na sve strane, tako da se samo njezin neznatni dio vraća u točku iz koje je pošla (sl. 2.26.).



Slika 2.25. Grupa lovaca na "lisicu" na stazi. Svaki od njih ima usmjerenu antenu, prijamnik, terensku kartu i kompas. Pobjednik je onaj tko prvi otkrije svih pet skrivenih odašiljača i prvi uđe u cilj.

U siječnju 1953. dva američka radioamatera Ross Bateman (W4AO) i Bill Smith (W3GKP) uspjeli su na dvometarskom amaterskom području primiti odjek svojih signala odbijenih od Mjeseca. Iako na granici tehničkih mogućnosti, pojavila se nova vrsta održavanja amaterskih veza, nazvana EME (*Earth - Moon - Earth*, Zemlja - Mjesec - Zemlja). Dakako, veza je moguća samo s točaka na Zemlji iz kojih se istodobno vidi Mjesec. EME veze do sada su održane na svim amaterskim UKV područjima: 6 metara, 2 metra, 75 centimetara, 25 cm itd. Godine 2001. Al Ward, W5LUA iz Teksasa uspio je dobiti odjek na valnoj duljini od 12,5 cm sa samo 20 W izlazne snage i paraboličnom antenom promjera 3 metra. Nekoliko stotina radioamate-



Slika 2.26. Veze preko Mjeseca - EME (Earth-Moon-Earth) traže dobru opremu. Kako Mjesec ima *albedo* (indeks refleksije) od samo 7%, a površina mu je uglavnom od prašine i kamena, potrebne su velike snage i složene antene. Na slici: antenski sustav od 16 Yagi-Uda antena od po 12 elemenata svaka.

ra u svijetu danas ima opremu za EME i održavaju veze, među njima i nekoliko Hrvata.

Veze preko meteora (MS)

Intenzivan rad na UKV području poslije Drugoga svjetskog rata doveo je ubrzo i do uspostave amaterskih veza preko meteora koji ulaze u Zemljinu atmosferu (engl. *meteor scatter* - MS). Čestice svemirske prašine i kamenčići prosječne veličine od 1 do 30 mm ulaze u atmosferu brzinom od 10 do 50 kilometara u sekundi i na visini od 50 do 80 kilometara izgore te pri tome stvore vruć ionizirani oblak koji traje najviše sekundu-dvije. "Zvijezda je pala" - kaže narod. Za vrijeme dok traje, taj oblak može odbiti radiovalove, u pravilu frekvencije iznad 30 MHz. Zbog kratkoće vremena amateri su u početku na odašiljačkoj strani svoju poruku snimali na magnetofonsku

vrpcu, pa je zatim puštali velikom brzinom. Na prijamnoj strani snimali bi tu poruku također velikom brzinom i zatim puštali vrpcu vrlo usporeno. Tako bi mogli pročitati poruku poslanu Morseovim znakovima.

Skupine meteora dobile su imena prema zvijezdi iz kojega prividno izlaze: Geminidi, Perseidi, Kvadrantidi itd. Poznato ih je pedesetak grupa i javljaju se pravilno u određeno doba godine. Tada amateri okrenu svoju antenu prema određenom zvijezdi i - kako ne mogu znati kada će se meteor pojaviti - velikom brzinom ponavljaju istu poruku, sve dok od druge strane ne dobiju potvrdu da je primljena (slovo R).

Umjesto magnetofona danas taj posao mnogo bolje obavljaju računala. Ima programa koji primaju i šalju poruku Morseovim znakovima brzinom od 4000 slova u minuti, tj. oko 70 slova u sekundi, što je dovoljno za

cijelu rečenicu. Ta vrsta veze ne traži tako skupu opremu kao EME, i postaje gotovo dnevna rutina, bez obzira na kalendar, jer se uvijek nađe poneki meteor koji uđe u atmosferu.

Amaterski sateliti

Kada su Sovjeti lansirali svoj prvi satelit u Zemljinu orbitu, 4. listopada 1957. godine - čuveni "Sputnik", šok u Americi nije bio manji od onoga prilikom napada Japanaca na Pearl Harbour. Amerikanci su bili duboko uvjereni u svoju tehnološku prednost, tako da je "Sputnikov" *bip-bip-bip* svaki sat iznad njihovih glava djelovao kao hladan tuš. Američki kongres je odmah dodijelio izvanrednu svotu za pojačan svemirski program, pa samo četiri mjeseca kasnije, 31. siječnja 1958. Amerikanci lansiraju svoj prvi satelit "Explorer 1". Tom prilikom osnovana je i civilna agencija za svemirska istraživanja NASA (*National Aeronautics and Space Administration*).

Neki američki radioamateri smatrali su da ne znaju ništa manje o bežičnim komunikacijama od američke vlade, pa su pristupili projektu OSCAR (*Orbital Satellite Carrying Amateur Radio* - Orbitalni satelit koji

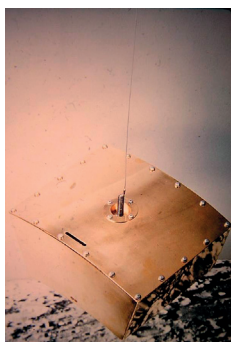
nosi amaterski radio). OSCAR-1 lansirani su u orbitu 12. prosinca 1961. kao besplatni dodatak na vojnoj raketi koja je nosila "Discoverer-36". To je bila kutija 30×25×12 cm teška 4,5 kg. Baterije u satelitu trajale su tri tjedna. Od tada većina amaterskih satelita nosi naziv OSCAR.

Amaterski sateliti nose na sebi repetitore koji omogućuju veze između radioamatera uglavnom na području od 2 metra i 75 centimetara. Kada se pojave iznad horizonta, oni omogućuju komunikaciju u trajanju od dvadesetak minuta. U proteklih četrdesetak godina lansirano ih je oko sedamdeset, najviše zahvaljujući korporaciji AMSAT osnovanoj 1969. u Washingtonu (*Radio Amateur Satellite Corporation*), koja okuplja dobrovoljce, stručnjake i sponzore za izgradnju i lansiranje amaterskih satelita. Dvadesetak amaterskih satelita lansirali su Sovjeti, odnosno Rusi (sl. 2.27.).

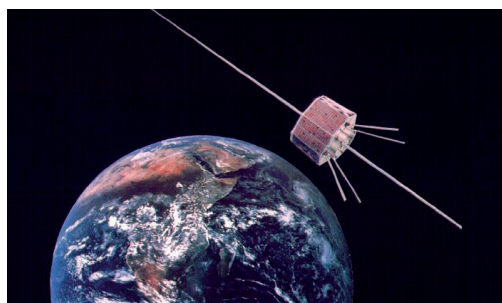
WARC područja

World Administrative Radio Conference (WARC) - održana 1979., zahvaljujući naporima IARU-a odobrila je radioamaterima nova, doduše uska, kratkovalna područja oko valnih duljina od 30, 17 i 12 metara:

- 30-metarsko područje (10100 - 10150 kHz); dopušten je samo rad telegrafijom (CW);
- 17-metarsko područje (18068 - 18168 kHz); dopušten je rad CW, RTTY i USB;



Slika 2.27. Gore: prvi amaterski satelit OSCAR-1, lansirani 12. prosinca 1961. Desno: OSCAR-8, lansirani 1978. Sateliti primaju signal na jednom području (npr. na 2 m, *uplink*), a vraćaju ga na drugom (npr. na 10 m, *downlink*). Do sada je lansirano više od 70 amaterskih satelita.



- 12-metarsko područje (24890 - 24990 kHz) također dopušta CW, RTTY i USB.

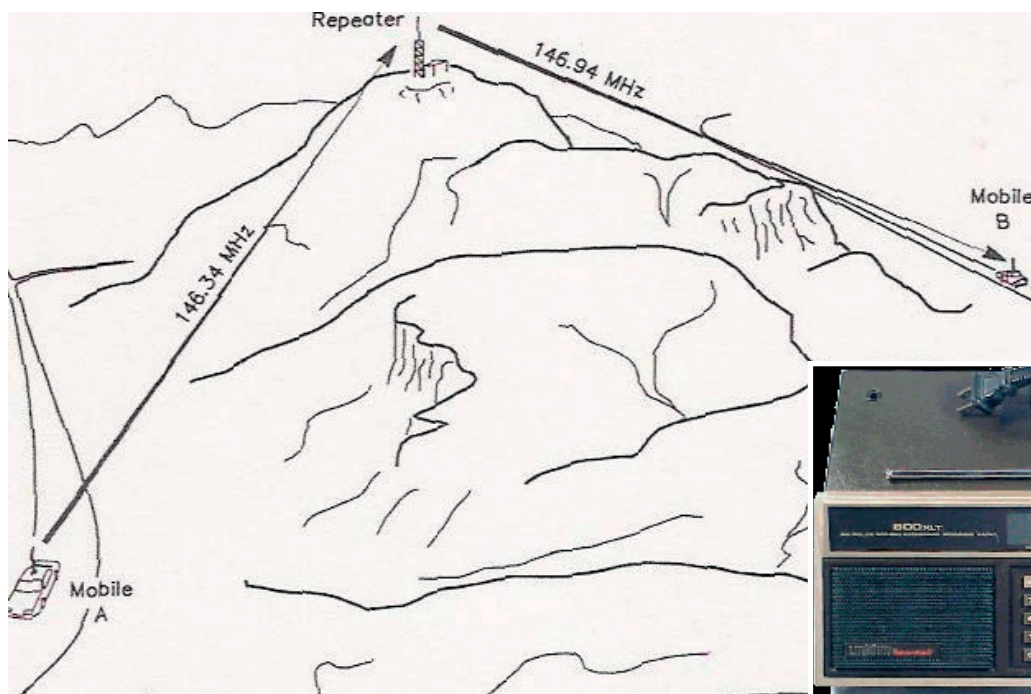
Na tim područjima nisu dopuštene natjecanja pa odgovaraju amaterima koji vole miran rad bez velikih gužvi. Tvornice su u svoje primoodašiljače vrlo brzo počele ugrađivati i tzv. WARC područja.

FM repetitori

Kako je veza na ultrakratkim valovima pouzdana samo do granice horizonta, radi povećanja dometa na povišenim mjestima postavljaju se repetitori. Kada primi vaš signal, repetitor uključuje svoj odašiljač koji pojačava i prosljeđuje vašu poruku

na nekoj drugoj frekvenciji. Na amaterskom 2-metarskom području taj razmak iznosi 600 kHz. Dakle, ako ste odašiljali na 145 000 kHz, repetitor će vašu poruku proslijediti na 145 600 kHz gdje vas korespondent sluša (kanal R0). Tako se domet vašeg ručnog ili mobilnog primoodašiljača od desetak kilometara povećava i na nekoliko stotina kilometara (sl. 2.28.).

Suvremeni repetitori napajaju se iz fotoćelija pa nisu ovisni o naponskoj mreži. Neki repetitori zaštićeni su kodiranim ulazom, pa se njima mogu služiti samo ovlaštene osobe. Prvi repetitori u Americi bili su postavljeni sedamdesetih godina prošlog stoljeća, a u Europi desetak



Slika 2.29. Tvornički repetitor marke "Bearcat" 800 XLT s izborom osam kanala.

Slika 2.28. Repetitori se postavljaju na povišenim mjestima. Najčešće rade na području od 2 m ili 70 cm; kada repetitor primi naš signal, šalje ga dalje na nešto višoj frekvenciji na kojoj sluša naš korespondent. Suvremeni repetitori najčešće se napajaju iz fotoćelija.

godina kasnije. Cijela Hrvatska pokrivena je mrežom od desetak repetitora postavljenih na brdskim vrhuncima. Modulacija je frekvencijska (FM), a polarizacija antene vertikalna. Osim osam repetitorskih kanala na 2-metarskom području postoji i trinaest "simpleks" kanala na kojima amateri koji su bliže komuniciraju neposredno, bez pomoći repetitora.

Amaterske digitalne veze

Dolaskom računala ulazi u elektroniku digitalna tehnologija. Bit te tehnologije nalazi se u binarnom (dvojnomo) kodu: ili je strujni krug uključen (1), ili je isključen (0). Nema nikakvih prijelaznih međuvrijednosti kao kod analogne tehnologije. Šezdesetih godina prošlog stoljeća ti "elektronički mozgovi" bili su golemi ormari koji su trošili jako mnogo električne energije i zauzimali cijele zgrade. Smatralo se da oni ni neće biti manji, pa je razrađena tzv. "time sharing" tehnika (tehnika "vremenske raspodjele"). Kako računala rade vrlo brzo, postojala je mogućnost da se na neko središnje računalo istodobno priključi nekoliko pretplatnika, a da jedan drugome ne smetaju. Komuniciralo se preko tipkovnice. Za njezinu uporabu bio je usvojen tzv. ASCII kôd (*American Standard Code for Information Interchange* - čitaj "eski") kao jedinstvena norma za unos podataka u računalo, koji je u uporabi i danas. Svaki znak - slovo, znamenka ili interpunkcija - ima određenu, uvijek istu, brojku između 0 i 127, koje računalo može dalje obrađivati.

Međutim, razvojem tranzistorske tehnike, a osobito pojavom integriranih sklopova i mikroprocesora, krajem sedamdesetih godina veličina računala naglo se smanjila na dimenzije stolnog uređaja, pa je ta nova generacija dobila ime PC ("*personal computer*" - osobno računalo). Postalo je jasno da "time sharing" neće biti potreban i da svaki pojedinac može imati vlastito računalo.

Uporaba ASCII kôda traži i digitalnu obradu signala, za razliku od analognog signala kakav ima AM ili FM. Tijekom osamdesetih godina gotovo sve države dopustile su svojim radioamaterima rad i s digitalnim signalima (DATA). (Zanimljivo je da su Morseovi znakovi najjednostavniji sustav komunikacije digitalnim signalima.) Tako je PC postao sastavni dio gotovo svake radioamaterske postaje.

Prvi digitalni komunikacijski protokol za radioamatere zvan AMTOR razradio je (iz profesionalnog programa SITOR) 1982. godine britanski radioamater Peter Martinez, G3PLX. AMTOR znači "*Amateur Teleprinting over Radio*" - amatersko daljinsko dopisivanje pomoću radija. Bio je bolji negoli RTTY; imao je jednostavan sustav za ispravljanje pogrešaka, pa je i pri slabijem signalu davao kvalitetniji tekst, a da i ne govorimo o tome da se cijeli program nalazio u memoriji računala umjesto pedesetak kilograma teškog teleprintera. Imao je dvije varijante ispravljanja pogrešaka - FEC i ARQ. U FEC modu (*Forward Error Correcting* - ispravljanje pogreške unaprijed)

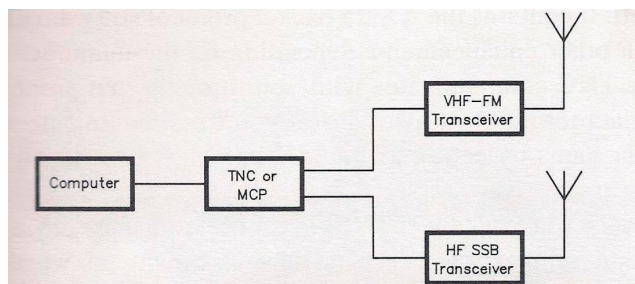
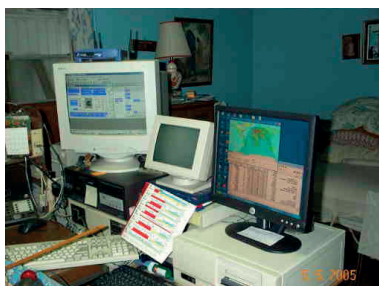
svako slovo se automatski šalje dva-put, a ako se ne poklope, računalo ga neće prikazati, nego će označiti pogrešku. Tekst se čita na ekranu monitora, a može se otisnuti i na printeru. U ARQ modu (*Automatic Repeat Query* - automatski zahtjev za ponavljanjem) postoji kontrolni kod koji ide paralelno s tekстом (grupe od tri slova). Ako otkrije pogrešku, kontrolni kod zahtijeva ponavljanje grupe - sve dok se grupa slova ne prenese ispravno. To je tzv. *handshaking* - rukovanje.

Poslije su razvijeni još savršeniji protokoli - spomenimo samo PACTOR, GTOR, THROB, CLOVER i PSK31. Ima ih ukupno dvadesetak, a u zadnje vrijeme osobito je omiljen PSK31, kojemu treba širina pojasa od samo 31 Hz, a toliko je osjetljiv da se tekst ispisuje na ekranu i kada se signal u slušalicama više ne čuje. Iskusni operatori mogu po zvuku signala prepoznati o kojem se protokolu radi. Za digitalni rad, osim SSB primoodašiljača i računala, potrebni

su i odgovarajući programi, ili pak poseban dodatni uređaj MCP (*multi-mode communications processor* - višestruki komunikacijski procesor) koji nudi sve vrste rada. Na kratkome valu najveći digitalni promet odvija se na 20-metarskom amaterskom području. Nije teško zaključiti da su upravo ti digitalni protokoli u većini zemalja doveli do ukidanja obveznog ispita iz Morseovih znakova za radioamatere.

Paketni radio

Paketni radio zajednički je naziv za sve radioamaterske bežične veze između dvaju računala, bilo neposredno, bilo preko bežične mreže, bilo na internet. Ne radi se ni o kakvu paketu, nego o činjenici da se cijela poruka dijeli na manje dijelove, "pakete", koji se zatim šalju drugoj strani. Između "paketa" postoji vremenski razmak u kojemu drugo računalo vraća primljeni "paket" radi kontrole točnosti. Tek kada je taj "paket" ispravno primljen, slijedi



Slika 2.30. Najkraće rečeno amaterski paketni radio omogućuje digitalni prijenos informacija između amaterskih postaja, pa i bežični pristup internetu. Da bi se radilo, osim primoodašiljača i antene (na kratkome ili ultrakratkome valu), treba imati i računalo i uređaj koji se zove TNC (*terminal node controller*). Ako pak još želimo imati i razne vrste digitalnih modulacija, umjesto TNC-a nabavit ćemo MCP (*Multimode Communications Processor*). Danas mnogi amaterski sateliti imaju ugrađen bežični priključak na paketni radio.

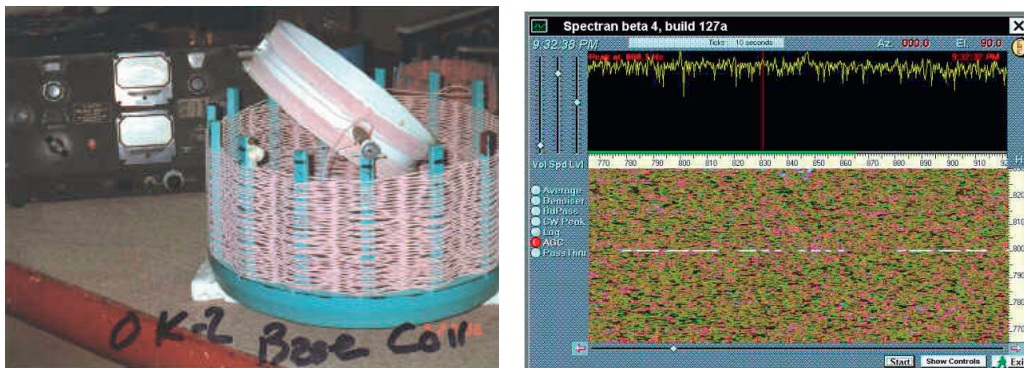
drugi itd. Osim ASCII koda moguće je slati i čisti binarni kod, što znači slike i crteže. Osim direktne veze, moguće su i veze preko "digipitera", tj. digitalnih repetitora, koji su čvorišta paketne mreže i koji moraju imati i memoriju kako bi sačuvali primljenu poruku i u povoljnom trenutku poslali je dalje. Protokol omogućuje prolaz poruke najviše preko osam digipitera. Međutim, u praksi se rabe najviše dva ili tri. Osim toga, digipiter i prima i odašilje na jednoj frekvenciji, a ne na dvije kao što to rade FM repetitori. Normirana frekvencija za 2-metarski digipiter nalazi se između 144 950 i 144 990 kHz (sl. 2.30.).

Za takav rad potrebno je, osim računala i primoodašiljača na amaterskom UKV području, imati i pomoćni uređaj TNC (*terminal node controller*), ako nije već ugrađen u računalo. Paketni radio služi se protokolom AX.25 koji je nastao od profesionalnog protokola X.25. Paketna mreža obično ima i *mailbox* - "poštansku kutiju" u kojoj se čuva poruka sve dok je njezin vlasnik ne preuzme, a može imati i BBS (*bulletin board system* - elektronička oglasna ploča) gdje možete ostavljati javne poruke ili voditi javnu raspravu, te na kraju *cluster* (engl. "grozd") gdje možete pročitati posljednje održane radioamaterske veze s rijetkim amaterskim postajama. (Običaj je, kada radioamater održi daleku ili rijetku vezu, da odmah na *clusteru* ostavi potrebne podatke, kako bi ih i drugi mogli iskoristiti.) Radioamaterski *clusteri* postoje i u internetskoj mreži. Kod natjecanja amateri drže otvoren *clu-*

ster, bilo bežični, bilo onaj na internetu, pa na ekranu prate koje veze su prije kratkog vremena održane, tko ih je održao, kada i na kojoj frekvenciji i s kojim dalekim postajama.

Lowfers - "dugovalci"

U planu radioamaterskih frekvencija u Europi - uključujući Hrvatsku - postoji i jedna dugovalna: 135,7 - 137,8 kHz - skraćeno rečeno - područje od 136 kHz ili 2200 metara. U SAD-u amaterima još nisu odobrene te frekvencije, pa se oni ograničavaju uglavnom na slušanje. U europskim zemljama najveća dopuštena izračena (ERP) VF snaga je samo 1 W, a ponegdje je i duljina antene ograničena na 30 metara. Dopuštena vrsta modulacije - isključivo telegrafija. Ako se prisjetimo da u vrijeme odašiljača s iskrom ni snaga od 1 kW na tim frekvencijama nije omogućivala neki domet (jer tu postoji samo površinski val), možemo se pitati čemu uopće to područje i s tako malenom snagom. Međutim, smisao je u eksperimentu. Uopće, radi se o vezi s ekstremno slabim signalima - kao i kod EME, pa čak i slabijima. Pronalaze se nove metode rada s takvim signalima koji su u pravilu izgubljeni u šumovima. Amateri koji se bave tim problemom rada na niskim frekvencijama - low frequencies - engleski se nazivaju "lowfers", što možemo na hrvatski prevesti kao "dugovalci" - slika 2.31. (Britanskim radioamaterima dopušten je sličan rad na 73 kHz.)



Slika 2.31. Prelaskom na kratke valove oko 1920. godine, amaterski rad na dugim valovima (ispod 500 kHz, odnosno iznad 600 m) bio je ne samo zaboravljen već i onemogućen zakonskim propisima. Danas se polako obnavljaju eksperimenti na dugim valovima, naročito proučavanjem načina na koji se šire. U Europi u većini zemalja radioamaterima su dodijeljene frekvencije od 135,7 do 137,8 kHz. Na slici lijevo vidimo glomazni dugovalni antenski variometar, a na slici desno signal JDH "izvučen" iz šuma u gornjem dijelu slike. Pri tome se rabi ekstremno spora telegrafija (QRSS), što graniči s tehnologijom svemirskih veza.

Kako se takav signal u pravilu ne može čuti, postavljena frekvencija u prijammniku mora biti točna u 1 Hz, a povećana osjetljivost na slabe signale postiže se i velikom selektivnošću prijammnika, koji tako donekle isključuje šumove. Danas se radi sa selektivnosti i do 4 Hz, što se više ne može postići klasičnim filtrima, nego digitalnom obradom signala (DSP - *digital signal processing*). Glavni način otkrivanja slabih signala pokrivenih šumom je statistički. Naime, struktura šuma ispod kojega se nalazi neki signal drukčija je od strukture šuma ispod kojega nema ničega. Poseban program u računalu to može prepoznati, ali statistički prosjek traži vremena. Amateri se danas služe programom ARGO i vrlo sporom telegrafijom (QRSS). U pravilu jedna "točka" traje tri sekunde, a "crta" devet. Jasno

je da se takva telegrafija ne može pratiti uhom, nego se promatra na ekranu. Na taj način slanje slova "s" (tri "točke") traje 15 sekundi, uključujući i razmake, a slanje slova "o" (tri "crte") - 33 sekunde. U ekstremnim slučajevima išlo se i do toga da "točka" traje tri minute itd.

Ovom "svemirskom tehnologijom" amateri su uspjeli postići nevjerovatne rezultate. Vjerojatno je do sada najdalja dvostrana veza uspostavljena između ruskog amatera iz Vladivostoka UA0LE i novozelandskog amatera ZM2E iz Quartz Hilla. Udaljenost iznosi 10 300 kilometara! Iskustva pokazuju da i širenje površinskog vala ovisi o elektromagnetskim aktivnostima na Suncu, ali na sasvim drugi način negoli na kratkim valovima. Ovo područje amaterskog rada tek je na svojim počecima.

CEPT dozvola i HAREC

CEPT je kratica od “*Conference Européenne des Administrations des Postes et des Telecommunications*” (Europska konferencija poštanskih i telekomunikacijskih uprava). Članice CEPT-a, a među njima je i Hrvatska, imaju određena prava koja radioamaterima olakšavaju rad kada se nalaze u inozemstvu. Oni mogu od svoje Agencije za telekomunikacije zatražiti CEPT dozvolu s kojom mogu preko granice prenijeti svoje uređaje i njima raditi i u drugoj zemlji, članici

CEPT-a - do tri mjeseca. Uvjet je da su položili radioamaterski ispit prema međunarodno usklađenom programu HAREC (*Harmonized Amateur Radio Examination Certificate* - Svjedodžba o usklađenom radioamaterskom ispitu). Također mogu zatražiti da im se prizna radioamaterski ispit u toj drugoj zemlji radi dobivanja pozivne oznake i trajne dozvole za rad na amaterskim frekvencijama. Program za radioamaterski P-ispit u Hrvatskoj potpuno je usklađen s programom HAREC.

Priprema za Ispit

U svakoj državi dozvola za rad na amaterskoj radijskoj postaji dobiva se polaganjem odgovarajućeg radioamaterskog ispita pred ovlaštenim povjerenstvom. U Republici Hrvatskoj tu je mjerodavan Zakon o telekomunikacijama ("Narodne novine" broj 122/2003.), kao i "Pravilnik o amaterskim radijskim komunikacijama" ("Narodne novine" broj 61/2009.). U dodatku istog Pravilnika propisani su gradivo ispita, kao i način ispitivanja i kriteriji ocjenjivanja. U Hrvatskoj postoje dva amaterska operatorska razreda - A (napredni) i P (početnički). Ta dva ispita nisu kumulativna, tj. kandidat, ako se osjeća sposobnim, može odmah pristupiti ispitu za A razred, iako prethodno nije položio P razred. Ipak, praksa pokazuje da je postupno napredovanje mladoga radioamatera najučinkovitije i najprirodnije, jer položeni P razred i odgovarajuća praksa omogućuju svakome da se bez većih napora, kvalitetno i postupno uključi u radioamaterske aktivnosti.

Priručnik za pripremu operatorskog A razreda objavila je izdavačka kuća "Kigen" u Zagrebu 2005. godine u suradnji s Hrvatskim radioamaterskim savezom. To je knjiga "Radiokomunikacije" čiji su autori Ante Botica, Draško Marin, Vladimir Štancl i Mladen Zadro. Za pripremu polaganja P razreda predviđena je ova knjiga.

Operatorskom ispitu može pristupiti građanin Republike Hrvatske koji u njoj ima stalno prebivalište i koji je navršio 12 godina života. Dozvolu za rad može dobiti kada navrši 14 godina života. Tako je omogućeno već i naprednim učenicima osnovne škole da posjeduju osobnu kratkovalnu i ultrakratkovalnu radijsku postaju i da preko nje održavaju veze u domovini i s cijelim svijetom. Ispitno povjerenstvo za radioamaterske ispite imenuje Ministarstvo pomorstva, prometa i veza. Ispiti za A razred u pravilu se održavaju u prostorijama Ministarstva, a ispiti za P razred u pravilu održavaju u radioklubu gdje je održan tečaj i u suradnji s Hrvatskim radioamaterskim savezom. Ispit se polaže zaokruživanjem točnih odgovora u odgovarajućim upitnicima.

Ispitno gradivo sastoji se od tri dijela. To su:

- A. Tehnički sadržaji (elektrotehnika, radiotehnika)
- B. Pravila i postupci pri održavanju radioamaterskih veza
- C. Međunarodni i hrvatski propisi o radioamaterskoj službi.

U nastavku donosimo program tehničkog sadržaja ispita za operatore P razreda prema "Pravilniku o amaterskim radijskim komunikacijama". (Program tehničkih pitanja u odnosu na A razred znatno je skraćen i olak-

šan, a druge dvije grupe su pitanja jednake.) Brojčana klasifikacija prilagođena je ovoj knjizi.

Za polaganje ispita dovoljno je znanje osnovne matematike: četiri osnovne operacije (zbrajanje, odbijanje, množenje i dijeljenje), kvadriranje i vađenje drugoga korijena. Sve to lako se rješava s pomoću jeftinog džepnog računala.

Uz pretpostavku da kandidat za polaganje P razreda radi jedan sat na dan, on se može pripremiti za ispit u roku od dva mjeseca.

Tehnički sadržaj programa za radioamaterski ispit P razreda

3.1. Električna, elektromagnetska i radijska teorija

- 3.1.1. Sinusoidalni signali (grafički prikaz u vremenu, frekvencija)
- 3.1.2. Modulirani signali (osnovno poznavanje značajki amplitudne i frekvencijske modulacije)
- 3.1.3. Snaga i energija (matematički odnosi napona, struje i otpora)

3.2. Komponente

- 3.2.1. Otpornik
- 3.2.2. Kondenzator
- 3.2.3. Zavojnica
- 3.2.4. Transformator
- 3.2.5. Diode
- 3.2.6. Tranzistori
- 3.2.7. Elektronske cijevi

3.3. Krugovi

- 3.3.1. Osnovno poznavanje filtara
- 3.3.2. Izračun rezonantne frekvencije
- 3.3.3. Osnovno poznavanje funkcija ispravljača, pojačala, detektora i oscilatora

3.4. Prijamnici

- 3.4.1. Osnovno poznavanje funkcija prijamnika
- 3.4.2. Blok-shema jednostavnog prijamnika

3.5. Odašiljači

- 3.5.1. Osnovno poznavanje funkcija odašiljača
- 3.5.2. Blok-shema odašiljača

3.6. Antene

- 3.6.1. Vrste antena: dipol, Yagijeva antena, vertikalna antena

3.6.2. Značajke zračenja navedenih antena

3.6.3. Impedancija antena

3.7. Rasprostiranje radiovalova

3.7.1. Ionosferski slojevi

3.7.2. Površinski i prostorni val

3.8. Mjerenja

3.8.1. Poznavanje mjerenja napona, struje i otpora

3.9. Smetnje

3.9.1. Osnovno poznavanje uklanjanja smetnji:

- postavljanjem filtra
- odspajanjem
- oklapanjem

3.10. Opasnost od električne energije

- ljudsko tijelo
- mrežno napajanje
- visoki napon
- munja.

Radi bolje preglednosti ispitnoga gradiva, podijelili smo ga u 35 tema:

- Tehnička pitanja - 20 tema

- Pravila i postupci - 15 tema

- Zakoni i propisi (*Pravilnik o amaterskim radijskim komunikacijama* - 25

članaka)

Kod tehničkih pitanja broj teme slijedi sadržaj programa.

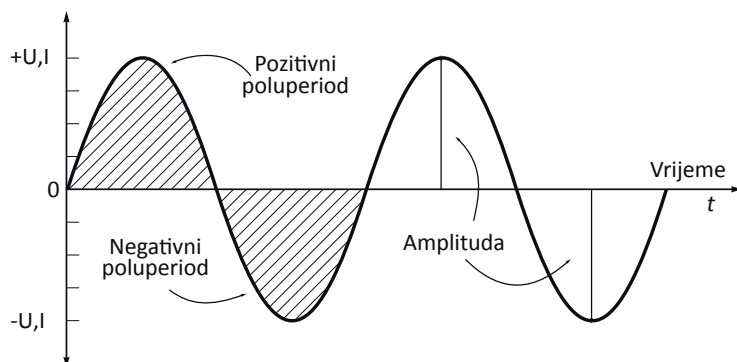
Tema 1

3.1. Električna, elektromagnetska i radijska teorija

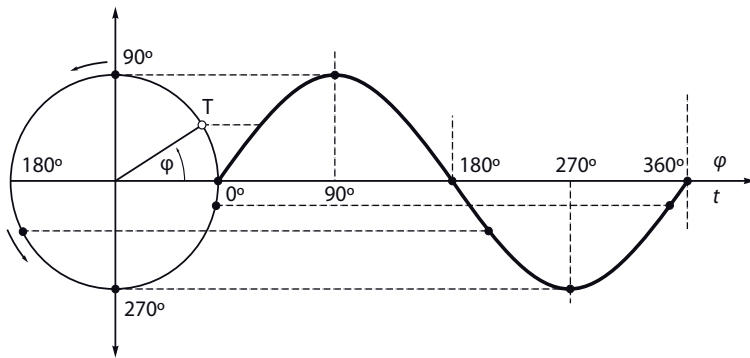
3.1.1. Sinusoidalni signali (grafički prikaz u vremenu, frekvencija)

Svi znamo za sinusoidu. Ona se smatra savršenom krivuljom zato što se ne može dalje rastavljati na neke još jednostavnije krivulje, a sve druge, manje pravilne krivulje mogu rastaviti na određen broj sinusoida. Sinusoidu vidimo na slici 1/1. (prema časopisu HRS).

Ona ima dvije polovice, dva poluperioda: nazovimo ih pozitivnim i

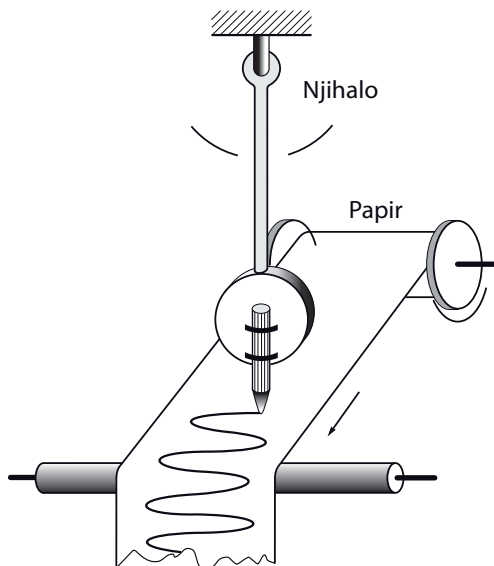


Slika 1/1

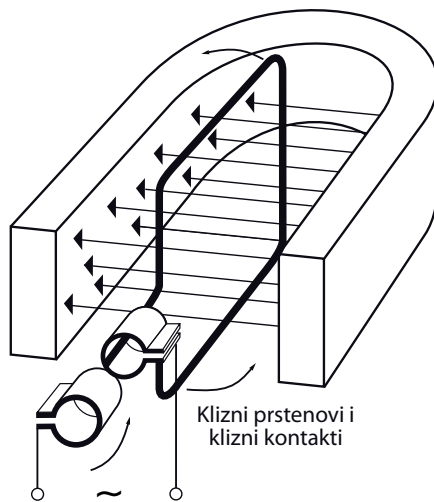


Slika 1/2

nom smjeru. Pravilna sinusoida može se dobiti na tri načina: matematički, fizikalno i elektromagnetskom indukcijom. Matematički način ne traži nikakvih sprava, osim geometrijskog pribora (sl. 1/2).



Slika 1/3



Slika 1/4

negativnim. Vodoravna crta (apscisa) t prikazuje vrijeme (latinski "tempus") i nalazi se na nultoj razini napona ili struje. Razmak između apscise i vrha poluperioda na jednu ili na drugu stranu zovemo **amplituda** (ili razmah). Ona nam prikazuje najveću trenutačnu vrijednost nekog izmjeničnog napona ili struje - bilo u pozitivnom, bilo u negativ-

Zamislimo da se točka T jednolično kreće po obodu kružnice. Ako sada, prateći vrijeme, projiciramo trenutačni položaj te točke iznad ili ispod vremenske osi t , točku po točku, i te točke međusobno povežemo, dobit ćemo sinusoidu. Danas možemo nacrtati sinusoidu i tako da njezin matematički izraz upišemo u neki računalni program za crtanje, što je lakše i elegantnije.

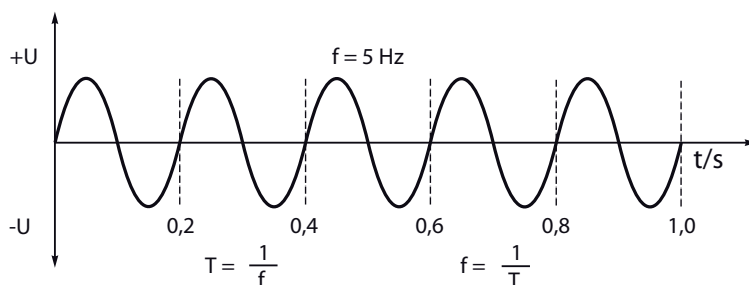
Sljedeći način je fizikalni, zapravo mehanički (sl. 1/3.). Ispod njihalna, koje se slobodno njiše, nalazi se papir koji se jednolično kreće, a olovka pričvršćena za njihalno crta krivulju - sinusoidu. Treći je način elektromagnetskom indukcijom (sl. 1/4.).

Ako se zavoj žice jednolično okreće u magnetskom polju između polova magneta, na krajevima tog zavoja javit će se promjenljivi električni napon koji se mijenja u obliku sinusoida. Tu sinusoidu možemo promatrati na ekranu instrumenta koji se zove **osciloskop**. Sinusoida je vrlo prikladna za prikazivanje i

izračunavanje izmjeničnih napona i struja.

Osim amplitude, najvažnija brojka koja opisuje neku sinusoidu jest njezina **frekvencija**. To je broj titraja u jednoj sekundi. (Dva poluvala čine cijelu sinusoidu ili jedan titraj odnosno period.) Frekvencija se

mjeri jedinicom koja se zove **herc** u čast fizičara koji je otkrio radiovalove - Heinricha Hertza. Znak za herc je **Hz**. Jedan herc je jedan titraj u sekundi. Veća jedinica je kiloherc (kHz), tj. 1000 Hz, a još veća je megaherc (MHz), tj. milijun titraja u sekundi. Slijedi gigaherc (GHz), a to je milijardu herca. Slika 1/5. grafički prikazuje frekvenciju od 5 Hz, tj. 5 titraja u jednoj sekundi.



Slika 1/5

Na primjer, frekvencija izmjenične struje naše gradske mreže iznosi 50 Hz (u Americi 60 Hz). Trajanje jedne sinusoide zove se **period**. Što je frekvencija veća, period je kraći - i obratno. Trajanje perioda T (u sekundama) lako ćemo izračunati iz frekvencije jer su oni recipročni:

$$\text{period } T = \frac{1}{f} ;$$

i obratno

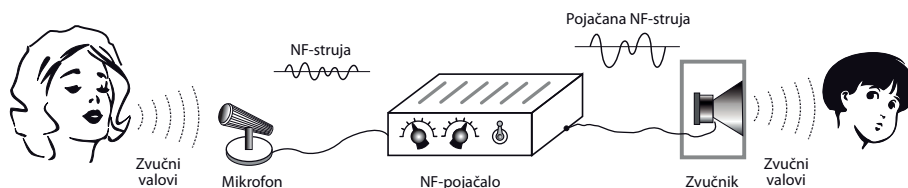
$$\text{frekvencija } f = \frac{1}{T}$$

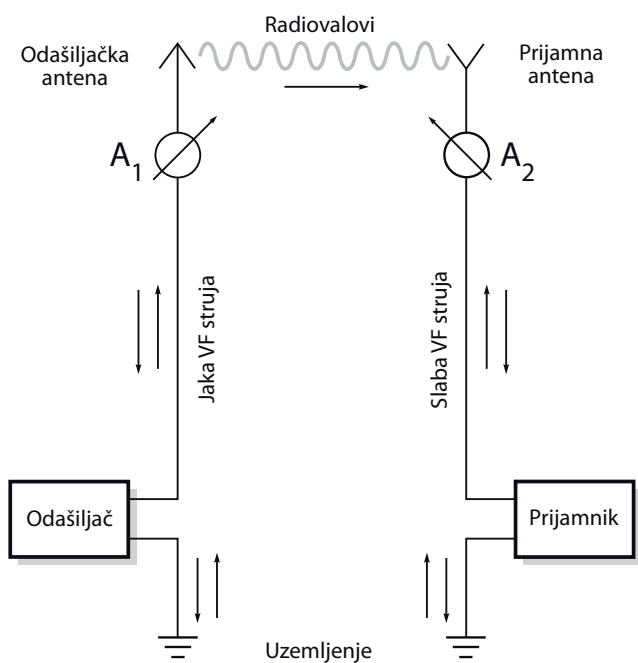
Na primjer, frekvencija na slici 1.5. iznosi 5 Hz. Period jedne sinusoide stoga iznosi $1/5 = 0,2$ sekunde.

U radiotehnici frekvencije se razvrstavaju na **niske (NF)** i **visoke (VF)**. U međunarodnoj literaturi naći ćemo i kratice AF (audiofrekvencija) za niske, i RF (radiofrekvencija) za visoke frekvencije. Niske frekvencije su one koje, pretvorene u titranje zraka, možemo čuti (govor i glazba). Fiziološki, to su frekvencije od 16 Hz (vrlo dubok ton), do 20 kHz (vrlo visok piskut). Za razumljiv prijenos govora dovoljan je prijenos niskih frekvencija između 300 Hz i 3 kHz. Naprava koja zvučne titraje pretvara u električne zove se **mikrofon** (sl. 1/6.). Slabi NF titraji iz mikrofona vode se u niskofrekvencijsko ili audio pojačalo, a iz njega u zvučnik, koji s pomoću svoje membrane pojačanu NF struju pretvara nazad u zvučne titraje.

Slika 1/6

U praksi zovemo frekvencije koje su više od niskih visokim frekvencijama. One se protežu





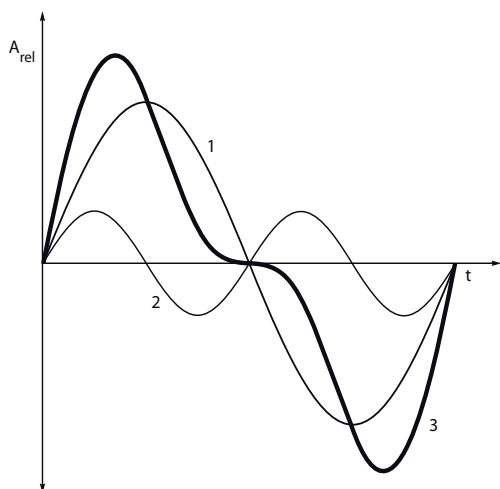
Slika 1/7

od 20 kHz pa sve do 300 GHz. Te su nam frekvencije važne zato što se mogu pretvoriti u radiovalove i bežično prenositi na udaljenost. (Teorijski, to se može učiniti i s niskim frekvencijama, ali bi za to trebale antene dugačke stotinu i više kilometara.) Visoke frekvencije, dovedene u odgovarajuću **odašiljačku antenu** uzrokovat će to da ona oko sebe širi radiovalove te iste frekvencije. Kada oni stignu do **prijamne antene**, u njoj nastaje obratan proces: radiovalovi se pretvaraju opet u visokofrekventnu istruju iste frekvencije (sl. 1/7.). Uobičajeno je tom prilikom reći da smo primili VF signal.

Ako jednoga dana sami načinite svoj odašiljač, nazovimo ga QRP (to je kratica za odašiljače male snage - do 10 W), prije dobivanja dozvole za rad on će se morati atestirati (tj. provjeriti) u Hrvatskom radioamaterskom savezu koji će vam izdati potvrdu da je uređaj ispravan. Što će se tamo provjeravati? Prvo, je li frekvencija vašega odašiljača stabilna, tj. da ne "šeće" po frekvencijskom području, nego da je čvrsto "ukopana" tamo gdje ste je namjestili. Drugo, još važnije, provjeravat će se jesu li harmoničke frekvencije vašega odašiljača (i druge moguće smetnje) dovoljno oslabljene. Što to znači? Već smo rekli da se izobličena sinusoida može rastaviti na veći broj neizobličenih sinusoida (sl. 1/8.).

To su tzv. harmoničke frekvencije i one su uvijek **cjelobrojni umnožak** osnovne frekvencije. Prema tome, ako vaš odašiljač radi na frekvenciji od 7 MHz, njegova druga harmonička frekvencija (ili drugi harmonik) javit će

Slika 1/8



se na 14 MHz, treća - na 21 MHz, četvrta na 28 MHz, itd. A to su sasvim druga područja na kratkim valovima gdje vi smetate drugima. Vaš odašiljač smije se čuti samo na jednome mjestu, na jednoj frekvenciji, a ne na više njih. U članku 22. "Pravilnika o amaterskim radijskim komunikacijama" među ostalim stoji: "**Sporedne emisije moraju se smanjiti na najmanju moguću mjeru. Za srednju snagu do 25 W sporedne emisije ne smiju biti veće od 2,5 mW (milivata)...**", tj. moraju biti barem deset tisuća puta slabije od snage odašiljača na osnovnoj frekvenciji (-40 dB). Kada tih izobličenja izlazne sinusoidalne struje ne bi bilo, ne bi bilo niti neželjenih harmoničkih frekvencija. (Inače, sporedne emisije nisu samo harmonici, nego i druga neželjena zračenja koja

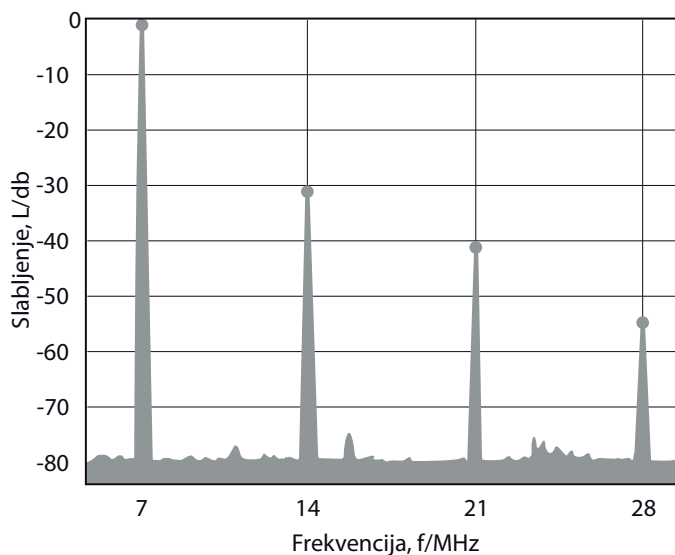
eventualno zrači naš odašiljač.) One se najčešće uklanjaju tzv. **niskopropusnim filtrom** (engleski “*low-pass filter*”, LPF), u kojemu se nalaze zavojnice i kondenzatori. On propušta samo osnovnu frekvenciju i “guši” više, tj. harmoničke frekvencije. Kontrola harmoničkih i ostalih sporednih emisija obavlja se preko velikog ekrana na instrumentu koji se zove **analizator spektra** (sl. 1/9.).

U ovoj temi naučili smo i objasnili 14 temeljnih pojmova iz elektrotehnike, elektronike i radiotehnike. To su:

- sinusoida
- amplituda
- frekvencija
- period (T)
- herc (Hz)
- megaherc (MHz)
- gigaherc (GHz)
- niske frekvencije (NF; a.f.)
- visoke frekvencije (VF; r.f.)

- odašiljačka antena
- prijamna antena
- harmoničke frekvencije
- sporedne emisije
- niskopropusni filtar (LPF).

Spomenuli smo i dva mjerna instrumenta: osciloskop i analizator spektra.

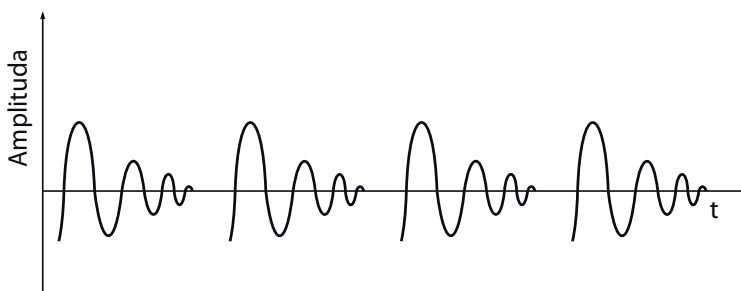


Slika 1/9

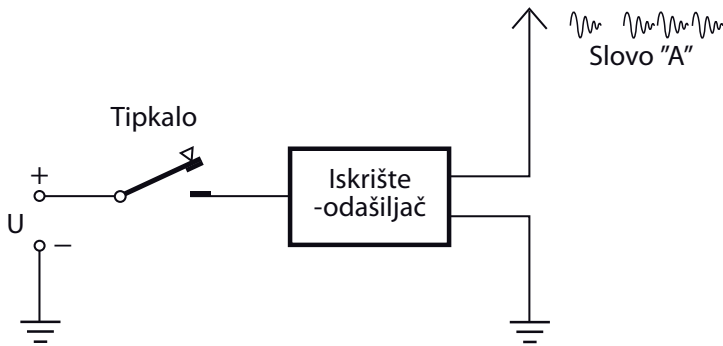
Tema 2

3.1.2. Modulirani signali (osnovno poznavanje značajki amplitudne i frekvencijske modulacije)

Heinrich Hertz nije pridavao veću važnost svome otkriću iz 1886. godine - radiovalovima, jer je smatrao da ono ne može imati neku praktičnu primjenu. Prve eksperimente radiovalovima izveli su na kraju 19. stoljeća, svaki na svoj način, Nikola Tesla, Guglielmo Marconi i Aleksandar Popov. Postojanje radiovalova, teorijski i matematički, predvidio je već prije toga škotski fizičar i matematičar James Clerk Maxwell u svojim čuvenim jednadžbama iz 1873. godine.



Slika 2/1.

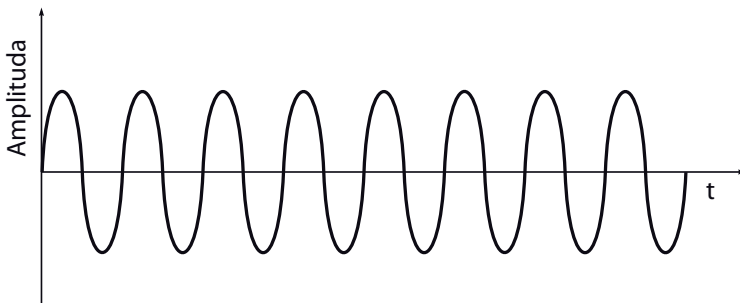


Slika 2/2.

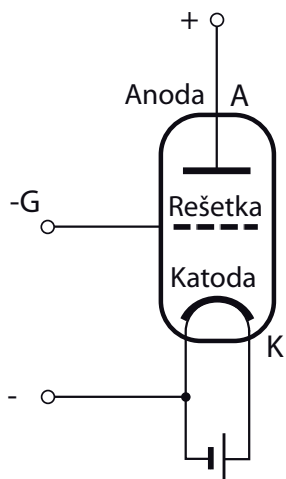
mogla poslati bili su Morseovi znakovi preuzeti od žičanog telegrafa: telegrafsko tipkalo bilo je uključeno u vod električnog napajanja odašiljača i njime su se oblikovali Morseovi znakovi, tzv. "crte" i "točke" (sl. 2/2.).

Prijamnik je u sebi imao *koherer* - staklenu cijev s metalnom strugotinom koja bi postala vodljiva kada u nju stignu struje iz antene, pa se tada iz posebne baterije aktiviralo zvonce. *Koherer* nije imao nikakvo pojačanje - služio se isključivo energijom koju je dobio iz antene. Ako su signali bili preslabi, on nije reagirao. Postizanje većeg dometa zato se tražilo u što snažnijim odašiljačima.

Slika 2/3.



Slika 2/4.



modernije radiotehnike. Elektronska cijev trioda također je omogućila konstrukciju prijamnika s relativno velikim pojačanjem i dobrom selektivnošću (tzv. **audion**), a ona je postala i **oscilator**, tj. izvor neprigušenih električnih VF titraja, pa tako i radiovalova. (Prije toga neprigušeni radiovalovi mogli su se proizvoditi tzv. Poulsenovim odašiljačem s električnim lukom.) Neprigušeni valovi traju jednolično bez prekida i imaju uvijek jednaku amplitudu (sl. 2/3.). (Elektronsku su cijev oko sredine prošlog stoljeća uglavnom zamijenili tranzistori.)

Zbog sukoba oko patentnih prava na izum pozitivne povratne sprege s drugim važnim izumiteljem Edwinom Armstrongom, umjesto da zarađuje, Lee de Forest se veći dio svoga života povlačio po sudovima i pritom trošio svoju imovinu plaćajući skupe odvjetnike. On je načinio triodu tako što je između katode i anode elektronske cijevi diode ugradio rešetku (ili mrežicu) kojom je mogao utjecati na

Električna iskra izvor je radiovalova - i to **prigušenih radiovalova** (sl. 2/1.) Oni nas podsjećaju na trzanje tamburice: čim žica proizvede zvuk, on odmah oslabi, pa ga treba ponoviti. Prvi odašiljači bili su snažna električna iskrišta, na čije krajeve su se priključivali antena i uzemljenje. (Danas je iskrenje smetnja.) Jedina informacija koja se tako

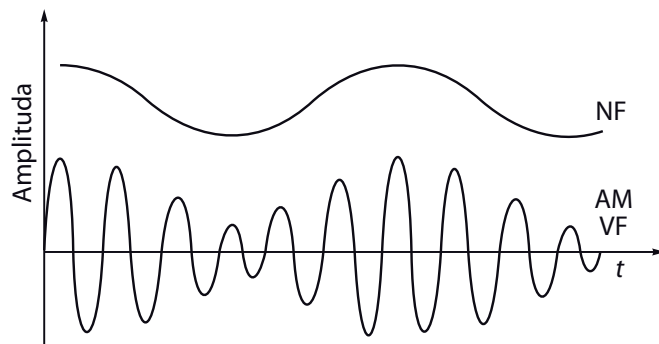
Tek poslije izuma elektronske cijevi **diode** (Englez John Fleming, 1905.) i na njezinoj osnovi konstrukcijom **triode** kao pojačala (Amerikanac Lee de Forest, 1907.), otvoreno je razdoblje elektronike i

struju u cijevi (sl. 2/4.). On je 1910. godine prvi put u povijesti ostvario radioprijenos jednog događaja uživo - bio je to glas Enrica Carusa iz Metropolitan opere u New Yorku.

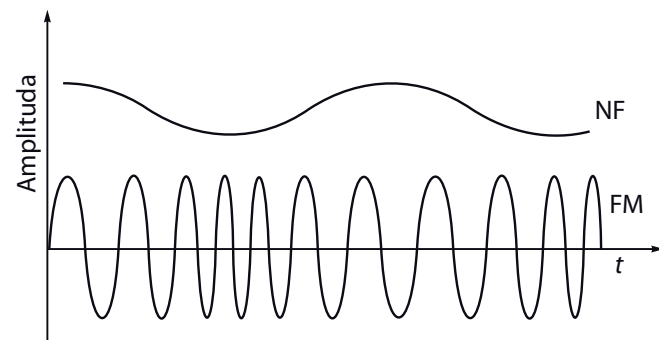
Kako je bio riješen bežični prijenos zvuka? Postupkom koji se zove **amplitudna modulacija** (sl. 2/5.). Na slici vidimo prikazanu nisku frekvenciju, koju treba prenijeti do slušatelja, kao i visoku frekvenciju, koja u obliku radiovalova stiže do njih. Modulacija (tj. oblikovanje) sastoji se u tome da se amplituda visoke frekvencije, tzv. **vala nositelja**, mijenja u ritmu niske frekvencije. U prijammniku se primjenjuje suprotan postupak, tj. niska frekvencija se "skida" s vala nositelja i vodi u slušalice ili u zvučnik. To je tzv. demodulacija ili detekcija (otkrivanje). Amplitudna modulacija održala se cijelo stoljeće sve do danas. Sve javne radijske postaje na dugom, srednjem i kratkom valu još su i danas amplitudno modulirane, tako da Amerikanci srednjovalno područje umjesto MW (*middle waves*) označuju AM.

Druga, nešto suvremenija vrsta modulacije je **frekvencijska modulacija** (FM). Izumio ju je Amerikanac Edwin Armstrong 1933. godine. Kod nje se amplituda VF signala ne mijenja, ali se mijenja frekvencija vala nositelja oko neke srednje vrijednosti, lijevo i desno, u ritmu niske frekvencije (sl. 2/6.).

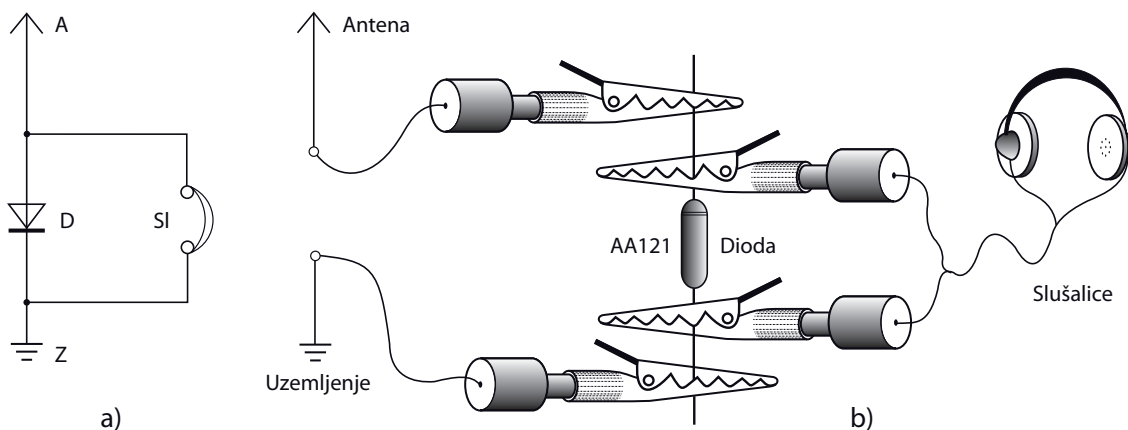
To "šetanje" lijevo i desno zove se **devijacija**. FM se uglavnom primjenjuje na UKV području jer zauzima nešto veću širinu frekvencijskog pojasa.



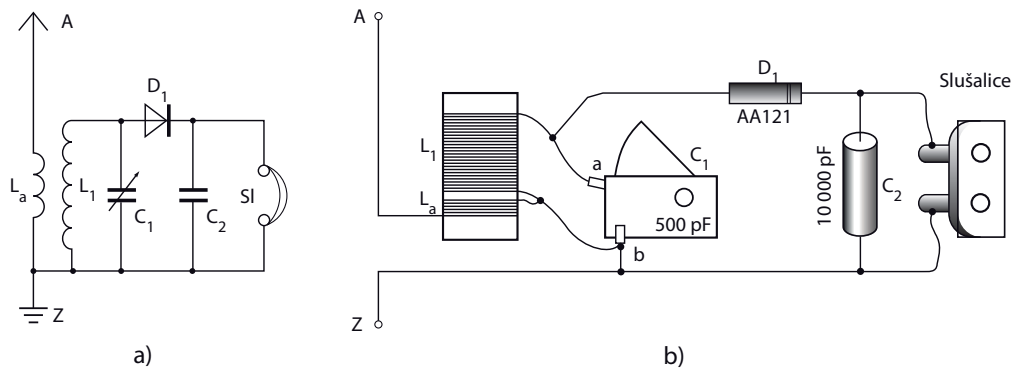
Slika 2/5.



Slika 2/6.



Slika 2/7.



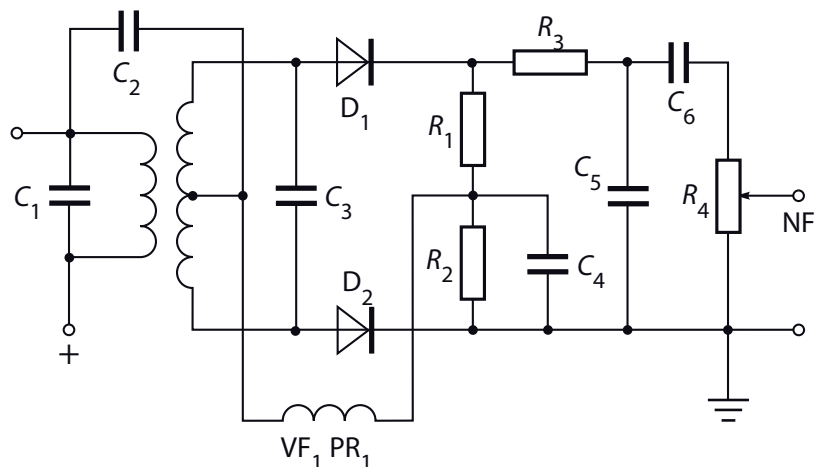
Slika 2/8.

Njezina je prednost veća kvaliteta zvuka i manja osjetljivost na smetnje. a radioamateri gotovo više i ne rabe amplitudnu modulaciju, frekvencijska modulacija je vrlo česta na UKV radioamaterskim područjima. (Oznaka FM na koncertnom prijamniku označuje radiodifuzijsko područje od 88 do 108 MHz.)

Amplitudnu modulaciju vrlo je lako demodulirati. Dovoljna je jedna poluvodička dioda, jer ona propušta struju samo u jednom smjeru; električni ventil, pa možemo uz dobru antenu u slušalicama čuti program lokalne radijske postaje (sl. 2/7.).

U počecima radija najpopularniji i najjednostavniji prijamnik bio je **detektor** (sl. 2/8.).

Frekvencijsku modulaciju nešto je teže demodulirati. Ona se mora najprije pretvoriti u amplitudnu modulaciju i tek zatim demodulirati. Najpoznatija su dva spoja koji to čine: diskriminator i ratiodetektor (sl. 2/9.). Na slici je diskriminator.



Slika 2/9.

U ovoj temi upoznali smo sljedeće pojmove:

- prigušene oscilacije (odn. radiovalove)
- neprigušene oscilacije (odn. radiovalove)
- elektronsku cijev diodu
- elektronsku cijev triodu
- oscilator

- amplitudnu modulaciju (AM)
- val nositelj (noseću frekvenciju)
- demodulaciju
- detektor
- frekvencijsku modulaciju (FM)
- devijaciju
- diskriminator
- ratiodetektor.

Tema 3

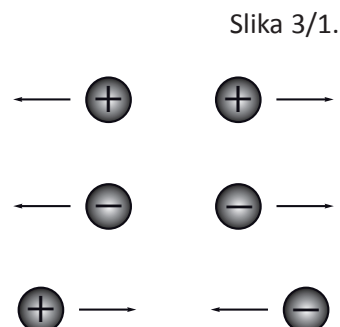
3.1.3. Snaga i energija (matematički odnosi napona, struje i otpora)

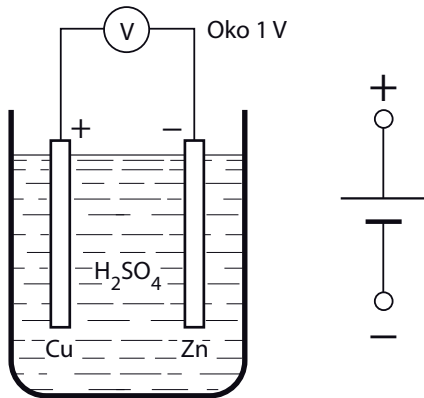
“Nitko ne može biti prorok u svome selu”, kaže narodna poslovice. Kada je njemački matematičar i fizičar Georg Om (1789. - 1854.), 1826. godine objavio svoj čuveni zakon, bio je u tadašnjim njemačkim znanstvenim krugovima dočekan s omalovažavanjem i gotovo s porugom. Naime, on je svoju teoriju električne struje temeljito matematizirao, što u ono vrijeme nije bio običaj (a nije još bilo ni električnih jedinica). Tek kada je Englesko kraljevsko društvo 1842. godine prihvatilo njegovu teoriju, on ostvaruje svoj životni san i postaje sveučilišnim profesorom. Nažalost, umro je poslije samo dvije godine.

Danas znamo da je električna struja protok električnih čestica kroz neki vodič. Najčešće su to slobodni elektroni, ali kada se radi o tekućinama ili plinovima, to mogu biti i pozitivni ili negativni ioni. **Vodiči** su svi metali (srebro, bakar, aluminij, željezo itd.), a nevodiči, tj. **izolatori**, nemetali (papir, plastika, staklo, keramika, bakelit itd.). Danas imamo i **poluvodiče**: to su proizvodi od germanija ili silicija koji pod određenim uvjetima vode struju samo u jednom smjeru.

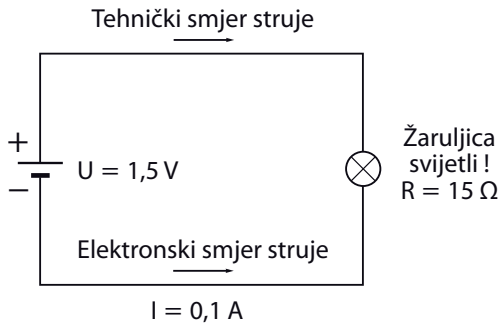
Elektroni imaju negativan električni naboj. U elektrotehnici vlada sljedeće pravilo: Istoimene električne čestice se međusobno odbijaju, a raznoimene se privlače (sl. 3/1.).

Kemijski izvor električne struje zove se električni ili galvanski članak (prema Luigiju Galvaniju, 1737.-1798.). U osnovi on se sastoji od posude u kojoj se nalazi razblažena kiselina ili lužina koju nazivamo **elektrolitom**. U posudu su uronjena i dva različita metala koje nazivamo **elektrodama**: bakar, cink, nikal, olovo itd. (sl. 3/2.). Voltmetrom možemo ustanoviti da između njih postoji određeni električni napon od oko 1 V.





Slika 3/2.



Slika 3/3.

Npr. kombinacija bakra i cinka u razblaženoj sumpornoj kiselini dat će napon od 1,1 V (Voltin članak). Za takav izvor električne struje često kažemo “baterija”, iako takav naziv nije uvijek točan, jer baterija nastaje kada nekoliko članaka povežemo zajedno. Na slici 3.2. vidimo i simbol za električni članak: dulja crta označuje plus-pol, a kraća minus-pol. Ako između polova spojimo žaruljicu, ona će svijetliti zbog prolaza električne struje kroz njezinu žarnu nit (sl. 3/3.).

Sila koja tjera električnu struju kroz taj **strujni krug** zove se **elektromotorna sila** (EMS). Ona je rezultat međusobnog odbijanja elektrona u negativnom polu električnog članka. Ta gustoća električnog naboja zove se električni potencijal. **Električni napon** definira se kao razlika potencijala između dvije točke, tj. između plus-pola i minus-pola. Za mjerenje elektromotorne sile i napona služi ista jedinica - volt jer se u biti radi o istoj pojavi. Danas znamo da se struja elektrona kreće od minus-pola (gdje je “višak” elektrona) prema plus-polu (gdje je “manjak” elektrona). To je tzv. **elektronski smjer** struje. U 19. stoljeću smatralo se da se električna struja kreće od plus-pola prema minus-polu. To je tzv. **tehnički smjer** struje, koji je još uvijek u službenoj uporabi. Prema tome, kada crtamo električne krugove, kao smjer struje označit ćemo onaj od plusa prema minusu. To u praksi ne smeta i više je stvar tradicije u elektrotehnici.

Svaki vodič pruža određeni otpor prolazu električne struje. Taj otpor mjeri se jedinicom koja je nazvana **om** (čitaj “om”) i označuje se grčkim slovom “omega”: Ω . (Ako nemamo tog znaka, napisat ćemo “om”). Georg Om logično je shvatio i pokusima dokazao sljedeće: što je napon veći, bit će veća i struja, a što je otpor u strujnome krugu veći, struja će biti manja. Prema tome, rezultirajuća struja bit će “kompromis” (ravnoteža) između napona i otpora u strujnome krugu. Matematički to se izražava ovako:

$$\text{struja (A)} = \frac{\text{napon (V)}}{\text{otpor } (\Omega)}$$

To je osnovni oblik Omova zakona. Jedinica za struju je amper (A). Kako se napon označuje slovom U , otpor slovom R , a struja slovom I , ta formula zapravo izgleda ovako:

$$I_{(A)} = \frac{U_{(V)}}{R_{(\Omega)}}$$

Prema tome, svaki strujni krug obilježen je trima veličinama: naponom, strujom i otporom. Ako znamo dvije veličine, lako ćemo izračunati treću; treba samo preurediti gornji izraz. U tu svrhu radioamateri se često služe tzv. "mnemotehničkim trokutom za lakše pamćenje".



Ono što tražimo pokrit ćemo prstom. Ostatak nam kazuje kako računati.

Prema tome:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$R = \frac{U}{I}$$

$$U = I \times R.$$

Ova tri oblika Omova zakona moramo znati i "ako nas probude u pola noći".

Primjeri:

1) $U = 10 \text{ V}$

$R = 5 \Omega$

$I = ?$

$$I = \frac{U}{R} =$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{10 \text{ V}}{5 \Omega} = 2 \text{ A}$$

2) $U = 24 \text{ V}$

$I = 8 \text{ A}$

$R = ?$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{24 \text{ V}}{8 \text{ A}} = 3 \Omega$$

3) $I = 3 \text{ A}$

$R = 7 \Omega$

$U = ?$

$U = I \times R, U = 3 \text{ A} \times 7 \Omega = 21 \text{ V}$

U praksi se rabe i veće jedinice od oma. To su $\text{k}\Omega$ i $\text{M}\Omega$. Prema izvedeni-

cama iz grčkog jezika 1 kiloom je 1000 oma, a 1 megaom je 1 000 000 oma. Kada računamo, najsigurniji ćemo biti ako uvijek računamo u osnovnoj jedinici - omu. Zato prije računanja treba kiloome ili megao-me pomnožiti s tisuću odnosno milijun; npr. $2,2 \text{ k}\Omega = 2200 \Omega$, $1,5 \text{ M}\Omega = 1 500 000 \Omega$. To isto vrijedi i za kilovolte (kV) i megavolte (MV), kao i za miliampere (mA) i mikroampere (μA) - vidi tablicu 1.

Tablica 1

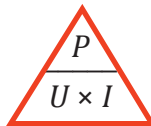
| Pojam | Osnovna jedinica i njezin znak | Izvedene jedinice |
|--------|--------------------------------|---|
| NAPON | VOLT (V) | $\text{kV} = 1000 \text{ V} = 10^3 \text{ V}$ $\text{MV} = 1000000 \text{ V} = 10^6 \text{ V}$ |
| STRUJA | AMPER (A) | $\text{mA} = 1/1000 \text{ A} = 10^{-3} \text{ A}$ $\mu\text{A} = 1/1000000 \text{ A} = 10^{-6} \text{ A}$ |
| OTPOR | OM (Ω) | $\text{k}\Omega = 1000 \Omega = 10^3 \Omega$ $\text{M}\Omega = 1000000 \Omega = 10^6 \Omega$ |

Snaga je općenito sposobnost obavljanja neke radnje; u elektroteh-

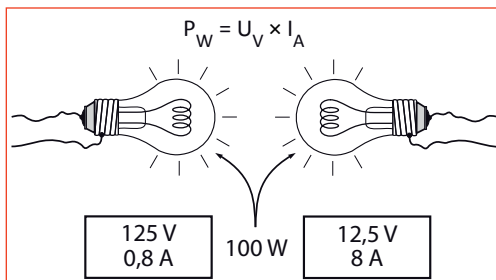
nici to je umnožak napona i struje (P), a izražava se u **vatima** (W):

$$P = U \times I$$

Vat je jedinica za električnu snagu prema engleskom izumitelju Jamesu Wattu (1736. - 1819.). Električna snaga označuje se velikim slovom P (prema engleskom *power*, snaga). Analogno drugim izvedenim jedinicama u uporabi je i kilovat (kW) i megavat (MW). Znakovi veličina pišu se *kurzivom*, a znakovi jedinica pišu se uspravnim slovima. Prema tome, uobičajeni "mnemotehnički trokut za lakše pamćenje" za snagu izgleda ovako:



Na slici 4/1. vidimo dvije žarulje. Lijeva od njih izrađena je za napon od 125 V i troši struju od 0,8 A. Desna od njih predviđena je za napon od 12,5 V i struju od 8 A. I jedna i druga imaju snagu od 100 W jer je $125 \text{ V} \times 0,8 \text{ A} = 12,5 \text{ V} \times 8 \text{ A} = 100 \text{ W}$.



Slika 4/1.

Rad je utrošena energija. Energija je primjena sile u nekom vremenu, dakle umnožak snage i vremena.:

$$W = P \times t$$

Znak W je skraćeno od engleske riječi *work*, rad, ali u uporabi je tako-

đer i A prema njemačkome *Arbeit*. Neka nas ne buni znak za rad (W) od znaka za snagu vat (W). Prvi je napisan kurzivom, a drugi uspravno. Osnovna jedinica za energiju je vatssekunda (Ws). Kako jedan sat ima 3600 sekunda, a kilovat 1000 vata, najčešća izvedena jedinica za energiju - kilovatsat (kWh) ima 3 600 000 Ws (vatsekunda). Trokut za pamćenje izgleda ovako:



Energija (W): Ws ili kWh

Snaga (P): W ili kW

Vrijeme (t): s (sekunda) ili h (sat)

Svaka se vrsta energije prije ili poslije pretvara u toplinu. U Međunarodnome sustavu jedinica (SI) umjesto nekadašnje kalorije danas imamo jedinicu *joule* (J) - čitaj džul. Jedan džul je točno jedna vatssekunda (Ws), tako da su preračunavanja vrlo jednostavna: $1 \text{ Ws} = 1 \text{ J}$.

Na kraju napomenimo i to da gornji račun za snagu i energiju vrijedi samo za istosmjernu struju. Kada se radi o izmjeničnoj struji, u račun još ulazi i fazni pomak između napona i struje, pa za izračun treba Pitagorin poučak ili trigonometrijski račun.

U ovoj temi upoznali smo sljedeće pojmove:

- elektromotornu silu (EMS)
- negativni naboj
- pozitivni naboj
- vodiče
- izolatori
- električnu struju (amper)
- električni napon (volt)

- električni otpor (Ω)
- tehnički smjer struje
- elektronski smjer struje
- kilo (k) = tisuću
- mega (M) = milijun
- mili (m) = jedna tisućnina
- mikro (μ) = jedna milijuntina
- električni ili galvanski članak
- elektrolit
- snagu (P)
- jedinicu za snagu vat (W)
- energiju ili rad (W)
- jedinicu za energiju (Ws, kWh).

Tema 4

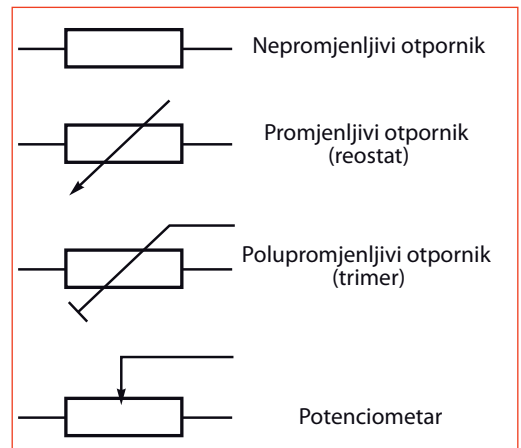
3.2. Komponente

3.2.1. Otpornik (fizikalna svojstva, serijski i paralelni spoj otpornika)

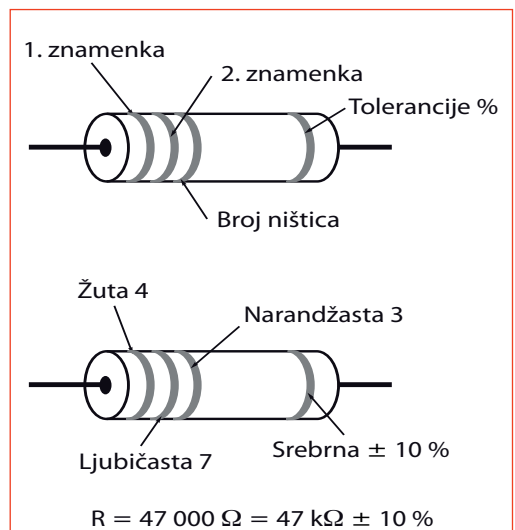
Otpornik je najčešća komponenta u elektroničkim spojevima. Kao što sama riječ kaže, on pruža otpor prolazu električne struje. Njegov opći znak je R i on je sastavni dio Ohmovog zakona. Prvi otpornici izrađivali su se od otporne žice (kromnikla, kantala) namotane na keramičku cijev. Danas se češće rade od ugljene mase, pa čak i od tankih metalnih slojeva. Simbol za otpornik u Europi je pravokutnik, a u američkim shemama cik-cak linija (sl. 4/2).

Danas se vrijednosti otpornika najčešće označuju krugovima u boji na njihovu tijelu koja se teško briše. Tablica 2 prikazuje taj sustav. Radioamateri ga znaju napamet. Prva dva kruga označuju prvu i drugu znamenku, a treći krug označuje broj ništica (sl. 4/3.).

Na desnom kraju otpornika nalazi se i nešto udaljeniji četvrti krug. On označuje toleranciju, tj. točnost napisane vrijednosti. To su najčešće srebrna i zlatna boja. Srebrna boja znači moguće odstupanje za $\pm 10\%$, a zlatna $\pm 5\%$ od označene vrijednosti. Prema tome, ako na otporniku piše $100 \Omega \pm 10\%$, on može imati između 90 i 110Ω . Naime, smatra se da se moguće odstupanje od $\pm 10\%$ u većini slučajeva neće ugroziti ispravnost rada uređaja u koji je otpornik ugrađen. Stvarne vrijednosti otpornika u okviru njihove tolerancije "dodiruju" se. To je tzv. Renardov niz. Npr.



Slika 4/2



Slika 4/3

10%-tni niz ima 12 vrijednosti (tzv. niz E-12). Njihove srednje vrijednosti jesu: 1 - 1,2 - 1,5 - 1,8 - 2,2 - 2,7 - 3,3 - 3,9 - 4,7 - 5,6 - 6,8 - 8,2. Te vrijednosti sada možemo množiti s 10, 100, 1000 itd. Npr. ako trebamo otpornik od 2000 Ω , uzet ćemo najbližu vrijednost, dakle onaj od 1800 ili 2200 Ω . Ako nam je pak potrebna točnija vrijednost, možemo prijeći na 5%-tni niz, pa čak i na 1%-tni niz. Ti nizovi mogu imati i veći broj krugova u boji na tijelu otpornika - 5 ili 6.

Tablica 2

| Boja | Vrijednost |
|------------|------------------|
| Smeđa | 1 |
| Crvena | 2 |
| Narančasta | 3 |
| Žuta | 4 |
| Zelena | 5 |
| Modra | 6 |
| Ljubičasta | 7 |
| Siva | 8 |
| Bijela | 9 |
| Crna | 0 |
| Srebrna | toler. \pm 10% |
| Zlatna | toler. \pm 5% |

Pri izboru otpornika valja pripaziti i na njegovu **snagu**. Kako smo već rekli, to je umnožak napona i struje kojima će biti opterećen. Sva električna energija u otporniku pretvara se u toplinu. Zato takve "čiste" otpornike nazivamo omskima ili termogenima. Danas se u elektroničkim uređajima najčešće rabe otpornici snage 1/4 ili 1/8 W. Preopterećeni otpornik najprije će se zagrijati, a zatim izgorjeti. Da se to ne dogodi, uzet ćemo nešto jači otpornik.

Serijski i paralelni spoj otpornika. Otpornike u strujnome krugu možemo spajati serijski ili paralelno (sl. 4/4.). Serijski vezani otpornici imaju ih po jednu zajedničku točku, a paralelno vezani imaju po dvije.

Kod serijski spojenih otpornika njihov otpor se zbraja: $R_{uk} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$ itd. Prema tome, ukupan otpor triju serijski spojenih otpornika u slici 4a je $8 \Omega + 3 \Omega + 5 \Omega = 16 \Omega$. Njih možemo i zamijeniti jednim otpornikom od 16 Ω .

Međutim, kod paralelno spojenih otpornika (sl. 4/4b) njihov ukupni otpor se smanjuje, jer sada više ne zbrajamo njihove otpore, nego **vodljivosti**. Vodljivost je pojam recipročan otporu: što je otpor manji, vodljivost je veća. Vodljivost se označuje slovom G i mjeri se **simensima** (S). Dakle:

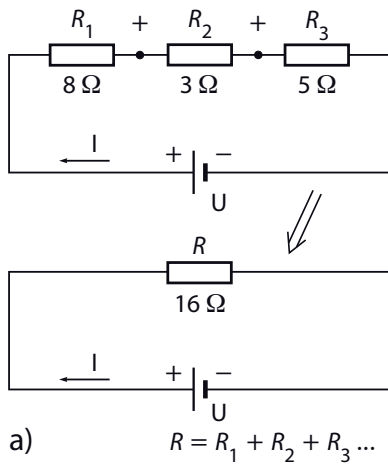
$$G = \frac{1}{R} ; R = \frac{1}{G} .$$

Otpornik od 2 Ω ima vodljivost od 0,5 S. Otpornik vodljivosti 0,2 S ima otpor od $1/0,2 \text{ S} = 5 \Omega$. (Praktični Amerikanci umjesto siemensia upotrebljavaju izraz *mho*, što je *om* čitano unazad.) Kako se kod paralelno spojenih otpornika prolaz električnoj struji "širi" i ukupna vodljivost povećava, možemo napisati:

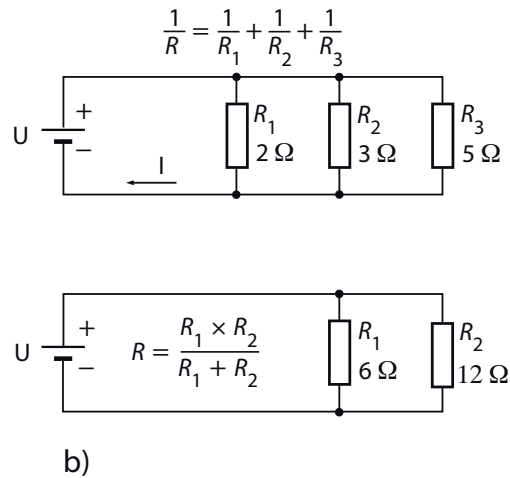
$$G_{uk} = G_1 + G_2 + G_3 \dots$$

Kako je $G = 1/R$, možemo također napisati:

$$\frac{1}{R_{uk}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots \text{ itd.}$$



Slika 4/4a



Slika 4/4b

To je opći izraz za sve paralelno spojene otpornike. Npr. kolik je zajednički otpor triju paralelno vezanih otpornika: $R_1=2\Omega$, $R_2=3\Omega$, $R_3=5\Omega$?

Rješenje:

$$\frac{1}{R_{\text{uk}}} = \frac{1}{2\Omega} + \frac{1}{3\Omega} + \frac{1}{5\Omega} =$$

$$= 0,5\text{ S} + 0,33\text{ S} + 0,2\text{ S} = 1,03\text{ S}$$

$$R_{\text{uk}} = \frac{1}{1,03\text{ S}} = 0,968\Omega.$$

Vidimo da je pri paralelnom spajanju otpornika ukupan otpor manji i od najmanjeg otpornika u toj skupini. Kada se radi o paralelnom spajanju **dvaju otpornika**, možemo primijeniti i lakši, izvedeni obrazac:

$$R_{\text{uk}} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}.$$

Npr. $R_1 = 6\Omega$, $R_2 = 12\Omega$.

Rješenje:

$$R_{\text{uk}} = \frac{6\Omega \times 12\Omega}{6\Omega + 12\Omega} = \frac{72\Omega^2}{18\Omega^2} = 4\Omega.$$

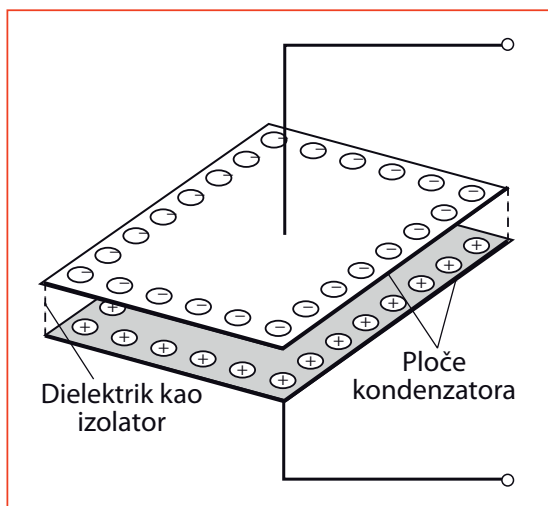
Možemo tako izračunati da dva jednaka, paralelno spojena otpornika daju polovicu svoje naznačene vrijednosti. Npr. ako nemamo otpornik od 50Ω , možemo uzeti dva komada od po 100Ω i spojiti ih paralelno. Provjerite!

U ovoj temi obrađeni su sljedeći pojmovi:

- otpornik
- označavanje otpornika bojama
- Renardov niz
- tolerancija otpornika
- vodljivost G
- serijski i paralelni spoj otpornika.

Tema 5

3.2.2. Kondenzator (fizikalna svojstva, paralelni i serijski spoj kondenzatora)



Slika 5/1

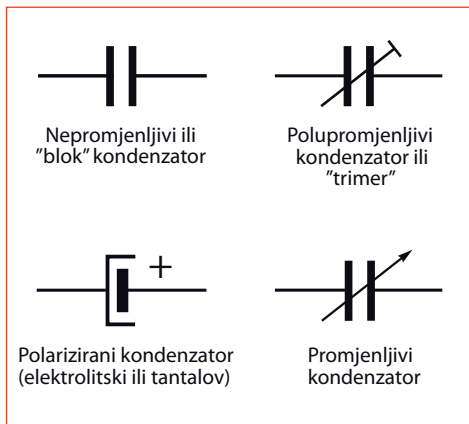
Poslije otpornika kondenzator je najčešća komponenta u elektroničkim sklopovima. Jedno od osnovnih svojstava kondenzatora jest njegova sposobnost da u sebi "uskladišti" određenu količinu elektriciteta (i da je malo kasnije vrati). Tu količinu elektriciteta zovemo "električnim nabojem" i označujemo slovom Q . Jedinica za električni naboj je **kulon** (C), prema francuskom fizičaru Charlesu Coulombu (1736. - 1806.). Količina elektriciteta od 1 kulona dobije se tako da struja jakosti 1 A puni neki kondenzator u trajanju od 1 sekunde. Dakle, 1 kulon = 1 amper-sekunda (As). To svojstvo kondenzatora da primi u sebe električni naboj jest **kapacitet** i označujemo ga slovom C (*kurziv!*).

Električni kapacitet kondenzatora mjeri se jedinicom *farad* (F), prema engleskom znanstveniku Michaelu Faradayu (1791. - 1867.).

Farad je vrlo velika jedinica, pa cijela kugla zemaljska ima tek 0,000710 F. Zato se u praksi rabi milijun puta manja jedinica - mikrofarad ($\mu\text{F} = 10^{-6}$ F), milijardu puta manja - nanofarad ($\text{nF} = 10^{-9}$ F) i bilijun puta manja jedinica - pikofarad ($\text{pF} = 10^{-12}$ F). U svom osnovnom obliku kondenzator se sastoji od dvije metalne ploče postavljene jedna nasuprot drugoj, između kojih se nalazi zrak (ili vakuum) kao izolator. To je pločasti kondenzator - slika 5/1.

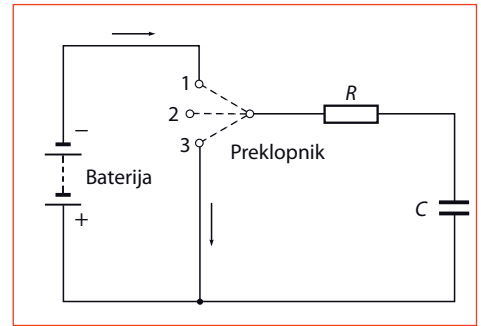
Taj izolator između ploča ima posebno ime i zove se **dielektrik**. Kapacitet kondenzatora bit će to veći što je veća površina ploča, što je manji razmak između njih, i što ima učinkovitiji dielektrik kao izolator - npr. teflon (2,1), polietilen (2,3), polistirol (2,6), bakelit (5), tinjac (5,4), mikaleks (7,4) itd. Broj u zagradi označuje za koliko će se puta povećati kapacitet kondenzatora ako taj dielektrik stavimo umjesto zraka. To je **relativna dielektričnost** (zastario naziv *relativna dielektrička konstanta*).

Slika 5/2



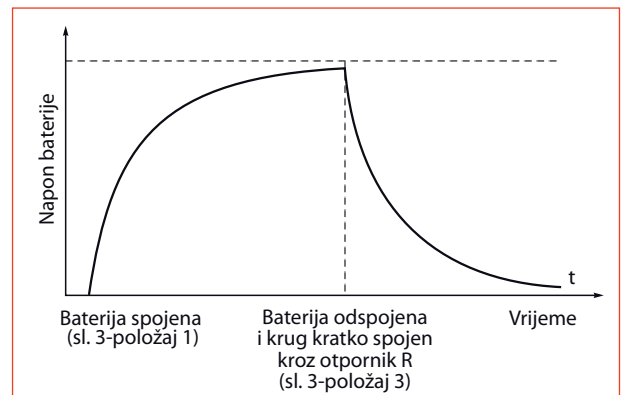
Simboli za kondenzatore prikazani su na slici 5/2. Moramo pripaziti i na dopušteni radni napon koji je naznačen na tijelu kondenzatora. Ako je taj napon veći od naznačenoga, može doći do proboja dielektrika.

Bez vanjskog utjecaja gustoća je slobodnih elektrona na pločama kondenzatora jednaka, pa između njih ne postoji nikakav električni napon (sl. 5/1.). Međutim, ako između ploča spojimo bateriju, u vodičima do kondenzatora kratkotrajno će poteći električna struja. Kako je električna struja zapravo kretanje elektrona, na jednoj ploči pojavit će se višak, a na drugoj manjak elektrona (sl. 5/3, položaj preklopnika 1). Kako elektroni nose negativni elektricitet, za ploču s viškom elektrona (na sl. 5/3 gornju) kažemo da je negativno nabijena, a za ploču s manjkom elektrona - da je pozitivno nabijena. Ako sada uklonimo bateriju, kondenzator će i dalje ostati nabijen, a između ploča postojat će električni napon (položaj preklopnika 2).



Slika 5/3

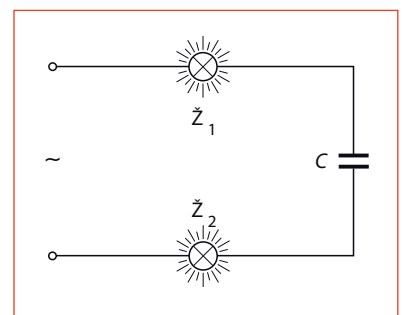
U svakom strujnom krugu postoji neki omski otpor R , tako da se kondenzator ne može trenutačno nabiti. Na slici to je otpornik R . A kondenzator puni (položaj 1), struja je u početku velika, a napon između ploča je malen. Tijekom vremena struja punjenja se smanjuje, a napon među pločama se povećava, sve dok se ne izjednači s naponom baterije, kada struja padne na ništicu. Zato kažemo da pri punjenju kondenzatora **struja prethodi naponu**, pa tako dobivamo **fazni pomak** između struje i napona. Ako sada uklonimo bateriju i kratko spojimo priključke, počet će proces u suprotnom smjeru - kondenzator se izbija, tj. prazni (položaj 3). Krivulja pražnjenja ima obratni oblik od krivulje punjenja i traje jednako dugo (sl. 5/4.).

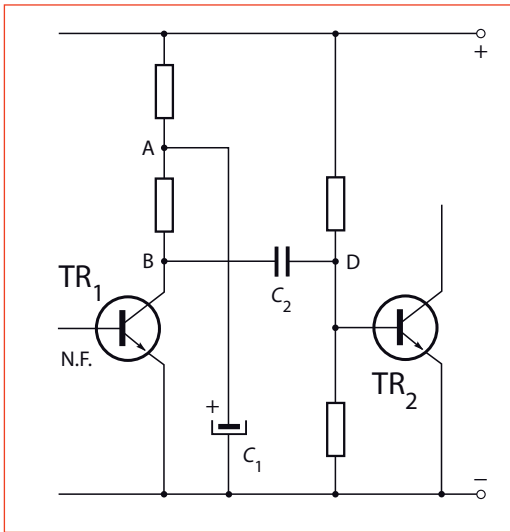


Slika 5/4

Sljedeće je osnovno svojstvo kondenzatora da **privedno propušta izmjeničnu struju**, a istodobno ne propušta istosmjernu (sl. 5/5.). Naime, ako na ploče kondenzatora priključimo izmjenični napon, on će se u jednom trenutku nabijati u jednom, a već sljedećeg trenutka u suprotnom smjeru, pa će kroz dovode stalno teći izmjenična struja nabijanja i izbivanja kondenzatora. Ako je kapacitet kondenzatora dovoljno velik, umetnute žaruljice će svijetliti, kao da struja prolazi kroz kondenzator, iako znamo da njegov dielektrik kao izolator to ne dopušta. Zato kažemo "privedno propušta". Govorimo o **kapacitivnom otporu** kondenzatora X_C za izmjeničnu struju. Taj otpor je to manji što je veći kapacitet kondenzatora i što je veća frekvencija izmjenične struje. Dakle, zaključimo: kondenzatori imaju **tri važna svojstva** od kojih se svako pojedinačno primjenjuje u elektronici i radiotehnici:

Slika 5/5



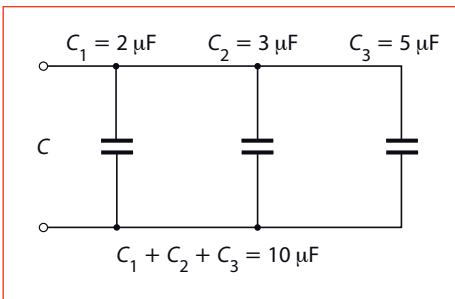


Slika 5/6

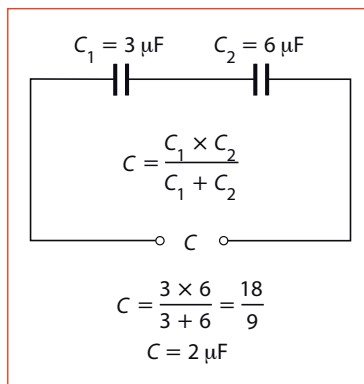
se izmjenični niskofrekventni napon koji predstavlja zvuk. Njega treba dodatno pojačati u drugom tranzistoru. Zato se taj NF napon vodi na bazu

1. može primiti električni naboj, pa tako privremeno čuvati neku električnu energiju;
2. prividno propušta izmjeničnu struju, a ne propušta istosmjernu;
3. u serijskoj vezi s otpornikom kod izmjenične struje ostvaruje fazni pomak između te iste struje i napona. Pritom struja vremenski prethodi naponu.

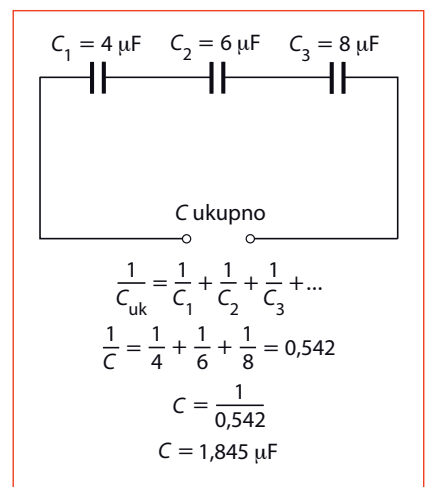
Na slici 5/6 vidimo praktičnu primjenu kondenzatora: tranzistor TR_1 na svome kolektoru ima istosmjerni napon za rad tranzistora, koji uzima iz točke "A". Ako taj napon nije dovoljno "ispeglan", to se može poboljšati s pomoću kondenzatora C_1 - kako u zvučniku ne bi došlo do brujanja (primjena 1. svojstva). Osim toga, na kolektoru tranzistora (točka "B") nalazi



Slika 5/7



Slika 5/8



Slika 5/9

drugog tranzistora TR_2 . Ta veza je uspostavljena preko kondenzatora C_2 kapaciteta od oko $1 \mu\text{F}$, pa niska frekvencija stiže na bazu radi daljnje pojačanja (točka "D"), a istosmjerni napon ostaje zadržan na lijevoj strani kondenzatora C_2 (primjena drugoga svojstva). Za prijenos visokih frekvencija kapacitet takva kondenzatora obično iznosi do 1000 pF , a za prijenos niskih frekvencija on ima od $0,1$ do $10 \mu\text{F}$, a može i više.

Kondenzatore možemo povezati paralelno ili serijski. U paralelnoj vezi njihovi kapaciteti se jednostavno zbrajaju (sl. 5/7.):

$2 \mu\text{F} + 3 \mu\text{F} + 5 \mu\text{F} = 10 \mu\text{F}$. U serijskoj vezi kondenzatora vrijede isti obrasci kao i za paralelne otpornike (slike 5/8. i 5/9.):

$$\frac{1}{C_{\text{uk}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots \text{ itd.}$$

Za dva kondenzatora u serijskoj vezi možemo primijeniti izvedeni obrazac:

$$C_{12} = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

Na primjer: $C_1 = 4\mu\text{F}$, $C_2 = 6\mu\text{F}$:

$$C_{12} = \frac{4\mu\text{F} \times 6\mu\text{F}}{4\mu\text{F} + 6\mu\text{F}} = \frac{24\mu\text{F}^2}{10\mu\text{F}} = 2,4\mu\text{F}.$$

Osim po svojoj namjeni i konstrukciji (promjenljivi, polupromjenljivi, nepromjenljivi ili *blok*), kondenzatori se razlikuju i prema dielektriku koji se nalazi između njihovih ploča. Tako imamo zračne, keramičke, polistirenske, elektrolitičke, tantalske itd. Svaki od njih, iako obavljaju istu funkciju, po nečemu se međusobno razlikuju. Npr. zračni, keramički i polistirenski kondenzatori imaju manje gubitke kod visokih frekvencija, ali su i manjega kapaciteta - a elektrolitički i tantalski kondenzatori mogu imati velik kapacitet uz malen obujam. Pritom su elektrolitički i tantalski kondenzatori i **polarizirani**, tj. moramo paziti na koji

ćemo izvod staviti pozitivan, a na koji negativan pol napona, kako ne bi probili.

Označivanje kondenzatora je različito. Pri manjem kapacitetu (reda pikofarada) označivanje može biti i u brojkama, slično kao kod otpornika. To se odnosi i na kondenzatore od tantala. Kada se kapacitet označuje u brojkama, često zadnja znamenka ne znači jedinice, nego broj ništica, npr. 472 pF je zapravo 4700 pF. Također se umjesto decimalnog zareza (odnosno točke) na komponentama pa i na shemama stavlja znak jedinice, npr. 6n8 = 6,8 nF.

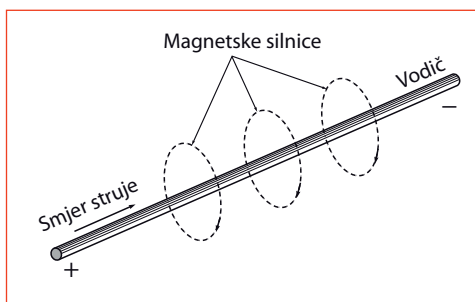
U ovoj temi upoznali smo sljedeće pojmove:

- kondenzator
- kapacitet i jedinice kapaciteta
- dielektrik
- radni napon kondenzatora
- kapacitivni otpor za izmjeničnu struju
- fazni pomak.

Tema 6

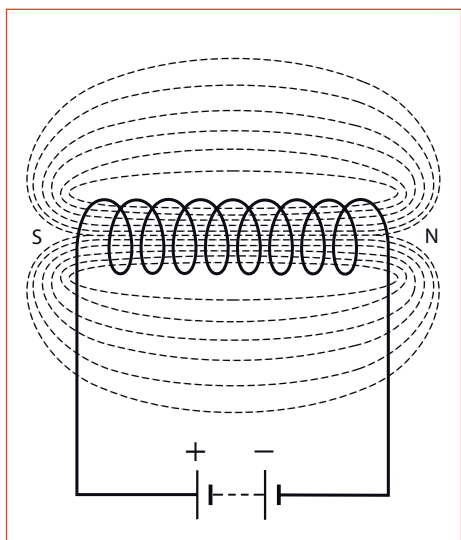
3.2.3. Zavojnice (fizikalna svojstva, serijski i paralelni spoj zavojnica)

Zavojnice su treća, ali jednako važna komponenta radijskih uređaja. Sve je počelo 1819. godine kada je danski fizičar Hans Christian Oersted primijetio da u blizini vodiča kroz koji teče električna struja magnetska igla poskakuje. Bilo je očito da između elektriciteta i magnetizma postoji uska veza. Trebalo je još dvanaest godina, pa da se izazove i suprotna pojava - da magnetsko polje proizvede električnu struju. To je učinio Englez Michael Faraday 1832. godine. On je otkrio da za tu svrhu magnetsko polje mora biti **promjenljivo**. Naime, bez obzira na to u koliko jako magnetsko polje stavili



Slika 6/1

će se i smjer tih silnica. Magnetske silnice ne možemo prekinuti; možemo im



Slika 6/2

zavojnici, u njoj neće nastati električna struja ako je to polje nepromjenljivo. Faraday je dakle otkrio **elektromagnetsku indukciju**.

Prema tome, ako kroz neki vodič teče električna struja, oko njege će se stvoriti **magnetsko polje** (sl. 6/1). To polje prema dogovoru prikazujemo kružnicama okomitim na vodič. One imaju određen smjer i zatvaraju se same u sebe. Ako promijenimo smjer struje, promijenit će se i smjer tih silnica. Magnetske silnice ne možemo prekinuti; možemo im samo promijeniti stazu, ali one će se uvijek na kraju zatvoriti same u sebe. (Svi pokušaji da se načini tzv. jednopolni magnet dosad su propali.) Magnetsko polje naročito će se pojačati ako vodič namotamo oko kartonskog ili plastičnog valjčića: silnice pojedinih zavoja u unutrašnjosti će se zbrojiti, pa će njihov "snop" u valjku biti mnogo gušći (sl. 6/2.).

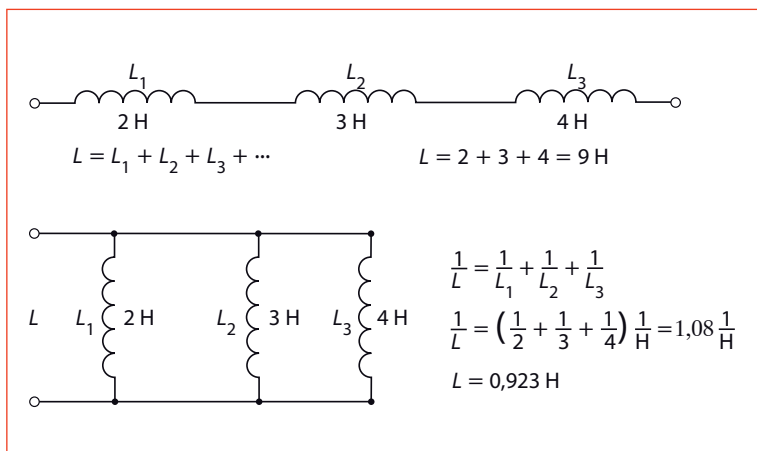
Otvor na kojemu silnice izlaze iz zavojnice zovemo sjeverni pol (N), a u koji ulaze - južni pol (S). Ne postoji bitna razlika između trajnoga magneta, načinjenog od čelika, i **elektromagneta** prikazanog na slici. Ukupan broj svih silnica koje izlaze iz elektromagneta zovemo **magnetski tok** ili fluks tog elektromagneta i označujemo grčkim slovom Φ (fi).

Odnos između promjenljive struje kroz zavojnici koja stvara magnetsko polje, i njime induciranoga napona u zavojnici, naziva se **samoinduktivnost** (kraće **induktivnost**) zavojnice, koju označujemo slovom L , a mjerimo jedinicom **henri** (H), prema američkom znanstveniku Josephu Henryju (1797. - 1878.). On je otkrio samoindukciju i objasnio zakone transformacije. Manje jedinice su milihenri (mH) i mikrohenri (μH). Induktivna zavojnica ponaša se, možemo reći, obratno od kondenzatora. I ona ima tri svojstva:

1. Također može "usklađiti" određenu energiju, ali u obliku **magnetskog polja**.
2. Osim omskoga, pruža i dodatni otpor izmjeničnoj struji, ali - suprotno kondenzatoru - taj otpor je to veći što je veća induktivnost zavojnice i što je frekvencija struje veća. To je tzv. **induktivni otpor zavojnice** X_L .
3. U vezi s otpornikom ostvaruje fazni pomak između napona i struje, ali tako da **napon prethodi struji**.

U ovoj točki govorimo samo o malenim samoinduktivnostima kakve upotrebljavaju u visokih frekvencija. O samoinduktivnostima za niske i industrijske frekvencije govorit ćemo u nastavku. Klasična jednoslojna zavojnica

(tzv. *solenoid*) imat će to veću samoinduktivnost što joj je promjer valjka veći, što ima više zavoja žice i što je namotani sloj kraći. (Dakako, u tome ne smijemo pretjerati, jer bi za to trebala što tanja žica, čiji bi otpor postao prevelik. Zato se smatra da je najkvalitetnija ona jednoslojna zvojnica, namotana zavoj do zavoja, čija je duljina približno jednaka njezinu promjeru.)



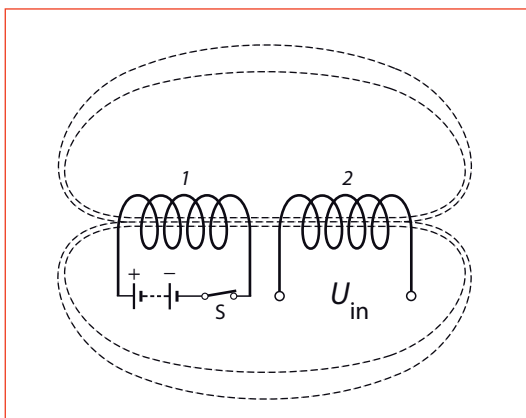
Postoji i četvrti faktor, a to je **jezgra**.

Naime, ako u sredinu valjka (gdje su silnice najgušće) stavimo željezo, njezina će se samoinduktivnost znatno povećati. Kada se radi o visokim frekvencijama (radiotehnika), to ne može biti obično željezo, jer stvara prevelike gubitke, nego tzv. **visokofrekvencijsko željezo** koje se izrađuje od željezne prašine i ljepila koje je ujedno i izolator, tako da su u VF željezu gubici uslijed vrtložnih struja maleni. Osim VF željeza danas postoje i tzv. **feriti**. To su feromagnetični keramički materijali od kojih se često izrađuju prstenovi, tzv. **toroidi** na koje se namotava izolirana žica (sl. 6/3.).

I VF željezo također se često oblikuje kao toroid. Svojstvo VF jezgara i toroida da povećavaju samoinduktivnost zavojnice je relativna magnetska permeabilnost i označuje se grčkim slovom μ_r (mi relativno) i odgovarajućim brojem, npr. $\mu_r = 7$. Taj broj nam govori za koliko će se puta povećati samoinduktivnost zavojnice u odnosu na zračnu zavojnicu. (To nas donekle podsjeća na ulogu dielektrika u kondenzatorima.) U praksi taj broj se kreće od 3 do 35 kod VF željeza, a 20 do 10 000 kod ferita. Riječ je o **magnetskoj propusnosti (permeabilnosti)** tog materijala. Što je propusnost veća, bit će veći i broj magnetskih silnica koje nastaju u zavojnici, pa samim tim i samoinduktivnost zavojnice. VF jezgra omogućuje nam da smanjimo broj zavoja za istu samoinduktivnost - što znači manji omski otpor i veću kvalitetu zavojnice (Q).

U praksi se VF željezo često oblikuje kao vijak koji se može uvrtati u tijelo zavojnice, pa tako možemo namještati njezinu samoinduktivnost u određenim granicama i bez oduzimanja ili dodavanja zavoja. Od ferita se izrađuju i feritni štapovi dugački desetak centimetara, koji zajedno s namotanom zavojnicom služe kao ugrađene (magnetske) antene u prijarnika na dugim, srednjim i kratkim valovima. Toroidi i VF željeza obično su označeni bojama, a oni od ferita to nisu. Kada se radi o toroidima, njihova je prednost ta što silnice ne izlaze iz prstena, pa ih najčešće ne treba oklapati u metalne lonce, što se inače radi radi sprječavanja induktivne sprege s drugim zavojnicama u blizini. Kada se radi o visokim (tj. radijskim) frekvencijama, potrebna

Slika 6/3

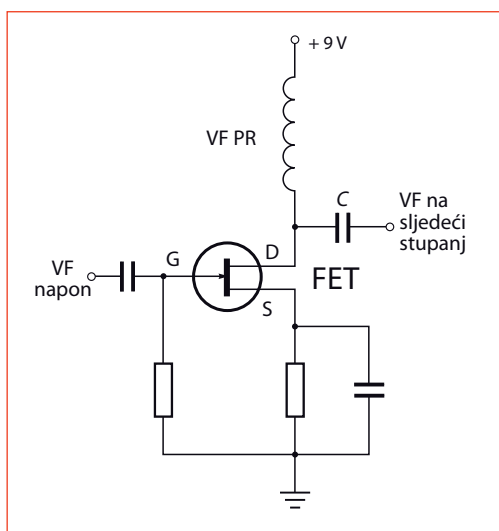


Slika 6/5

se zavojnice nalaze u induktivnoj sprezi ako silnice iz jedne zavojnice prolaze kroz drugu - djelomice ili u cjelini (sl. 6/5.).

Kada je ne želimo, induktivnu spregu možemo spriječiti na četiri načina:

1. da zavojnice dovoljno udaljimo jednu od druge;
2. da ih postavimo okomito jednu prema drugoj;
3. da svaku zavojnicu oklopimo, tj. stavimo u bakreni, mjedeni ili aluminijski lončić, ili ih odijelimo metalnom pregradom;
4. da ih namotamo na toroidima.



Slika 6/6

rad sa zavojnicama trebamo poprilično znanja, pa i mjernih instrumenata. One su očito "nestašna djeca" radiotehnike.

U ovoj temi upoznali smo sljedeće pojmove:

- magnetsko polje
- elektromagnet
- magnetsku indukciju
- induktivni otpor zavojnice
- permeabilnost
- VF željezo, ferit
- VF prigušnicu.

induktivnost zavojnice obično se kreće od nekoliko mikrohenrija do nekoliko milihenrija. Za VF željezo još treba reći i to da ih proizvođači često proizvode za različita frekvencijska područja, npr. 2-10 MHz, 8-30 MHz itd. Za njihovu pravilnu uporabu zato treba nabaviti tehničke podatke od proizvođača.

Serijski i paralelni spoj zavojnica

Zavojnice možemo spajati serijski i paralelno, baš kao i otpornike, pa tu vrijede čak i isti obrasci. Ali, pritom mora biti zadovoljen važan uvjet: zavojnice ne smiju biti u međusobnoj induktivnoj sprezi.

Tema 7

3.2.4. Transformatori (fizikalna svojstva, odnos broja primarnog i sekundarnog dijela transformatora)

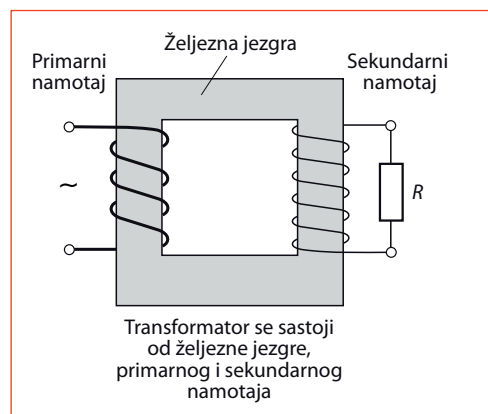
Transformator je nastao u drugoj polovici 19. stoljeća iz pokušaja da se električna energija prenese na veću udaljenost nego što to omogućuje istosmjerna struja. Naime, prijenos snage uz visok napon traži manju struju, što znači manje gubitke i manje troškove za žicu koja može biti tanja. Taj sukob zastupnika istosmjerne i izmjenične struje kulminirao je pravim ratom između Thomasa Edisona i Nikole Tesle, uz konačnu pobjedu Teslina trofaznog sustava. Teorijsku osnovu transformatora dao je Michael Faraday, o čemu smo već govorili: ako se induktivna zavojnica nalazi u promjenljivoj magnetskom polju, u njoj će se inducirati izmjenični napon. Prvi upotrebljiv transformator načinili su Francuz Lucien Gaulard i Englez John Gibbs, a usvršila su ga tri Madžara: Miksa Deri i njegova dva suradnika u budimpeštanskoj tvrtki Ganz. Oni su 1885. godine prikazali javnosti svoj transformator koji je teorijski bio besprijekorno zamišljen, ali mehanički prilično nepouzdan. Naime, u to vrijeme još nije postojao transformatorski lim, pa su primarnu i sekundarnu zavojnicu umjesto toga omotali željeznom žicom. Taj je transformator izmjenični napon od 100 V pretvarao u 2000 V i tako omogućio prijenos električne energije na veću udaljenost uz male gubitke.

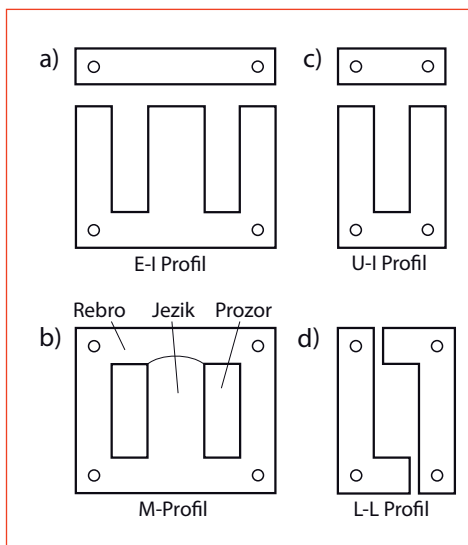
Prvi transformator u današnjem obliku načinio je 1886. godine Amerikanac William Stanley (1858. - 1916.) zaposlen kod Westinghousea. Kao izvor uzeo je Siemensov generator izmjenične struje dopremljen iz Engleske u Pittsburgh. Zahvaljujući Stanleyu, Westinghouse je izgradio prvu gradsku mrežu izmjenične struje u mjestu Great Barringtonu, Massachussetts. Manja hidrocentrala pokretala je generator izmjenične struje napona 500 V, koji se zatim transformatorom podizao na 3000 V. Njega su dalekovodom vodili do grada, gdje se drugim transformatorom spuštao na 100 V za žarulje u kućama. Nedostatak jednofazne izmjenične struje bio je taj što ona nije mogla okretati elektromotore, a istosmjerna je mogla, što je bio i glavni argument zastupnika istosmjerne struje. Trebalo je pričekati još nekoliko godina da Nikola Tesla izumi trofazni sustav i okretno magnetsko polje.

U osnovi transformator se sastoji od željezne jezgre u obliku okvira koji s jedne strane ima **primarni**, a s druge **sekundarni** namotaj (sl. 7/1.).

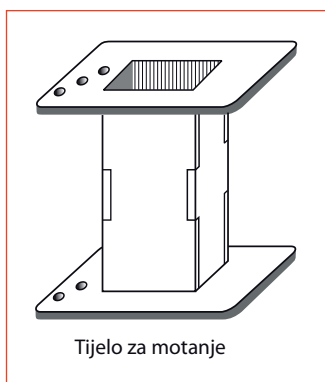
Primarni namotaj je zapravo induktivna zavojnica priključena na izvor izmjeničnog napona, tako da ona u jezgri stvara promjenljivo magnetsko polje. To polje pro-

Slika 7/1



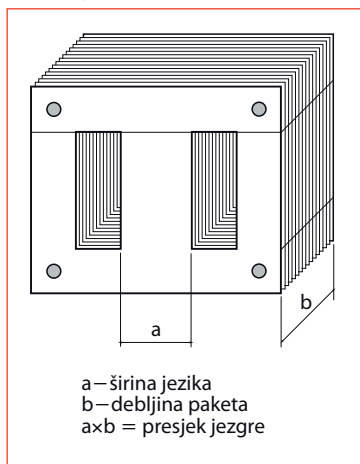


Slika 7/2



Slika 7/3

Slika 7/4



lazi i kroz sekundarnu zvojnica u kojoj nastaje inducirani izmjenični napon. Za transformator je bitno sljedeće pravilo: **omjer transformacije** izmjeničnog napona ovisi o omjeru broja zavoja između primara i sekundara; npr. ako u primaru imamo 200 zavoja, a u sekundaru 1000, omjer transformacije bit će 1 : 5. Dakle, ako na primar dovedemo 100 V, na sekundaru će se pojaviti 500 V. To je transformacija naviše. Transformator možemo i okrenuti. U tom slučaju, ako na primar od 1000 navoja dovedemo 100 V, na sekundaru od 200 navoja pojavit će se 20 V. To je transformacija 5 : 1, dakle naniže.

Transformator mora imati željeznu jezgru kako bi se povećala gustoća magnetskog toka i kako bi gotovo sve silnice iz primara prošle kroz sekundar i tako se postigao

najveći faktor sprege između njih ($k=1$). Danas se te jezgre izrađuju od transformatorskog lima raznih oblika (sl. 7/2.). Na slici 7/3 vidimo i "paketić" -

tijelo za motanje, načinjen od pertinaksa ili od tvrdoga kartona. On služi za smještaj primara i sekundara. Danas se i primar i sekundar najčešće motaju na istome tijelu, ali se između njih stavlja deblji sloj izolacije. Transformatorski limovi prikazani su na slikama 7/2 a-d. Kada je "paketić" namotan, u njega se stavljaju limovi i to izmjenično, najprije s jedne, a zatim s druge strane - sve a sredina pokreće dok ne bude tijesno popunjena. Transformatorski limovi na svojoj površini imaju sloj izolacije, najčešće oksida, kako bi se spriječile inducirane vrtložne struje, koje čine gubitak. Danas se najčešće rabe limovi E-I profila, ili M-profila (s dva "prozora"). Limovi M-profila umeću se tako da se središnji jezik potisne u stranu, ugura u sredinu

paketića i složi na prethodni lim. Složeni paket E-I limova bez namotaja vidimo na slici 7/4. Za motanje najčešće služi bakrena žica izolirana lakom (CuL) određene debljine (koju treba izračunati prema jakosti struje). Obično se uzima da 1 mm^2 presjeka žice može izdržati 3 A.

Drugo pravilo koje valja zapamtiti odnosi se na prijenos snage iz primara u sekundar. Ako zanemarimo gubitke u željezu i bakru (1-5%), angažirane snage u primaru i u sekundaru su jednake. To znači, ako je sekundar opterećen sa 100 W, i u primaru će biti angažirana snaga od 100 W. Pretpostavimo da je sekundar namotan za 20 V, i da struja koju iz njega uzimamo ima jakost od 5A. Prema tome, ako je primar priključen na 100 V, kroz njega će teći struja od 1 A, što je također 100 W. U tome slučaju primar će biti namotan s više zavoja tanje žice, a sekundar s manje zavoja deblje žice. Ako sekundar nije opterećen nikakvim trošilom, kroz primar će teći samo minimalna struja uzrokovana gubicima u tran-

sformatoru. Drugim riječima, struja u primaru automatski se, posredovanjem magnetskog polja, prilagođava potrošnji u sekundaru.

U elektronici i radiotehnici transformatori s transformatorskim limom dijele se na **mrežne** i **niskofrekventne**. Mrežni transformatori priključuju se na gradsku mrežu i služe za napajanje raznih radijskih i elektroničkih uređaja koji za svoj rad trebaju drukčije napone od napona gradske mreže. (Osim toga, te napone treba još pretvoriti u istosmjerne.) Mrežni transformatori se rade za frekvenciju od 50 Hz (u Americi 60 Hz). Niskofrekventni transformatori moraju bez izobličenja prenijeti cijeli opseg zvučnih, tj. niskih frekvencija (16 – 20 000 Hz). Oni danas najčešće služe za prilagodbu zvučnika na pojačalo; to su tzv. izlazni ili prilagodni transformatori.

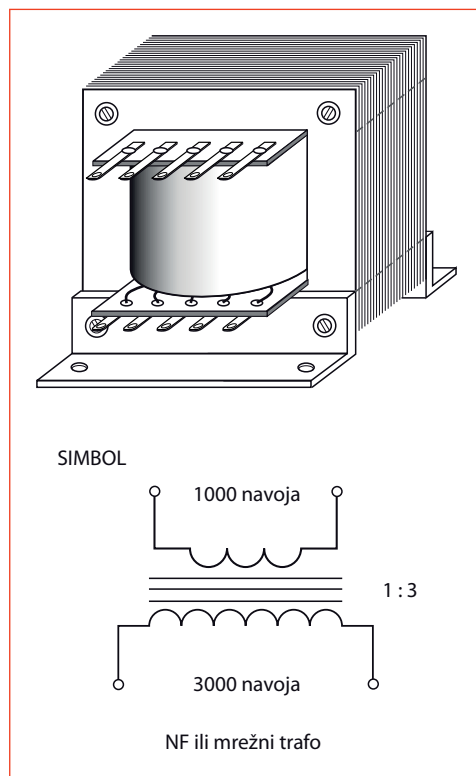
Broj zavoja u primaru i sekundaru ne može biti proizvoljan, nego se mora izračunati prema veličini željezne jezgre i njezinim svojstvima. Kod mrežnog transformatora treba najprije pronaći **broj zavoja po voltu**, a onda se on množi s naponom. Kada ne možemo doći do izvornih tvorničkih podataka, za mrežne transformatore postoji približna formula:

$$\text{Broj zavoja po 1 V} = \frac{45}{S} \cdot$$

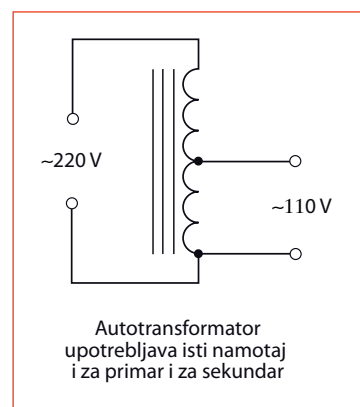
S je presjek jezgre u četvornim centimetrima, i može se izračunati prema slici 7/4 tako da širinu srednjeg jezika a pomnožimo s debljinom paketa limova b . Npr. za presjek jezgre od 10 cm^2 dolaze 4,5 zavoja po voltu, pa za primar od 230 V treba namotati 990 zavoja. Takav način računanja vrijedi i za sekundar, s time da izračunani broj zavoja treba povećati 10% kako bi se nadoknadio pad napona pri opterećenju.

Transformator može imati i nekoliko sekundara, ovisno o raznim naponima koji nam trebaju. Na slici 7/5 vidimo gotov mrežni transformator i njegov simbol. Postoje i autotransformatori (ili štedni transformatori) koji radi uštede žice imaju samo jedan namotaj (sl. 7/6.). U tom namotaju postoji izvod gdje možemo uzeti neki niži napon.

Po vanjskom izgledu i konstrukciji transformatoru je vrlo slična **prigušnica**, iako ona ima drugu namjenu. Naime, ona ima

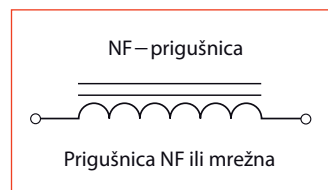


Slika 7/5



Slika 7/6

Slika 7/7



samo jedan namotaj, a zbog svog induktivnog otpora X_L pruža velik otpor izmjeničnoj, a malen istosmjernoj struji, koje se tako mogu razdvojiti. Kao i transformatori, postoje mrežne i NF prigušnice (sl. 7/7.). Samoinduktivnost NF prigušnice iznosi nekoliko henrija, a mrežne još i više.

U ovoj temi upoznali smo sljedeće pojmove:

- mrežni transformator
- niskofrekventni transformator
- primarni namotaj
- sekundarni namotaj
- omjer transformacije
- broj zavoja po voltu
- transformatorski lim
- autotransformator
- prigušnicu.

Tema 8

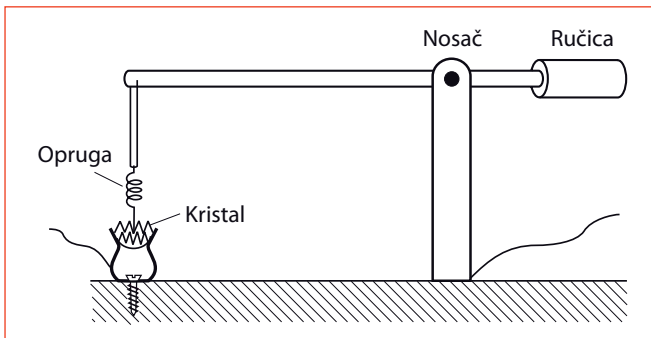
3.2.5. Diode

Prema definiciji dioda je elektronička komponenta koja propušta struju samo u jednom smjeru. To je, dakle, elektronički ventil. Dioda može biti elektronska cijev, a može biti načinjena i od poluvodiča kao poluvodička dioda. Nekada se za njezinu izradu najčešće upotrebljavao mineral galenit (olovni sjajnik, PbS), pa se naziva i kristalnom diodom. O elektronskoj cijevi - diodi govorit ćemo u nastavku.

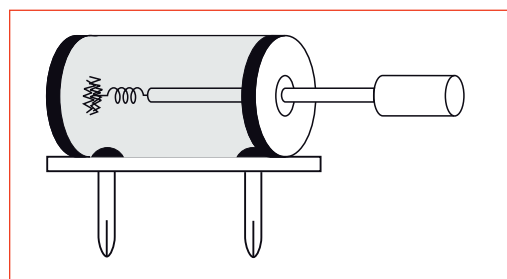
Svojstvo nekih minerala da propuštaju struju samo u jednom smjeru prvi je primijetio Carl F. Braun 1874. godine (poznatiji kao izumitelj katodne cijevi), čak dvadesetak godina prije otkrića radiovalova. Bio je to olovni sulfid, galenit, iako i mnogi drugi minerali pokazuju isto svojstvo. U ono vrijeme radiovalovi su se otkrivali s pomoću koherera. Prema raspoloživim podacima, prvi koji je za detektiranje (otkrivanje) radiovalova upotrijebio improviziranu diodu bio je Guglielmo Marconi prilikom prvog uspješnog prijenosa radiovalova preko Atlantika 1901. godine. Naime, koliko se zna, on je upotrijebio kombinaciju željezne piljevine i žive u vezi sa slušalicama, iskoristivši patent Indijca Jagadisha Ch. Bosea 1898. godine, a da je to mudro prešutio (kao i Teslin sustav titrajnih krugova, uostalom). Sva je prilika da Marconi nije bio ni svjestan teorijske strane mnogo osjetljivijeg postupka kojim se poslužio, jer je kombinaciju željezne piljevine i žive i dalje zvao kohererom. To je vjerojatno bio i prvi primjer demodulacije amplitudno moduliranog signala u povijesti, dakle prvog detektorskog prijavnika.

Poslije 1920. godine u svijetu su počele nicati radiodifuzne radijske postaje na srednjem i dugom valu, kakve su u osnovi i danas. Iako su već postojale elektronske cijevi, one su bile vrlo skupe i rijetke. Zato su mnogi pojedinci gradili tzv. detektorske prijavnike koji nisu trebali elektronske cijevi i skupe baterije - nego samo VF struju iz antene. Ona je, dakako, mora-

la biti dovoljno dugačka, uz odlično uzemljenje. Najkritičniji dio u takvu prijamniku bila je dioda, koja poništava jedan smjer VF struje, a drugi smjer ide u osjetljive visokoomske slušalice u obliku istosmjerne pulsirajuće struje. Diodu je morao svatko sam sebi načiniti. Na slikama 8/1. i 8/2. vidimo primjere ležišta odnosno kućišta za kristal galenita na koji se oslanja mjedeni šiljak. Takva detektorska dioda rabila se sve do Drugog svjetskog rata. Trebalo je rukom potražiti najbolje mjesto na kristalu i odrediti pravi pritisak igle. Dok je uzbuđeni radioamater slušao program, drugi su ukućani morali šutjeti, jer je prijam bio tih, i hodati na prstima, kako se igla na kristalu ne bi pomaknula.



Slika 8/1

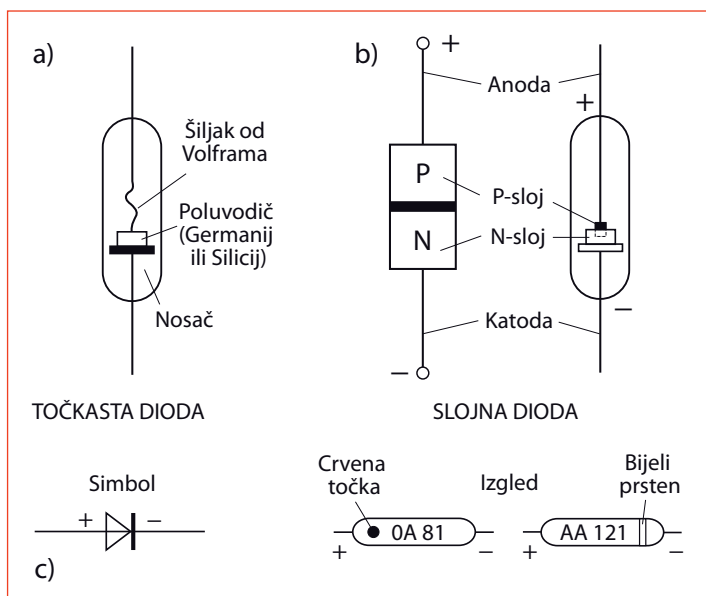


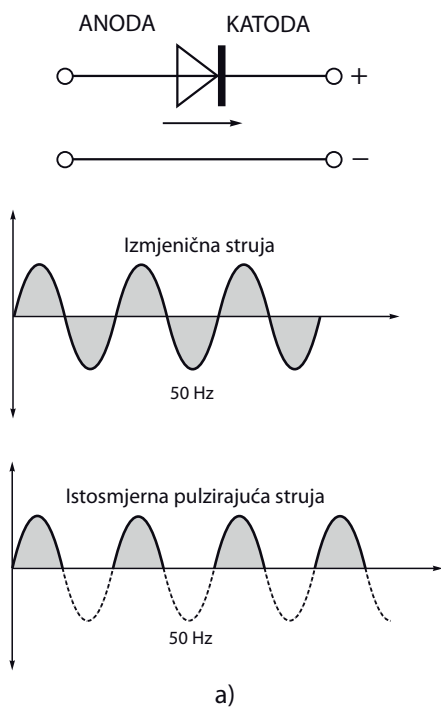
Slika 8/2

U elektrotehnici tvari se dijele na vodiče, izolatore i poluvodiče. Pod određenim uvjetima poluvodiči vode struju samo u jednom smjeru. Danas se poluvodičke diode izrađuju od germanija (Ge) i silicija (Si). Konstrukciju poluvodičke diode vidimo na slici 8/3a. Ona se sastoji od komadića kristala germanija ili silicija na koji se oslanja šiljak od volframa, zlata ili platine. Sve je to zaliveno u staklenom balončiću. To je tzv. **točkasta dioda** koja ima vrlo malen vlastiti kapacitet, pa je pogodna za rad na visokim frekvencijama.

Postoje i **slojne** poluvodičke diode (sl. 8/3b). Takva dioda sastoji se od poluvodičkog sloja silicija (ili germanija) N-tipa i sloja silicija (odnosno germanija) P-tipa. Na mjestu njihova dodira dobiva se NP sloj koji je bitan za rad diode. Germanij i silicij N-tipa imaju negativna električna svojstva (tj. višak elektrona), a germanij i silicij P-tipa - pozitivna električna svojstva (tj. manjak elektrona). To se postiže dodavanjem minimalnih količina primjesa u germanij ili silicij - npr. fosfora, arsena ili antimona za N-tip, odnosno bora, aluminijsa, galija ili indija za P-tip poluvodiča. Slojne diode imaju veći vlastiti kapacitet pa nisu pogodne za rad na visokim frekvencijama, ali zato mogu izdržati mnogo veću struju. Sloj N-tipa u diodi zove se *katoda*, a sloj P-tipa *anoda*. Dioda

Slika 8/3 a,b,c

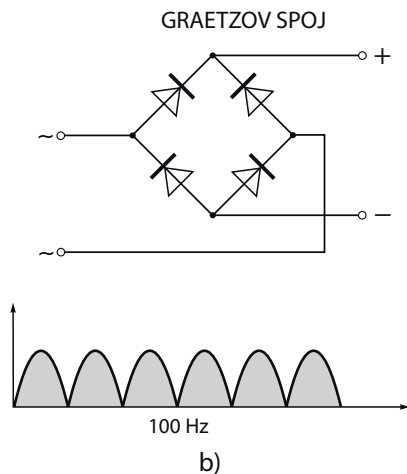




provodi struju samo onda kada se na katodi nalazi negativan, a na anodi pozitivan pol napona. U suprotnom dioda ne propušta električnu struju. Na slici 8/3c vidimo simbol za diodu. U praktičnoj izvedbi crvena točka na diodi označuje anodu, a bijeli prsten katodu.

Većina europskih poluvodičkih dioda nose nazive OA (stariji tip, npr. OA81 ili OA 91), AA (germanijska dioda, npr. AA121) ili BA (silicijska dioda, npr. BA125). Američke diode imaju oznaku 1N (npr. 1N4001). Za potrebe detekcije VF signala najosjetljivije su germanijske točkaste diode, a osobito američka 1N34A, koja se danas već vrlo teško nalazi. Silicijske diode mogu biti posebno izrađene i za veliku snagu, npr. za pretvaranje izmjenične struje iz gradske mreže u istosmjernu struju. Takve ispravljačke diode najčešće imaju naziv BY (npr. BY160). Ako izmjeničnu struju propustimo kroz diodu, dobit ćemo poluvalno ispravljanje (sl. 8/4a). Za punovalno ispravljanje treba četiri diode spojiti u tzv. Graetzovu spoju (sl. 8/4b). Na slici 8/5. vidimo izbor pojedinačnih dioda, kao i vanjski izgled Grätzova spoja za veće napone i struje.

Kada smo govorili o osjetljivosti diode, mislili smo na tzv. **potencijalni prag** koji ima svaka dioda. Naime, iako smo diodu spojili u propusnom smjeru, ona ipak neće provoditi struju pri nižem naponu - do neke granice. Taj potencijalni prag kod silicijskih dioda iznosi 0,4 do 0,9 V, a kod germanijskih 0,2 do 0,5 V, što znači da dioda neće reagirati na VF napon iz antene ako je on niži od te vrijednosti. Već spomenuta specijalna germanijska dioda 1N34A ima potencijalni prag od samo 0,14 V, pa je stoga vrlo pogodna za detektorski prijamnik. U suvremenim digitalnim univerzalnim mjernim instrumentima na skali preklopnika često možemo vidjeti i simbol za diodu. Taj položaj služi upravo za mjerenje potencijalnog praga diode. Pri izboru diode moramo još pripaziti i na najveću dopuštenu struju u propusnom smjeru, kao i na najveći dopušteni napon u nepropusnom smjeru (tzv. inverzni napon), što ga ta dioda još može izdržati, a da ne probije.



Slika 8/4a,b

S vremenom su se razvile i druge vrste poluvodičkih dioda različite namjene. Ovdje ćemo ih samo nabrojiti:

- **svjetleća dioda**, tzv. LED (*light emitting diode*), koja služi za indikaciju, najčešće umjesto žaruljice;
- **Zenerova dioda** (po Amerikancu Clarenceu Zeneru), koja služi za stabi-

Slika 8/5

lizaciju napona;

- **kapacitivna dioda** (*varicap*), kojoj možemo mijenjati kapacitet promjenom napona na njoj;

- **tunelska dioda**, koja ima negativan otpor, pa služi kao oscilator;

- **photodioda** (ili foto-otpornik), koja mijenja svoj otpor pod utjecajem svjetlosti;

- **gun-dioda**, koja oscilira na decimetarskim frekvencijama;

- **pin-dioda**, koja služi kao prekidač kod visokih frekvencija;

- **laserska dioda**, koja ima najširu primjenu u CD-playerima;

- **Schottkyjeva dioda**, koja ima

nizak naponski prag, kratko vrijeme preklapanja i malen unutrašnji otpor u propusnom smjeru (može poslužiti umjesto točkaste diode).

U ovoj temi upoznali smo sljedeće pojmove:

- germanijske i silicijske poluvodiče

- točkastu diodu

- slojnu diodu

- katodu

- anodu

- poluvalno ispravljanje

- punovalno ispravljanje

- potencijalni prag diode

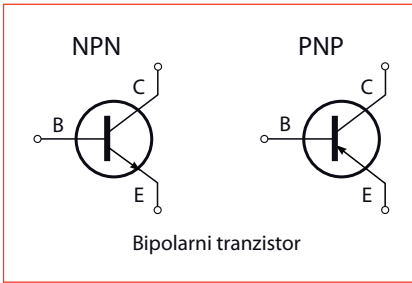
- razne diode posebne namjene.

Tema 9

3.2.6. Tranzistori (vrste, shematski prikaz NPN, PNP i FE- tranzistora)

Tranzistor su izumili znanstvenici i istraživači Bellovih laboratorija (istraživačke podružnice *American Telephone and Telegraph Company - AT&T*) u gradu Murray Hillu, New Jersey 1947. godine. Njih trojica: William Shockley, Walter Brittain i John Bardeen za taj su izum dobili 1956. godine Nobelovu nagradu za fiziku. Vođa tima bio je Shockley, genijalni um, čovjek divlje i naprasne naravi, samouvjeren i "bez dlake na jeziku", kojega je njegova okolina uglavnom tolerirala zbog njegovih znanstvenih rezultata, posebno na području primjene kvantne teorije na razvoj poluvodiča. S nevjerojatnom je lakoćom svodio složene i naoko nerješive probleme na niz logičnih i jednostavnih zadataka koje je zatim bilo moguće riješiti.

Valjda nema izuma u povijesti koji je u pola stoljeća toliko unaprijedio i izmijenio ljudsku civilizaciju kao što je to tranzistor. Taj tranzistor nije mogao načiniti ništa novo što prije toga nije mogla načiniti i elektronska cijev, ali je bio nerazmjerno manji od svoje velike i debele "rođakinje", a trošio je i toliko puta manje energije. Prema tome, teorija i tehnologija u koje je tranzistor mogao "uskočiti" već su postojale gotovo pola stoljeća, pa je vjerojatno i to bio jedan od razloga njegova eksplozivnog širenja.



Slika 9/1

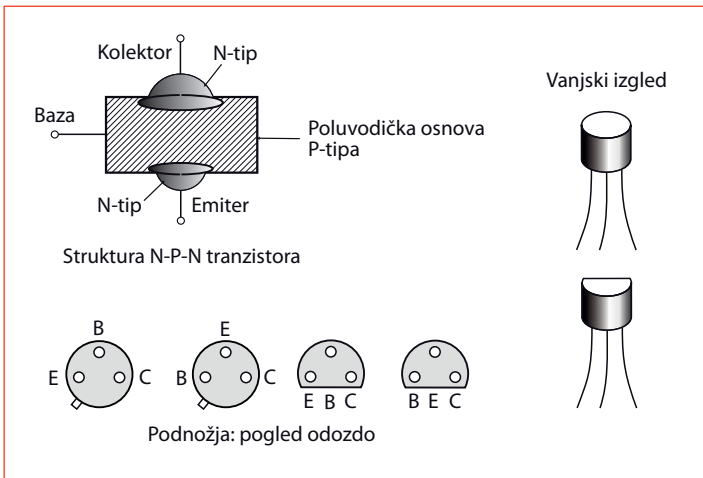
Sam Shockley zamjerio se svijetu svojom teorijom prema kojoj crna rasa ima niži kvocijent inteligencije, a kako imaju mnogo djece, ugrožavaju intelektualni prosjek SAD-a. Čak je predložio kastriranje osoba koje imaju taj kvocijent niži od 100. U vremenu upravo suprotnih političkih i znanstvenih trendova on je bio duboko uvjeren u točnost te svoje teorije, pa ju je pokušavao i znanstveno dokazati. Jedan od najvećih i najkorisnijih umova 20. stoljeća ("Times") umro je u Londonu

1989. godine u 79. godini života, relativno siromašan i osamljen - uvjeren da je njegov amaterski rad na "disgenetici" važniji od izuma tranzistora. Samo je supruga ostala uz njega. Danas ga nazivaju "ocem Silicijske doline".

Kako radi bipolarni tranzistor

Prema tome, kao i elektronska cijev, i tranzistor služi za pojačanje izmjeničnog električnog signala niske ili visoke frekvencije. (Riječ *tranzistor* je složenica od *transfer resistor* - prijelazni otpornik.) Ovdje ćemo spomenuti dvije vrste tranzistora - **bipolarni** i **FET**. Bipolarni tranzistor može biti tipa PNP ili NPN (sl. 9/1.). O kojemu tipu se radi ovisi o vrsti poluvodičkog materijala koji smo upotrijebili. (O poluvodičkim materijalima govorili smo kod dioda.)

Slika 9/2



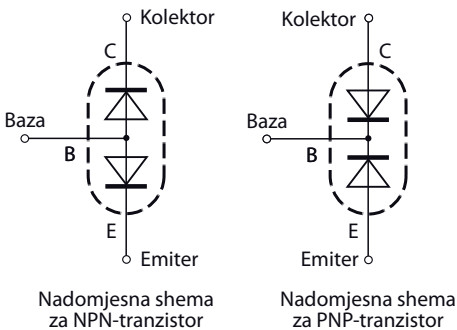
PNP ili NPN (sl. 9/1.). O kojemu tipu se radi ovisi o vrsti poluvodičkog materijala koji smo upotrijebili. (O poluvodičkim materijalima govorili smo kod dioda.)

Bipolarni tranzistor NPN-tipa sastoji se od poluvodičke osnove p-tipa (koja najčešće nije veća od nekoliko kvadratnih milimetara), u koju su sa svake strane posebnim postupkom utaljene dvije kapljice poluvodičkog materijala n-tipa (sl. 9/2.). Osnova se naziva **bazom (B)**, manja kapljica je **emiter (E)**, a veća **kolektor (C)**. Tranzistor se stavlja u metalno ili plastično kućište i ima tri izvoda. (Četvrti izvod, ako ga ima, služi za uzemljenje metalnoga kućišta.) Raspored izvoda tranzistora uvijek se pokazuje s pogledom **odozdo**.

Tranzistor se stavlja u metalno ili plastično kućište i ima tri izvoda. (Četvrti izvod, ako ga ima, služi za uzemljenje metalnoga kućišta.) Raspored izvoda tranzistora uvijek se pokazuje s pogledom **odozdo**.

Bipolarni tranzistor može se približno prikazati i kao spoj dviju dioda (sl. 9/3.). Kako je konstrukcija takva tranzistora simetrična u odnosima baza-emiter i baza-kolektor, on se naziva bipolarnim, tj. dvopolnim.

Kod tranzistora uvijek postoje **dva strujna kruga: ulazni i izlazni**. Na ulazni krug dovodi se signal koji



Slika 9/3

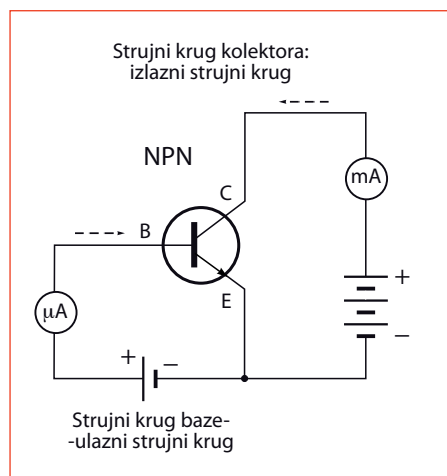
želimo pojačati, tj. NF ili VF struja. U izlaznom krugu taj signal dobivamo pojačan. Pritom za istosmjernu struju krug baze (ulazni krug) mora biti spojen u **propusnom**, a krug kolektora (izlazni krug) u **nepropusnom** smjeru (sl. 9/4.).

Tranzistor u osnovi radi ovako: iako je istosmjerni napon u kolektorskom krugu spojen "obratno", tj. u nepropusnom smjeru, u tom krugu ipak će poteći struja pod utjecajem struje u krugu baze. To je tzv. **tranzistorski efekt** i zato tranzistor nije samo običan spoj dviju dioda kako smo to prikazali na slici 9/3., nego više od toga. Već i namanja promjena struje u krugu baze, izazvat će oko stotinu puta veću promjenu struje u krugu kolektora. To je osnova za upotrebu tranzistora kao pojačala. Kada u ulaznom krugu na teče nikakva struja, ona neće teći ni u krugu kolektora. Kod tranzistora male snage, kakvi se najčešće upotrebljavaju, struja baze mjeri se mikroamperima (μA , milijuntnina ampera), a struja kolektora u miliamperima (mA, tisućnina ampera). U stručnoj literaturi govori se o faktoru strujnog pojačanja β (beta). To je omjer između promjene struje kolektora i promjene struje baze i on najčešće iznosi 30 do 300, ovisno o tipu i kvaliteti tranzistora. Dakako, postoje i tranzistori snage kod kojih se struja mjeri u amperima.

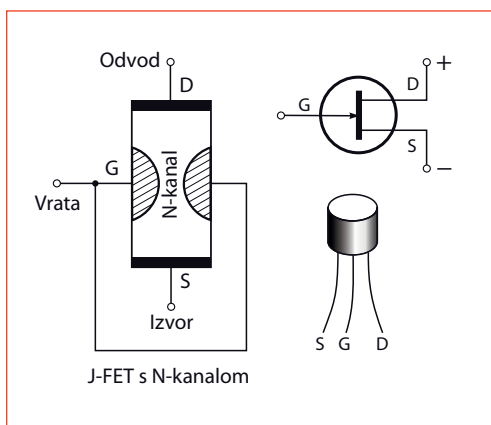
Pazite! Izvor napona u strujnom krugu kolektora nikada se ne smije spojiti u propusnom smjeru, jer će prevelika i nekontrolirana struja uništiti tranzistor! Dakle, na NPN tranzistoru kolektor mora biti pozitivan, a na PNP tranzistoru - negativan. Radni napon tranzistora najčešće iznosi između 3 i 30 volta. U bipolarnih tranzistora ulazni strujni krug ima manji ulazni otpor, oko $200\ \Omega$, a izlazni otpor kolektorskog strujnoga kruga nešto je veći - i do nekoliko kilooma. Ovdje smo prikazali rad tranzistora u tzv. spoju sa zajedničkim emiterom, jer je u ovom spoju emiter zajednička elektroda za oba kruga (sl. 9/4.). Postoje i spojevi sa zajedničkom bazom i sa zajedničkim kolektorom, čime se ne mijenja načelno prikazan rad bipolarnog tranzistora. Osnovnu ispravnost bipolarnog tranzistora možemo provjeriti ommetrom tako da ga uključimo u krug baze, i zatim u krug kolektora - najprije u propusnom, a zatim u nepropusnom smjeru, kao da provjeravamo ispravnost dioda. Suvremeni digitalni univerzalni mjerni instrumenti često imaju položaj i rupice za mjerenje strujnog pojačanja β . Posebno se izrađuju bipolarni tranzistori za pojačanje niskih, a posebno za pojačanje visokih frekvencija. (Ovi potonji imaju manji unutrašnji kapacitet između svojih elektroda.)

Kako radi FET

Kada su Bardeen, Brattain i Shockley poslije Drugoga svjetskog rata započeli svoja istraživanja na poluvodičima u Bellovim laboratorijima, oni su



Slika 9/4



Slika 9/5

zapravo namjeravali dovršiti ono što danas nazivamo **tranzistor s efektom polja** (FET - *field effect transistor*), što ga je još 1925. zamislio naturalizirani Amerikanac - Austrijanac Julius Lilienfeld, a Shockley ga predložio za daljnji razvoj. Međutim, kako je ta ideja bila patentirana, Bellovi laboratoriji su se predomislili i istraživanje usmjerili prema onome što danas nazivamo tranzistor s kontaktnim šiljcima. Kako je to područje bilo bliže Bardeenu i Brattainu, Shockley se izdvojio i nastavio istraživati kod kuće. Nešto prije Božića 1947. godine prvoj dvojici proradio je tranzistor s kontaktnim šiljcima, a da Shockley nije bio blizu, pa čak nije ni znao

za to. Shvativši da će njegovo ime biti izostavljeno, digao je užasnu galamu, jer je on bio pokretač istraživačkog projekta. Kako je tranzistor s kontaktnim šiljcima bio vrlo nestabilan i nepouzdan, Shockley je u roku od samo nekoliko tjedana, vjerojatno iz prkosa da pokaže što on može, izišao u javnost s cjelovitom teorijom o ponašanju poluvodiča i objavio svoje rješenje stabilnog tranzistora koji je i proradio 1950. godine: to je bio slojni tranzistor u kojemu se u obliku sendviča nalaze tri sloja poluvodiča - ili u kombinaciji PNP ili NPN. Pokazalo se da je to pravo rješenje pa su Nobelovu nagradu ravnopravno podijelila sva trojica.

Što je bilo s FET-om kao polaznom idejom? Lilienfeld je teorijski točno predvidio mogućnost izrade FET-a, ali tehnologija pročišćavanja poluvodiča u ono vrijeme još nije bila na takvoj razini da bi on mogao proraditi. Tek oko 1960. godine stručnjaci Bellovih i nekih drugih laboratorija usavršili su postupak u dovoljnoj mjeri da bi FET proradio. FET je po načinu rada mnogo sličniji elektronskoj cijevi triodi, već i zato što je njegov ulazni otpor vrlo velik. Postoje dvije vrste FE-tranzistora: J-FET i MOS-FET (ili IG-FET). I jedan i drugi mogu biti s N-kanalom ili s P-kanalom. Naziv J-FET doilazi od "junction FET" (spojni FET), a IG-FET od "insulated gate FET" (FET s izoliranim vratima).

Strukturu i simbol FET-a vidimo na slici 9/5. Kao i bipolarni tranzistor, i FET ima tri izvoda, ali se oni drukčije zovu:

S (*source* - izvor)

G (*gate* - vrata, zasun)

D (*drain* - odvod).

Kod FET-ova s n-kanalom, koji su češći, kada na izvor S dovedemo negativni, a na odvod D pozitivni pol napona, kroz kanal će proteći struja. Vrata G su elektroda za regulaciju struje FET-a, i u odnosu na izvor S moraju biti negativno polarizirana. Tako se u n-kanalu stvara "suženje" koje smanjuje struju FET-a na polovicu - kao kada stanemo na cijev za zalijevanje vrta. (To se zove radni režim rada FET-a u A-klasi, kao i kod elektronske cijevi.) Taj

negativni napon mora, dakako, biti točno odmjeren; prevelik prednapon mogao bi struju FET-a smanjiti do ničice. Kako malene promjene napona na vratima G uzrokuju znatne promjene struje kroz FET, on radi kao pojačalo. J-FET ima ulazni otpor od nekoliko megaoma i po tome je sličan elektronskoj cijevi - triodi (sl. 9/6.).

Slika 9/6

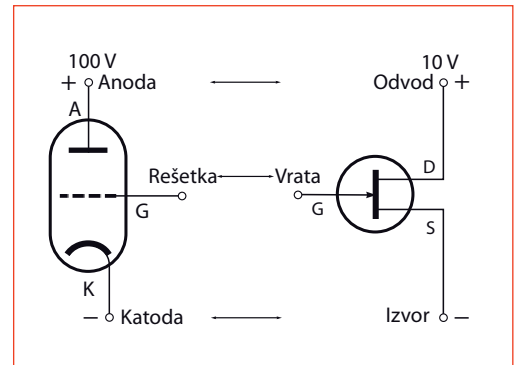
Potrebno je uočiti da spoj vrata-izvor (G - S) u J-FET-u predstavlja poluvodičku diodu. Zato vrata FET-a s n-kanalom nikada ne smiju dobiti pozitivan napon: zbog struje zasićenja FET bi prestao raditi kao pojačalo, a možda bi bio i uništen od pregrijavanja. Još veći ulazni otpor ima MOS FET (*metal oxide semiconductor* FET), nazvan još i IG-FET (*insulated gate* FET - FET s izoliranim vratima). Naime, kod njega se između vrata i kanala nalazi vrlo tanak sloj oksida, koji je odličan izolator (sl. 9/7.). Na taj način upravljanje strujom u kanalu ostvaruje se isključivo naponom, elektrostatički, pa se ulazni otpor penje na desetak megaoma. Postoje i IG-FET-ovi s dvoma vratima, koji su zato pogodni za miješanje u superheterodinskim prijammicima.

Postoji nekoliko sustava označivanja tranzistora. U europskom sustavu prvo slovo označuje osnovni materijal: A za germanij i B za silicij. Drugo slovo označuje namjenu: C - NF tranzistor male snage, D - NF tranzistor veće snage, F - VF tranzistor. Broj iza slova je redni broj tog tipa tranzistora. Npr. AC117 je germanijev NF tranzistor, BF173 je silicijev VF tranzistor, BF145 je silicijev J-FET (u europskom se sustavu FET-ovi ne označuju na poseban način).

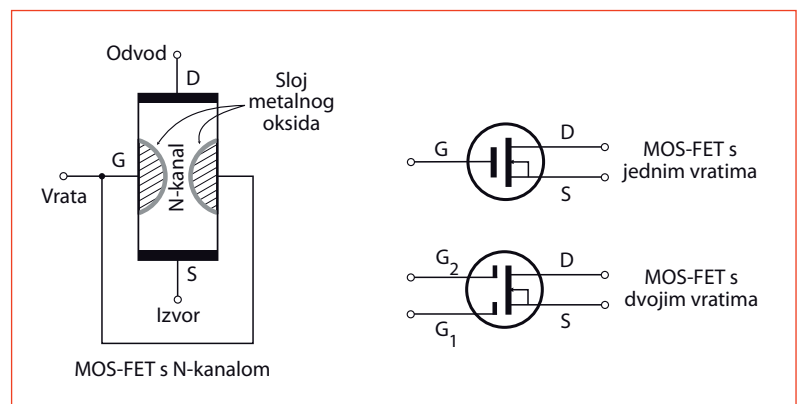
Američka oznaka sastoji se od znamenke, slova N i još dvije do četiri znamenke: 2 je bipolarni tranzistor ili J-FET (npr. 2N2222, 2N3819), a 3 je MOS FET (npr. 3N200). Japanci i Rusi imaju svoje načine označivanja tranzistora.

U ovoj temi upoznali smo:

- dvije osnovne vrste tranzistora - bipolarni i FET
- bipolarne tranzistore NPN i PNP
- FE tranzistore J-FET i IG-FET
- FET s n-kanalom i FET s p-kanalom
- elektrode bipolarnog tranzistora: emiter E, bazu B i kolektor C
- elektrode FET-a: izvor (*source* S), vrata, zasun (*gate* G) i odvod (*drain* D)
- ulazni strujni krug i izlazni strujni krug tranzistora.



Slika 9/7

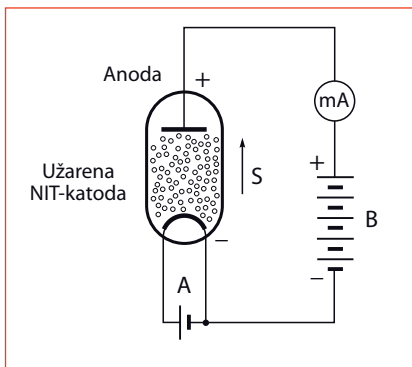


Tema 10

3.2.7. Elektronske cijevi (osnovno poznavanje, funkcije pojedinih elektroda)

Krajem devetnastoga stoljeća tek rođena radiotehnika našla se u krizi. Problem je bio u slaboj osjetljivosti prijamnika s kohererom, što se pokušavalo nadoknaditi većom snagom odašiljača. (G. Marconi je za vezu iz Engleske s brodovima na Atlantiku rabio odašiljač snage 30 kW!) Svjetlo na

kraju tunela prvi je upalio engleski inženjer John Ambrose Fleming ugradivši metalnu pločicu u Edisonovu žarulju u kojoj je vladao vakuum. (To je bio učinio već i Edison, ali nije dalje istraživao.) Pokazalo se, kada je Fleming na užarenu nit stavio minus, a na pločicu plus-pol baterije, da kroz vakuumski cijev protječe struja (sl. 10/1.). On je taj svoj izum nazvao *thermionic valve* - termionski ventil, jer je nit morala biti užarena, kako bi izbacivala elektrone (on je mislio ione), a ventil zato jer je cijev provodila struju samo u jednome smjeru.

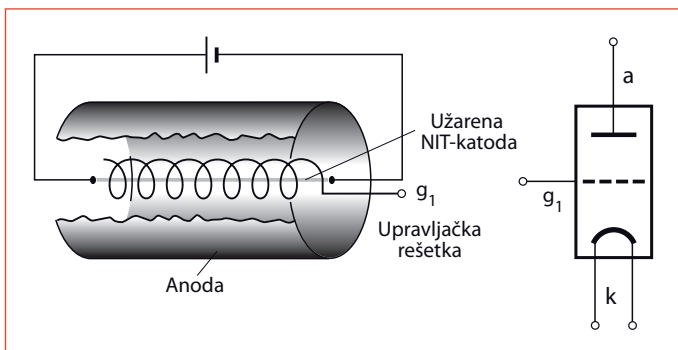


Slika 10/1

Kasnije je cijev nazvana **diodom** jer ima dvije elektrode - negativnu **katodu** i pozitivnu **anodu**. Fleming je brzo uvidio da anoda mora biti u obliku cilindra koji obuhvaća katodu, kako bi privukla sve elektrone. Radiotehnika je dobila pouzdanu napravu koja je mogla izmjeničnu struju pretvarati u istosmjernu, pa tako i otkrivati radiovalove, odnosno VF struje. Ipak, još uvijek je nedostajalo ono najvažnije - pojačanje slabašnih signala koji dolaze iz antene.

Tehničkom i istraživačkom intuicijom Amerikanac Lee de Forest 1907. godine između katode i anode stavlja žičanu rešetku i tako dobiva novu vrstu elektronske cijevi - **triodu** (sl. 10/2.). Stvar je u tome što već malene promjene napona na **upravljačkoj rešetki** (g_1 - engl. *grid*) izazivaju velike promjene anodne struje, pa cijev radi kao **pojačalo**. Lee de Forest je priznao da baš ne razumije sasvim kako dioda i trioda rade. I on je mislio da se radi

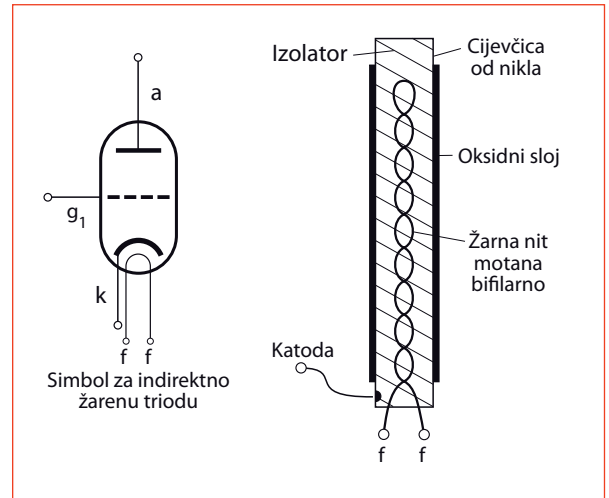
Slika 10/2



o prolazu iona kroz ostatke plina (niski vakuum). Ipak, radiotehnika je mogla krenuti naprijed. (Fleming je tužio de Foresta da mu je ukrao patent. Parnicu je ipak dobio de Forest koji je dokazao da njegov izum, trioda, ima bitno novo svojstvo koje dioda nema, a to je pojačanje.) Tek je 1915. godine Amerikanac Irving Langmuir dokazao da se kod elektronske cijevi radi o prolazu elektrona kroz vaku-

um, koji zato mora biti što veći (visoki vakuum).

A napajanje prijamnika ostvarivalo iz baterija, u uporabi se bile tzv. **direktno žarene** elektronske cijevi u kojima užarena nit ujedno služi i kao katoda. A kada je izmjenična struja gradske mreže ušla u opću upotrebu, prešlo se na indirektno žarene elektronske cijevi - oko 1930. godine (sl. 10/3.). Katoda je sada uska cijev od nikla kroz koju prolazi izolirana žarna nit. Tako se izbjeglo brujanje na frekvenciji gradske mreže. Da bi takva cijev proradila, treba pričekati oko jedne minute da se katoda užari. U Europi su još uvijek najpoznatije cijevi E-serije kojima napon žarenja iznosi 6,3 V, kao i cijevi P-serije (za televizore) sa strujom žarenja od 0,3 A.



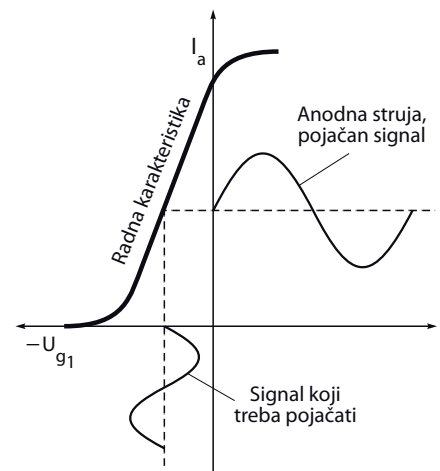
Slika 10/3

U početku je žarna nit svijetlila kao i u žarulje, ali se ubrzo otkrilo da je emisija katode mnogo izdašnija ako se pokrije bijelim slojem **barijeva** ili **stroncijeva oksida**. Tada je dovoljno užariti katodu na oko 1000 °C (narančasto), pa je tako, uz manju potrošnju, i trajnost cijevi mnogo veća. Uz napon grijanja moramo, dakako, imati i izvor anodnog napona koji u prijamnih cijevi obično iznosi 100 do 250 V.

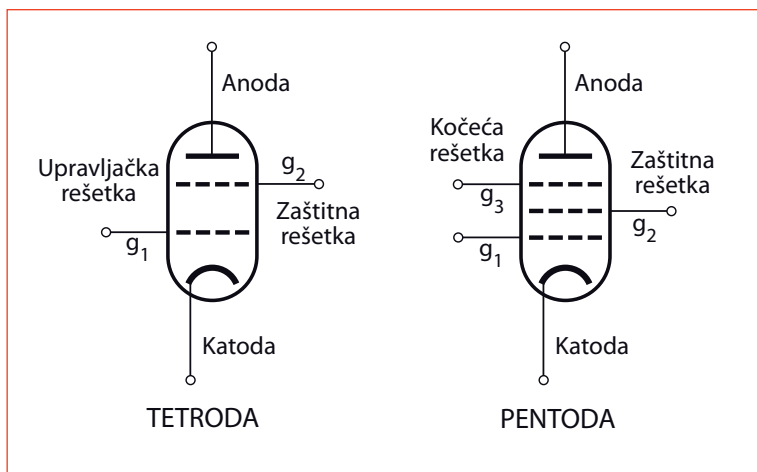
Najvažnije podatke o triodi možemo dobiti iz njezine U_g/I_a **karakteristike** (sl. 10/4.). Ona nam govori kako se mijenja anodna struja I_a pod utjecajem promjena NF ili VF napona U_g na upravljačkoj rešetki g_1 . Što je ta karakteristika strmija, to imamo veće pojačanje. (Kako dolazi do struje zasićenja već kod nultog napona na upravljačkoj rešetki, elektronske cijevi moraju raditi u negativnom području napona na g_1 , što se lijepo vidi na slici 10/4.) Trioda je dobila najširu uporabu kada je Edwin Armstrong izumio pozitivnu povratnu spregu, jer je takav prijamnik za ono vrijeme bio vrlo osjetljiv i dovoljno selektivan. To je tzv. direktni prijamnik s povratnom spregom kojim su se služili mnogi radioamateri prije Drugog svjetskog rata, pa i poslije njega.

Slika 10/4

Trioda je pokazala i neke nedostatke. U prvom redu to je bio velik kapacitet između anode i upravljačke rešetke, što je stvaralo nestabilnost kod radijskih frekvencija, kao i smanjeno pojačanje zbog velikog *prohvata*, tj. zbog negativnog utjecaja napona anode na anodnu struju. Taj problem riješen je 1926. godine kada je između upravljačke rešetke i anode ugrađena još jedna rešetka - **zaštitna** (g_2). Tako smo dobili



Slika 10/5



tetrodu. Zaštitna rešetka mora dobiti pozitivan napon niži od anodnoga, ali je za visoke ili niske frekvencije uzemljena preko kondenzatora. Nedostatak tetrode su tzv. sekundarni elektroni koji se izbijaju iz anode i povećavaju struju zaštitne rešetke g_2 . Ako se dogodi da je napon na g_2 veći nego na anodi, g_2 preuzima njezinu ulogu, pa se može užariti i rastaliti. Taj je problem riješen 1929. godine tako da je između zaštitne rešetke i anode stavljena još jedna, treća rešetka, nazvana **kočećom** (g_3).

Ona je spojena na katodu ili na minus-pol i sprječava sekundarnim elektronima da dođu do zaštitne rešetke (sl. 10/5.). To je **pentoda** - cijev s pet elektroda odnosno s tri rešetke.

Postoje i cijevi s još više elektroda i rešetki - heksoda, heptoda i oktoda - sve prema grčkim brojevima. U suvremenoj izvedbi postoje i višestruke cijevi u istome balonu: trioda-pentoda, dvostruka trioda, trioda heptoda, duodioda-trioda, itd. Postoji nekoliko sustava označivanja elektronskih cijevi. Europski je najbolje sistematiziran i najlakše se pamti.

Kada elektronska cijev radi kao pojačalo snage, npr. u izlaznom stupnju odašiljača, moramo paziti i na dopuštenu **anodnu disipaciju**, tj. količinu topline koju anoda može preuzeti na sebe. Naime, ne pretvara se sva istosmjerna snaga u VF energiju, nego se jedan dio pretvara i u toplinu koja zagrijava anodu. Zato se za tu namjenu izrađuju veće i snažnije cijevi. Mogući omjer između VF snage i snage pretvorene u toplinu iznosi približno 2 : 1, ovisno o radnome režimu cijevi - npr. ako anoda ima dopuštenu disipaciju od 25 W, iz cijevi možemo "izvući" oko 50 W VF snage. Podatke o elektronskim cijevima, kao i spojeve podnožja, naći ćemo u posebnim priručnicima, koji su se nekada latinski zvali "Vade mecum" ("Idi sa mnom."). Na slici 10/6 vidimo skupinu suvremenijih elektronki različite snage i namjene.

Slika 10/6



Danas su elektronske cijevi zamijenjene tranzistorima. Ipak, ponegdje se još upotrebljavaju - u neke vojne svrhe, u skupljim hi-fi pojačalima i u izlaznim stupnjevima odašiljača iznad 200 W. Elektronske cijevi

još uvijek ne treba smatrati zastarjelim izumom, kao npr. parnu lokomotivu, nego kao paralelno tehničko rješenje u odnosu na tranzistore. Ipak, odlaskom elektronskih cijevi oko sredine prošloga stoljeća, završeno je romantično, tzv. "zlatno doba" radiotehnike.

U ovoj temi upoznali smo sljedeće pojmove:

- elektronsku cijev diodu
- katodu i anodu
- elektronsku cijev triodu
- upravljačku rešetku g_1
- direktno i indirektno žarenu katodu
- U_g/I_a karakteristiku triode
- tetrodu i zaštitnu rešetku g_2
- pentodu i kočecu rešetku g_3
- anodnu disipaciju.

Tema 11

3.3. Krugovi

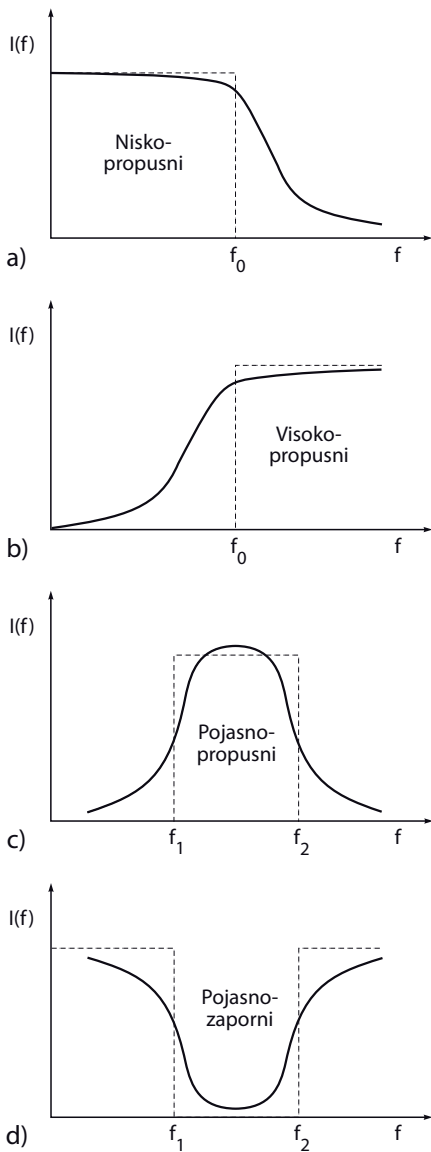
3.3.1. Osnovno poznavanje filtara

Električni filtri su sklopovi koji propuštaju izmjeničnu struju samo određenih frekvencija, a druge frekvencije znatno oslabljuju ili ih uopće ne propuštaju. Kod niskih frekvencija filtri se najčešće sastoje od otpornika i kondenzatora (*RC*-filtri), a kod visokih frekvencija oni se sastoje od zavojnica i kondenzatora, tj. od induktivnosti i kapaciteta (*LC*-filtri). Postoje aktivni i pasivni filtri. Aktivni filtri u sebi imaju i pojačalo s povratnom spregom, a pasivni filtri to nemaju. Ovdje govorimo o pasivnim filtrima.

U prvim danima radiotehnike, krajem 19. stoljeća, prijamna antena se vezivala neposredno na detektorski krug, tako da smo u slušalicama istodobno čuli telegrafске signale svih odašiljača u okolici. Kako su odašiljači u pravilu radili s pomoću zupčastog rotacijskog iskrišta, a visina tona svakog odašiljača razlikovala se ovisno o brzini vrtnje tog iskrišta, brodski su radiotelegrafisti "birali" željenu postaju usredotočivši svoj sluh na određenu visinu tona, pa je tako njihov mozak služio kao prvi filter. To uostalom čineiskusni radioamateri i danas kada u slušalicama čuju dvije ili tri radiotelegrafске postaje istodobno.

Imamo četiri vrste filtara:

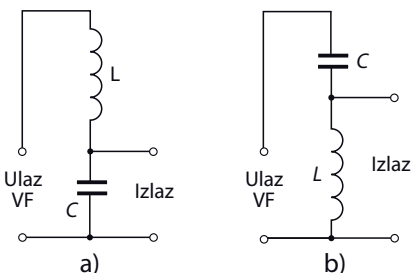
- **niskopropusni**, koji propušta izmjenične struje samo do određene granične frekvencije, iznad kojih ih više ne propušta ili ih znatno oslabljuje (NPF, engleski LPF - *low pass filter*);
- **visokopropusni**, koji propušta izmjenične struje tek počevši od neke granične frekvencije, a niže ne propušta (VPF, engleski HPF - *high pass filter*);



Slika 11/1 a - d

prikazuje niskopropusni filter s pet elemenata (zavojnica i kondenzatora; $n = 5$). Postoji nekoliko načina izračunavanja NPF i VPF, ali se često daju i već gotove tablice. Najpoznatiji je i najlakši način po britanskom inženjeru S. Butterworthu, a iza njega dolazi matematički postupak po Čebiševu. Kako u

Slika 11/2 a,b



- **pojasnopropusni**, koji propušta samo jedan uski pojas frekvencija, a ostale ne propušta jer za njih znači velik otpor (PPF, engleski BPF - *band pass filter*);

- **pojasnozaporni** (ili nepropusni), koji ne propušta određen uski pojas frekvencija, a ostale propušta jer za njih je malen otpor (PZF, engleski BSF - *band stop filter*).

Svojstva tih filtera grafički su prikazana na slikama 11/1 a-d, iz kojih možemo lako vidjeti koje frekvencije taj filter propušta, a koje oslabljuje. Idealnu karakteristiku pojedinog filtra označili smo crticama, ali nju u praksi nije moguće postići. Svaki filter istodobno stvara i fazni pomak između svoga ulaza i izlaza, no ovdje to nije tema.

Kada određujemo kakav filter želimo, moramo navesti vrstu filtra (NPF ili VPF), njegovu graničnu frekvenciju f_0 , kao i njegov ulazni odnosno izlazni otpor R_0 - što je jako važno, jer ako taj otpor nije prilagođen otporu priključenog uređaja, filter neće davati očekivane rezultate. Za broj članova u filteru važna je još i predviđena veličina gušenja neželjenih frekvencija izražena u decibelima po oktavi.

Osnovni oblik niskopropusnog filtra vidimo na slici 11/2a. To je zapravo frekvencijski ovisan razdjelnik napona. Kada se frekvencija povećava, induktivni otpor zavojnice raste, a kapacitivni otpor kondenzatora pada. Ako na spoj gledam kao na razdjelnik napona, onda je razumljivo da je s porastom frekvencije napon na izlazu sve manji. Kod visokopropusnog filtra situacija je obratna (sl. 11/2b).

Kako bismo dobili što oštrije "koljeno" na graničnoj frekvenciji, filteri se rade s većim brojem elemenata. Slika 11/3

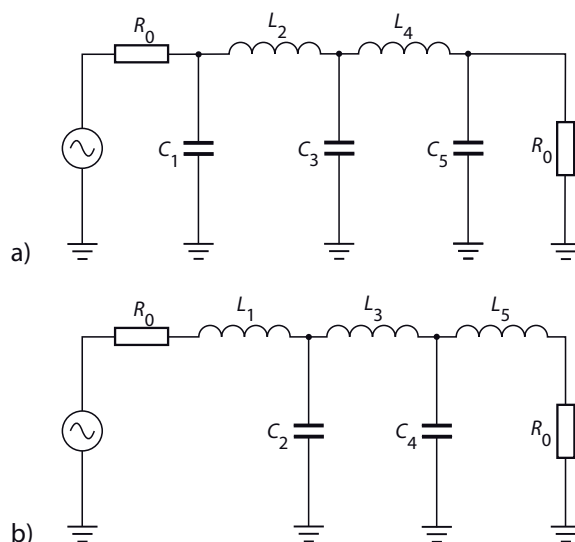
prikazuje niskopropusni filter s pet elemenata (zavojnica i kondenzatora; $n = 5$). Postoji nekoliko načina izračunavanja NPF i VPF, ali se često daju i već gotove tablice. Najpoznatiji je i najlakši način po britanskom inženjeru S. Butterworthu, a iza njega dolazi matematički postupak po Čebiševu. Kako u Velikoj Britaniji ima mnogo Butterwortha, zanimljivo je da Butterworth u svome članku iz 1930. godine nije htio otkriti što znači ono S. - pretpostavlja se Stephen. Postoji i mogućnost da se sve skupa radi o pseudonimu. Pafnutij Čebišev (1821. - 1894.) bio je ruski matematičar, čija je teorija ortogonalnih polinoma poslužila za izračun filtra, pa te takav način imenovan njemu u čast. Imao je francusku guvernantu, pa je jednako dobro govorio francuski kao i

ruski. Stoga je svoje radove objavljivao na francuskom, što je mnogo pridonijelo njegovoj znanstvenoj karijeri.

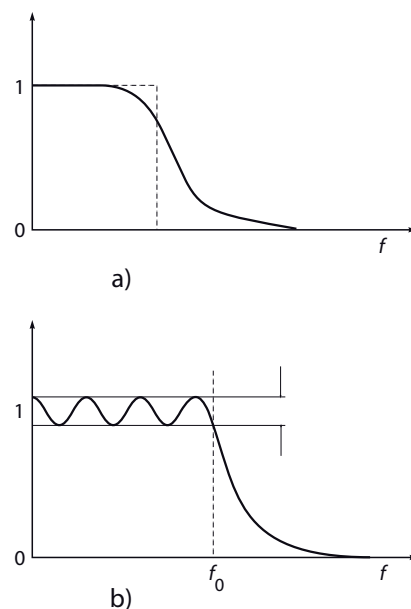
Iako shematski i jedan i drugi filter izgledaju jednako, razlika između filtra (tj. veličine induktivnosti i kapaciteta) izračunanog po Butterworthu i filtra po Čebiševu jest u tome što prvi ima blaže koljeno i vrlo ravnu propusnu karakteristiku, a drugi ima oštrije koljeno, ali i valovitu propusnu karakteristiku (engl. *ripple*, sl. 11/4.a i 11/4.b). Zbog toga NPF po Čebiševu nije npr. pogodan za NF hi-fi pojačala. Još oštrije koljeno imaju tzv. eliptični filteri, ali nažalost i veliku valovitost u nepropusnom dilju karakteristike. Teorija filtera dakle, prilično je složena. Niskopropusni filter pretvara se u visokopropusni tako da zavojnice i kondenzatori međusobno zamijene mjesta.

S dolaskom amaterskih odašiljača s tranzistorima naglo se povećala primjena niskopropusnih filtera. Radi se o tome da izlazni tranzistori, osim osnovne, proizvode i snažne harmoničke frekvencije, koja pripadaju u viša frekvencijska područja i tamo stvaraju smetnje, što je zakonom zabranjeno. Prema tome, ni jedan odašiljač, pa ni amaterski, ne može dobiti dozvolu za rad a mu izlaz nije "čist", tj. bez harmoničkih frekvencija. Tu služe niskopropusni filteri koji ne propuštaju frekvencije iznad osnovne. Npr. ako naš odašiljač radi na 3500 kHz, graničnu frekvenciju niskopropusnog filtera postaviti ćemo na 4000 kHz, pa ako je on dovoljno kvalitetan, druga harmonička frekvencija na 7000 kHz neće se čuti, kao ni sve više harmoničke frekvencije. Tako izbjegavamo velike i skupe promjenljive titrajne krugove koji su kod odašiljača s elektronskim cijevima neizbježni, a pojednostavljuje se i ugađanje takvih odašiljača. Dakako, za svako amatersko područje moramo imati poseban niskopropusni filter namješten na potrebnu graničnu frekvenciju, kao i na impedanciju izlaznog pojačala i koaksijalnog antenskog voda, odnosno antene (sl. 11/5.).

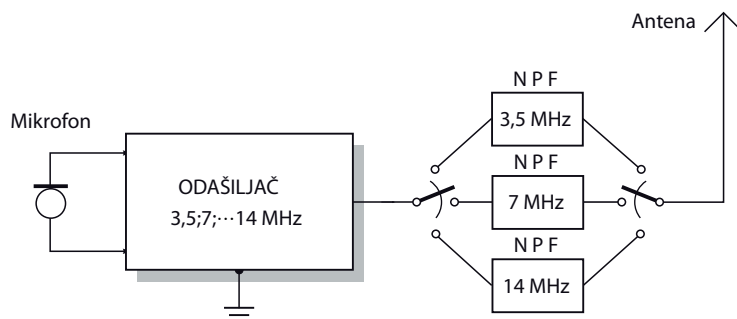
Danas na tržištu postoje i tvornički niskopropusni filteri za pojednina



Slika 11/3



Slika 11/4 a,b



Slika 11/5

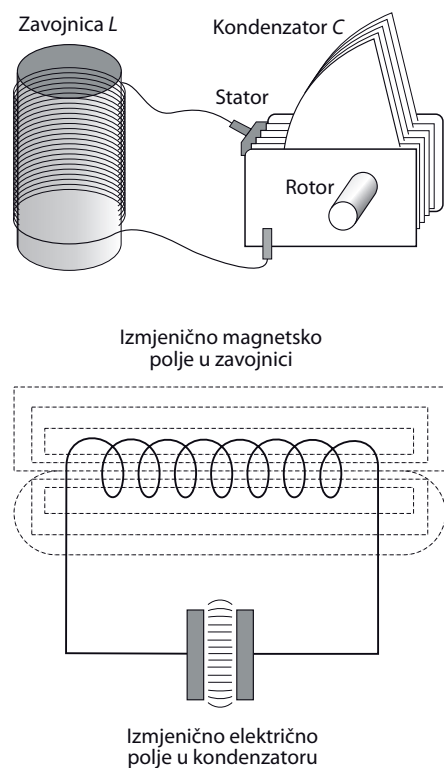
amaterska područja. Ulazna i izlazna impedancija im je standardnih 50Ω , a predviđeni su za neku maksimalnu dopuštenu snagu. Niskopropusni i visokopropusni filtri imaju i mnoge druge namjene, ali ovdje smo naveli samo onu koja je najvažnija za radioamatere.

U ovoj temi upoznali smo sljedeće pojmove:

- četiri vrste električnih filtara (NPF, VPF, PPF i PZF)
- graničnu frekvenciju f_0
- filter po Butterworthu
- filter po Čebiševu
- ulaznu i izlaznu impedanciju filtra.

Tema 12

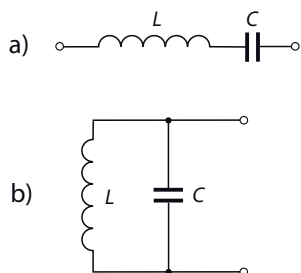
Slika 12/1



3.3.2. Pojasnopropusni filter i izračun rezonantne frekvencije

U ovoj točki obradit ćemo još **pojasnopropusni** filter i **pojasnozaporni** filter. Pojasnopropusni filter je od prvih dana radiotehnike najvažniji tip filtra, jer propušta samo uzak pojas frekvencija i tako postiže selektivnost prijarnika. Najčešći tip pojasnopropusnog filtra je **titrajni krug**, iako postoje i drugi: s kristalom kvarca, keramički rezonator i elektromehanički filter. Njihovo djelovanje temelji se na **rezonanciji**, tj. svojstvu da ističu jednu određenu frekvenciju, a ostale guše. Titrajni krug se sastoji od induktivnosti i kapaciteta, tj. od zavojnice i kondenzatora (sl. 12/1.).

Svaki titrajni krug ima neku svoju vlastitu **rezonantnu frekvenciju**. Što su zavojnica i kondenzator veći, to je njihova rezonantna frekvencija niža - i obratno. (Omski otpor žice R u zavojnici ne utječe na rezonantnu frekvenciju, nego samo na kvalitetu titrajnog kruga.) Titrajni krug može biti **serijski** ili **paralelni** (sl. 12/2.).

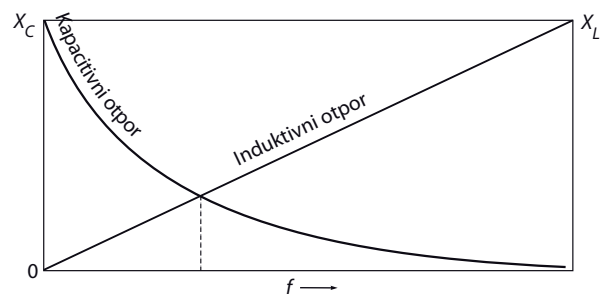


Na slici 12/1 vidimo paralelni titrajni krug. Rezonantnu frekvenciju titrajnoga kruga, serijskog i paralelnog, možemo izračunati prema obrascu Williama Thomsona (lorda Kelvina, 1853.):

$$f = \frac{1}{2 \pi \sqrt{L C}}$$

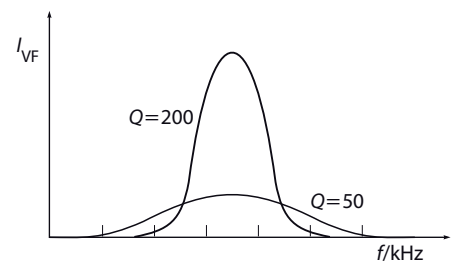
Slika 12 /2

Do rezonancije dolazi kada se kod neke frekvencije induktivni otpor zavojnice X_L **izjednači** s kapacitivnim otporom kondenzatora X_C . Zato izraz $X_L = X_C$ zovemo **uvjetom rezonancije**. Stvar je u tome što kod zavojnice napon prethodi struji, a kod kondenzatora struja prethodi naponu (u idealnom slučaju za 90°), pa ukupna fazna razlika među njima iznosi 180° , što znači da se induktivni otpor X_L i kapacitivni otpor X_C u rezonanciji međusobno poništavaju. Ostaje samo omski otpor žice R kojom je namotana zavojnica, a taj je vrlo malen. Prema tome, kod serijskoga titrajnoga kruga njegov složeni otpor za izmjeničnu struju X (impedancija) u rezonanciji je najmanji, a struja kroz njega najveća. Na slici 12/3 vidimo primjer za serijski titrajni krug. (Rezonancija nastaje pri frekvenciji gdje se dvije krivulje križaju.)



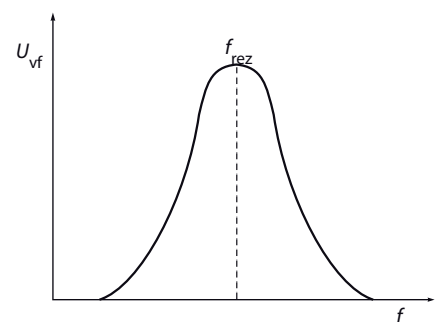
Slika 12/3

Kako odmičemo frekvenciju na jednu ili na drugu stranu, impedancija kruga se povećava. Tako dobivamo **rezonantnu krivulju** toga titrajnoga kruga. Ona će biti to uža što je kvaliteta titrajnoga kruga Q veća (sl. 12/4.), dakle, što je impedancija zavojnice veća i što zavojnica ima manji omski otpor ($Q = X_L/R$). To je tzv. "**faktor kvalitete**" titrajnoga kruga koji obično iznosi između 50 i 300. On nam govori za koliko puta će se VF struja u titrajnom krugu povećati kada on dođe u rezonanciju. (Danas se umjesto na kartonskom valjku, zavojnice motaju na VF željezu ili na feritnom prstenu, toroidu, pa su zato minijaturene i trebaju manje navoja - što znači i bolji Q .)

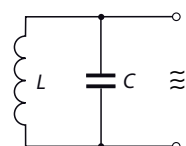


Slika 12/4

Sve što smo do sada rekli vrijedi i za paralelni titrajni krug, s jednom razlikom: obratno negoli kod serijskoga titrajnoga kruga, on u rezonanciji ima **najveću impedanciju**, koja se s odmakom frekvencije smanjuje (sl. 12/5.). Inače, Thomsonov obrazac vrijedi i u ovom slučaju. Kako bi se rezonantna frekvencija u prijammnicima mogla mijenjati, izrađuju se promjenljivi kondenzatori. Iz praktičnih razloga u prijammnicima rabimo gotovo isključivo paralelne titrajne krugove. Kada nam treba veća selektivnost ili odgovarajući propusni pojas, povezat ćemo nekoliko titrajnih krugova, bilo induktivno, bilo kapacitivno. No to je šira tema.



Slika 12/5



Thomsonov obrazac je prilično nezgodan za izračun; nije lako računati u faradima i henrijima i izvaditi drugi korijen iz decimalnog broja u nazivniku. Stoga za amaterske potrebe postoji prerađena i prilagođena formula:

$$f = \frac{159}{\sqrt{LC}}, \text{ gdje je:}$$

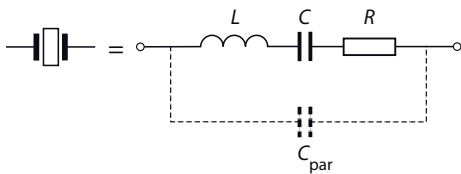
f = frekvencija u MHz
 L = induktivnost u μH
 C = kapacitet u pF.

Na primjer: Koju rezonantnu frekvenciju ima titrajni krug uz samoinduktivnost $L = 120 \mu\text{H}$ i kapacitet $C = 300 \text{ pF}$?

Odgovor:

$$f_{\text{MHz}} = \frac{159}{\sqrt{120 \times 300}} = \frac{159}{\sqrt{36000}} = \frac{159}{190} = 0,837,$$

pa je rezonantna frekvencija = 0,837 MHz = 837 kHz.



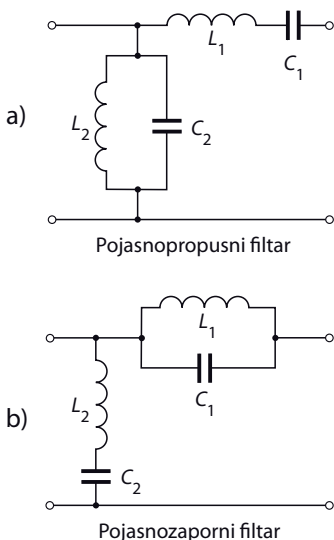
Vrlo oštru rezonantnu krivulju ima kristal kremen (kvarca). Kada takvu kristalnu pločicu stavimo između dvije limene pločice, ona se ponaša kao vrlo kvalitetan serijski titrajni krug. Tako izgleda i simbol kristala (sl. 12/6.).

Slika 12/6

Nedostatak je kvarcnoga kristala što ne može mijenjati svoju rezonantnu frekvenciju, već radi na onoj za koju je izbrušen. Spajanjem više komada kvarcnih kristala možemo dobiti vrlo selektivan pojasnopropusni filter, ali mu je cijena prilično visoka. Keramički filteri slični su kvarcnima, ali su jeftiniji i imaju širu rezonantnu krivulju. Elektromehaničke međufrekvencijske

filtere ugrađivala je svojedobno u svoje prijavnike američka tvrtka "Collins", ali se oni danas već teško nalaze i vrlo su skupi.

Slika 12/7

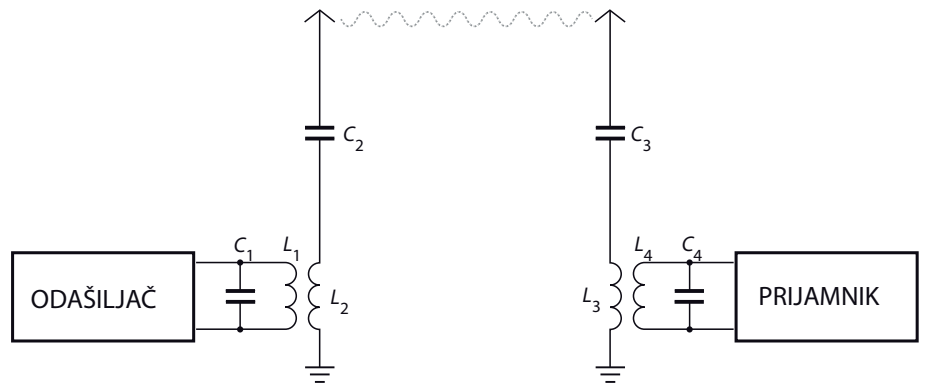


Na slici 12/7 vidimo pojasnopropusni (A) i pojasnozaporni (B) filter. Oba se sastoje od jednog paralelnog i jednog serijskog titrajnog kruga ugođenih na istu frekvenciju. Koju funkciju će obavljati ovisi o tome kako smo ih spojili. Filter na slici A je pojasnopropusni: paralelni titrajni krug L_2C_2 ističe rezonantnu frekvenciju koju serijski titrajni krug L_1C_1 s lakoćom propušta dalje. U slučaju B serijski titrajni krug L_2C_2 kratko spaja rezonantnu frekvenciju, a paralelni titrajni krug L_1C_1 ne propušta je dalje. To je pojasnozaporni filter.

Nikola Tesla je prvi primijenio pojavu električne rezonancije u radiotehnici, za što je i dobio patent 1900. godine. Njegov sustav od

četiri ugođena titrajna kruga, dva u odašiljaču i dva u prijamniku, još je i danas neizbježno načelo svake radijske veze (sl. 12/8.).

Međutim, poslije upornih pokušaja i lobiiranja, na do sada neobjašnjen način, Guglielmo Marconi uspijeva 1907. godine dobiti patentno pravo na taj isti izum, za koji dobiva i Nobelovu nagradu 1911. kao izumitelj radija. Tek u listopadu 1943. godine Vrhovni sud SAD-a poništio je Marconijev patent i proglasio Teslin patent izvornim i originalnim. Ali to se dogodilo pet godina poslije Marconijeve i devet mjeseci poslije Tesline smrti, i nakon što je Marconi punih 35 godina maksimalno financijski iskorištavao taj patent, a Tesla je umro kao velik siromah. Tako i titrajni krugovi imaju svoju gorku priču.



Slika 12/8

U ovoj temi upoznali smo:

- pojasno propusni filter
- pojasnozaporni filter
- titrajni krug
- uvjet rezonancije
- rezonantnu frekvenciju titrajnoga kruga
- rezonantnu krivulju
- faktor kvalitete Q
- izračun rezonantne frekvencije titrajnoga kruga.

Tema 13

3.3. Osnovno poznavanje funkcija ispravljača, pojačala, detektora i oscilatora

Blok sheme elektroničkih uređaja

Već smo u uvodu rekli da se ovo poglavlje piše prema *Programu za polaganje radioamaterskog "P" ispita*, koji predviđa tek osnovno poznavanje elektrotehničkih pojmova. Kako se radi samo o *funkciji*, a ne i o električnoj shemi, tu će nam pomoći tzv. *blok-shema* navedenih sklopova. Naime, svaki složeniji elektrotehnički ili radiotehnički uređaj sastoji se od nekoliko *stupnjeva* koji su međusobno funkcionalno povezani. Kod složenijih uređaja, npr. televizora ili SSB-odašiljača, često se služimo blok-shemom koja se sastoji od nekoliko povezanih pravokutnika koji označuju pojedine stupnjeve, njihove funkcije i njihove međusobne veze. U svakome stupnju ostvaruje se odgovarajuća obrada električnog signala, kako bismo na kraju dobili ono što

nam treba. Svaki takav stupanj ima svoj **ulaz** (engl. *input*) i **izlaz** (engl. *output*). Mi ne moramo znati kako je stupanj spojen, ali moramo znati što on radi. To znači da on za nas može biti i “crna kutija”. Npr. ako vidimo da u jednu zgradu ulaze bolesni ljudi, a poslije nekog vremena iz nje izlaze zdravi, znat ćemo da se radi o bolnici, pa makar o medicini ne znali ništa, niti kako ih liječe u toj zgradi. To vrijedi i za blok-sheme elektroničkih uređaja.

U radiotehnici ne postoji beskrajn broj mogućih funkcija, nego je taj broj ograničen, a njihovom kombinacijom možemo načiniti razne uređaje. U tablici 1 nabrojali smo šest najčešćih funkcija. To su: *modulacija*, *rezonancija*, *demodulacija*, *pojačanje signala*, *povratna sprega* i *miješanje frekvencija*. U pojedinom stupnju može biti ujedinjeno i više funkcija. No idemo redom.

Modulacija je postupak kojim u VF noseću frekvenciju “utiskujemo” onaj signal koji želimo bežično prenijeti (zvučni, video, digitalni). Postoje razne vrste modulacije: amplitudna (AM), frekvencijska (FM), impulsna itd. Izvodi se u modulacijskom stupnju odašiljača.

Rezonancija je svojstvo titrajnog kruga (ili piezoelektričnog kristala) da neku frekvenciju izdiže (ili potiskuje). Tako se postiže *selektivnost* prijarnika.

Demodulacija je postupak suprotan modulaciji. Njome u prijarniku “skidamo” modulacijski signal što nam ga je bežično donio modulirani signal visoke frekvencije. Demodulacijski stupanj je npr. detektorski prijarnik.

Pojačanje je jedna od najvažnijih i najčešćih funkcija elektroničkih uređaja. Ono može biti pojačanje niske (NF pojačalo) ili pojačanje visoke frekvencije (VF pojačalo).

Povratna sprega (ili veza) ostvaruje se tako da se dio signala iz izlaza pojačala vodi nazad na njegov ulaz. Ta veza može biti pozitivna (u fazi) ili negativna (u protufazi). Pozitivna povratna veza omogućuje rad oscilatora, a negativna povratna veza može stabilizirati rad pojačala, smanjiti njegovo izobličenje ili automatski regulirati njegovo pojačanje. U oscilatoru imamo ujedinjene tri funkcije: rezonanciju, pojačanje i pozitivnu povratnu spregu. Postoje deseci tipova oscilatora, ali svaki od njih mora imati titrajni krug ili piezoelektrični kristal (koji određuje frekvenciju), tranzistor ili elektronsku cijev (koji daju pojačanje) i pozitivnu povratnu spregu od izlaza prema ulazu (koja nadoknađuje gubitke i tako podržava oscilacije).

Miješanje frekvencija je važna funkcija, jer nam omogućuje izradu superheterodinskog prijarnika, koji je danas gotovo jedini tip prijarnika. Miješanjem dvaju signala različitih frekvencija dobivamo njihov zbroj i razliku - tzv. *međufrekvenciju* koja se onda može lakše obrađivati i pojačavati.

Tablica 1. Pregled osnovnih funkcija u radiotehnici

| Pojam | Funkcija | Čime se ostvaruje |
|--------------------------------|---|---|
| 1. MODULACIJA (u odašiljaču) | “Utiskivanje” niske frekvencije u VF val nosilac | Elektronska cijev, tranzistor, dioda |
| 2. REZONANCIJA | Selektivnost, izdvajanje ili isticanje određene frekvencije | Titrajni krug, kristal kvarca, keramički ili mehanički filter |
| 3. DEMODULACIJA (u prijarniku) | “Rekonstrukcija” niske frekvencije iz modulirane VF struje | Dioda, tranzistor, elektronska cijev |
| 4. POJAČANJE | Naponsko ili strujno pojačanje NF i VF signala | Tranzistori, elektronske cijevi |
| 5. POVRATNA VEZA (ili sprega) | a) pozitivna povr. veza: stvaranje oscilacija b) negativna povr. veza: smanjenje izobličenja, automatska regulacija, stabilniji rad pojačala | Zavojnice, kondenzatori, otpornici |
| 6. MIJEŠANJE FREKVENCIJA | Interferencija, dobivanje međufrekvencije | Tranzistori, diode, elektronske cijevi |

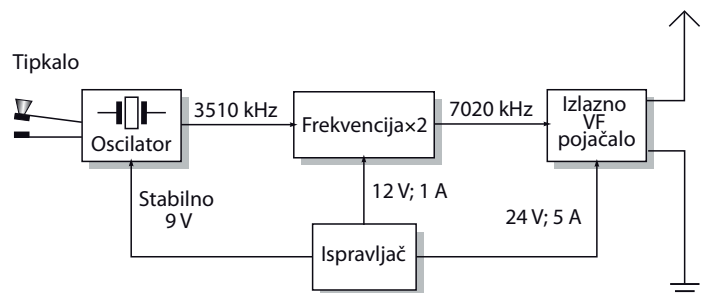
Stupanj za miješanje ima dva ulaza (za osnovnu frekvenciju i za frekvenciju lokalnog oscilatora) te jedan izlaz za međufrekvenciju.

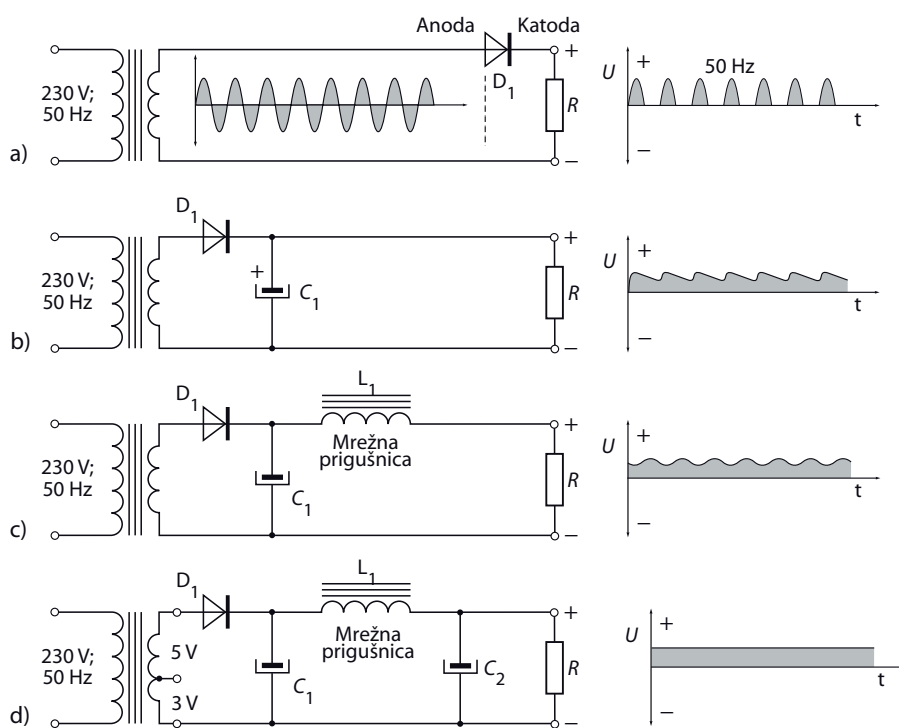
Postoje i druge funkcije, iako rjeđe, npr. ograničavanje razine signala (*limiter*), namjerno izobličenje signala (množila frekvencije, električna gitara), prilagodba impedancije, napajanje uređaja istosmjernom strujom (ispravljanje) itd. To se većinom odnosi na klasičnu, tj. analognu elektroniku, jer su uređaji za digitalnu elektroniku drukčije građeni.

Na slici 13/1 vidimo blok-shemu jednostavnog odašiljača za telegrafiju (CW). Oscilator je kristalni, što znači da je vrlo stabilne frekvencije, ali se ona ne može mijenjati. Iz njega je stupanj za udvostručenje frekvencije (množilo frekvencije) kojim pobuđujemo izlazno pojačalo. Ono je spojeno na odgovarajuću rezonantnu antenu. Iz potrošnje izlaznog stupnja možemo zaključiti da se radi o odašiljaču snage od približno 100 W.

Ispravljači

U počecima razvoja radiotehnike davale su električnu energiju za rad prijarnika baterije: u trgovini ste mogli kupiti prilično glomaznu i skupu tzv. “anodnu bateriju” napona 90 ili 125 V, koja je davala istosmjerni napon za elektronske cijevi. Katode tih cijevi u pravilu su se žarile strujom iz olovnog akumulatora, napona 4 V, koji ste redovito morali nositi na punjenje.





Slika 13/2 a,b,c,d

kao i mrežna prigušnica koja ima velik otpor za izmjeničnu, a malen otpor za istosmjernu struju. Tu je još i transformator koji izmjenični napon od 230 V pretvara u odgovarajući napon potreban za rad tog uređaja. Ispravljanje može biti poluvalno i punovalno. Na slici 13/2 vidimo poluvalno ispravljanje u svim njegovim fazama. Kod punovalnog ispravljanja i pozitivni i negativni poluval izmjenične struje usmjeravaju se u istome smjeru. Tu je onda potreban dvostruki sekundarni namotaj na transformatoru i dvije diode, ili tzv. Grätzov spoj s četiri diode i samo jednim sekundarnim namotajem. Današnji ispravljači često imaju i spoj za stabilizaciju napona, što se postiže Zenerovim diodama, ili posebnim komponentama za stabilizaciju napona.

U ovoj temi upoznali smo sljedeće pojmove:

- blok-shemu električnih uređaja
- glavne funkcije elektroničkih sklopova (modulaciju, rezonanciju, demodulaciju, pojačanje, povratnu spregu, miješanje frekvencija)
- ispravljač kao najčešći izvor istosmjernog napona za napajanje elektroničkih uređaja (poluvalni i punovalni).

Čim je u kuću došla elektroenergetska mreža s izmjeničnom strujom pojavili su se ispravljači koji izmjeničnu struju frekvencije 50 Hz pretvaraju u istosmjernu. Kao električni ventil služila je elektronska cijev dioda, zvana "ispravljačica". Danas taj posao obavljaju poluvodičke diode. Izmjeničnu struju nije dovoljno ispraviti, nego ju poslije treba i "ispeglati", kako se u zvučniku ne bi čulo brujanje. To čine kondenzatori velikoga kapaciteta, najčešće elektrolitski,

Tema 14

4. Prijamnici

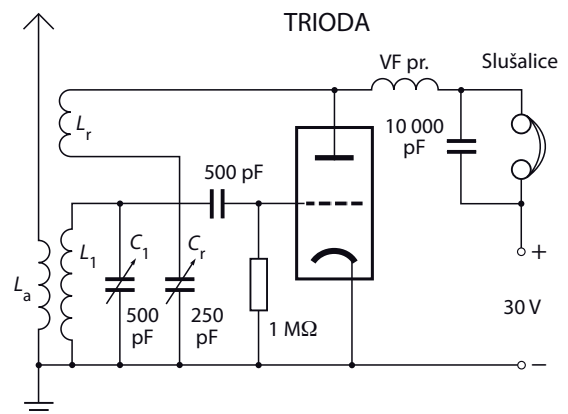
Radioamaterima operatorima glavni je cilj održavanje bežičnih veza s drugim radioamaterima. Stoga ih najviše zanimaju prijamnici i predajnici, koje su nekada sami izrađivali, a danas se u pravilu kupuju tvornički proizvodi. Osnovne funkcije prijamnika već smo uglavnom upoznali, a danas ćemo ukratko opisati načelnu strukturu nekoliko vrsta prijamnika.

4.1. Osnovno poznavanje funkcija prijamnika

Prvu elektronsku cijev koja je mogla pojačavati, njezin tvorac Lee de Forest nazvao je "audion", međutim uskoro je promijenila ime u "trioda", a "audion" je poslije toga označio je vrstu prijamnika (latinski *audire* = čuti). Audion kao spoj obilježio je prvih dvadesetak godina razvoja radiotehnike - i u koncertnim, i u komunikacijskim odnosno radioamaterskim prijamnicima. Odlikuje ga jednostavnost, velika osjetljivost, za ono vrijeme dobra selektivnost, stabilnost frekvencije, kao i mogućnost primanja amplitudne modulacije (AM) i nemodulirane telegrafije (CW). Zato je do 1930-ih godina on bio "srce" radiodifuznih prijamnika na srednjem i dugom valu, kada ga je počeo zamjenjivati superheterodinski prijamnik.

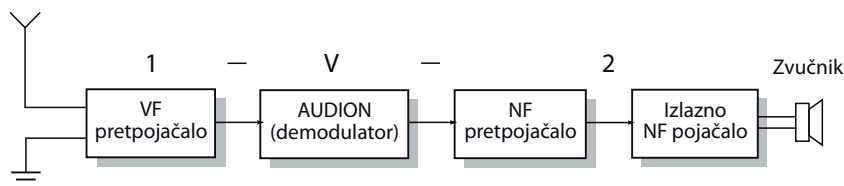
Klasičnu shemu audiona vidimo na slici 14/1. Trioda pojačava VF signal koji stiže iz antene na njezinu prvu rešetku preko titrajnoga kruga L_1-C_1 i kondenzatora od 500 pF. Izabrani pojačani VF signal na anodi ne može poći udesno, jer ga u tome sprječava VF prigušnica, nego kreće ulijevo preko zavojnice za povratnu spregu L_r koja je induktivno spregnuta s titrajnim krugom L_1-C_1 . Na taj se način VF signal višekratno pojačava "u krug", a ujedno se povećava i selektivnost tog prijamnika. Jakost povratne sprege namješta se promjenljivim kondenzatorom C_r od 250 pF. Ako njegovu osovinu okrenemo previše udesno i tako povećamo kapacitet, cijeli spoj pretvorit će se u oscilator, dakle malen odašiljač na frekvenciji titrajnoga kruga L_1-C_1 . Za prijam koncertnih postaja (AM) C_r treba postaviti tik pred osciliranje, a za prijam nemodulirane telegrafije (CW) treba ga namjestiti na početak osciliranja. Kombinacija rešetka-katoda u triodi istodobno ima ulogu diode, pa na tome mjestu dolazi i do demodulacije VF signala. Pojačana niska frekvencija javlja se zatim na anodi triode, ali ona ne može poći ulijevo jer C_r ima za nju prevelik otpor, nego preko prigušnice "VF pr." ide udesno na visokoomske slušalice (1-4 k Ω). Postoje ozbiljni

Slika 14/1



stručnjaci koji tvrde, tko u životu nije spojio i iskušao audion, taj ne može steći pravi osjećaj za radiotehniku. Danas se audion može načiniti i s pomoću tranzistora, naročito FET-a, koji je vrlo sličan triodi.

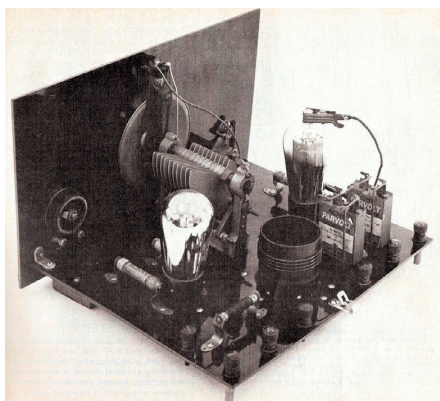
4.2. Blok-shema jednostavnih prijmnika



Slika 14/2

koju primamo. Na slici 14/2 vidimo blok-shemu takva prijmnika sa četiri stupnja: VF pretpojačalo, audion, NF pretpojačalo i NF izlazno pojačalo. Nekada bi takav prijmnik nosio oznaku 1-V-2 (V = njemački *Vergleicher* - detektor, demodulator), tj. jedan stupanj VF pretpojačanja, audion i dva stupnja NF pojačanja.

Prijamnici s audionom ili drugom vrstom demodulatora zovu se "direktni prijmnici" jer su svi titrajni krugovi u njemu namješteni neposredno na frekvenciju



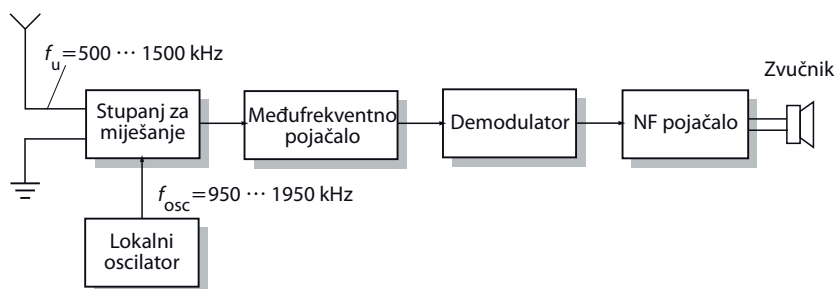
Slika 14/3

Na slici 14/3. vidimo kratkovalni prijmnik 0-V-1 s dvije cijevi iz tridesetih godina prošloga stoljeća. Takvim su prijmnikom radioamateri državali veze po cijelome svijetu.

U to vrijeme direktne prijmnike počeo je zamjenjivati superheterodinski prijmnik zbog svoje veće selektivnosti i osjetljivosti na slabe signale. Na slici 14/4 vidimo blok-shemu takva prijmnika. Na ulazu on ima stupanj za miješanje u koji ulaze dvije frekvencije - ona iz antene (f_u), i ona iz pomoćnog, tzv. lokalnog oscilatora (f_{osc}). Miješanjem tih dviju frekvencija dobivamo **međufrekvenciju** (kao njihovu razliku), koja se dalje pojačava i demodulira.

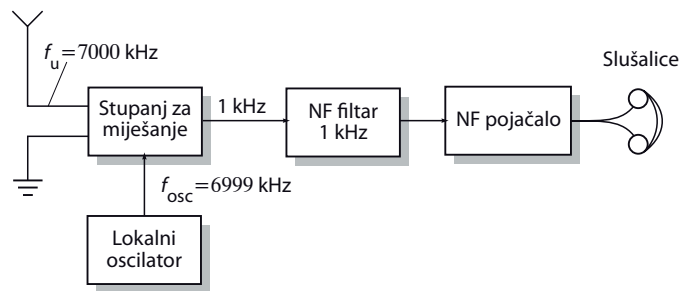
Superheterodinski prijmnik riješio je problem selektivnosti. Naime, veća selektivnost postiže se većim brojem titrajnih krugova. Kako u direktnih prijmnika ovi moraju biti promjenljivi, javila se potreba za sve većim brojem promjenljivih kondenzatora na istoj osovini, čije je titrajne krugove bilo sve teže uskladiti. (Praktična granica bio je trostruki promjenljivi kondenzator, što još nije bilo dovoljno. Njemački vojni direktni prijmnik *Torn e.b.*

Slika 14/4



imao je četverostruki promjenljivi kondenzator.) Kako je međufrekvencija kao rezultat miješenja u superheterodinskom prijmniku uvijek ista, broj nepromjenljivih titrajnih krugova u sljedećim stupnjevima mogao je

biti mnogo veći. Normirana međufrekvencija koncertnih prijamnika u pravilu je oko 460 kHz, pa se tako izrađuju i tzv. međufrekventni transformatori. Nedostatak superheterodinskog prijamnika su tzv. **simetrične** ili "zrcalne" frekvencije. Naime, kako je rezultat miješanja i razlika i zbroj dviju frekvencija, uvijek postoje dvije frekvencije na ulazu koje će takav prijamnik primiti. Jednu od njih, onu simetričnu, treba ukloniti, što se postiže kvalitetnim titrajnim krugovima na ulazu u prijamnik, a i višom međufrekvencijom.



Slika 14/5

Krajem tridesetih godina prošloga stoljeća počeli su se javljati tvornički prijamnici namijenjeni radioamaterima, naročito u Americi, a poslije Drugoga svjetskog rata njihov se broj naglo povećao. Na slici 14/6. vidimo komunikacijski superheterodinski prijamnik SX-100 čuvene tvornice "Hallicrafters", tada san mnogih radioamatera.

Postoji i treća vrsta prijamnika, a izmislili su je radioamateri prije tridesetak godina. To su tzv. DCR - *direct conversion receivers*, prijamnici s neposrednim miješanjem. Kod njih je rezultat miješanja odmah niska frekvencija, dakle čujni signal. Pogodni su za prijam telegrafije (CW), SSB i DSB signala (sl. 14/5.).



Slika 14/6

Kod takvog prijamnika lokalni oscilator radi vrlo blizu ulazne frekvencije. Npr. ako je ulazna frekvencija 7000 kHz, lokalni oscilator radi na 6999 kHz, tako da je rezultat miješanja 1 kHz. A to je niska frekvencija, koja se dalje pojačava i vodi u slušalice. Najpoznatiji spoj takvog prijamnika je onaj s dvije antiparalelno spojene diode ruskog amatera Vladimira Poljakova, RA3AAE. Takav prijamnik je vrlo otporan na prejake signale, a i lokalni oscilator mu radi na dvostruko nižoj frekvenciji, što daje veću stabilnost frekvencije. Može ga lako načiniti i početnik.

U ovoj temi upoznali smo sljedeće pojmove:

- audion s pozitivnom povratnom spregom,
- blok-shemu direktnog prijamnika,
- blok-shemu superheterodinskog prijamnika,
- međufrekvenciju,
- simetrične ili zrcalne frekvencije,
- blok-shemu prijamnika s neposrednim miješanjem (DCR).

Tema 15

5. ODAŠILJAČI

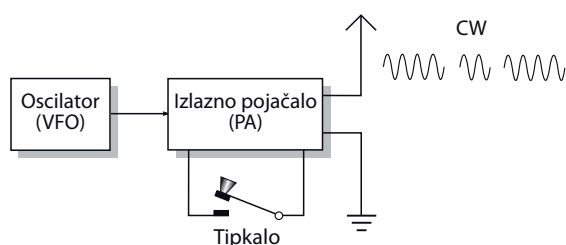
5.1. Osnovno poznavanje funkcija odašiljača

Kada je njemački fizičar Heinrich Hertz 1888. godine pokusom dokazao Maxwellovu teorijsku pretpostavku da radiovalovi zaista postoje, ubrzo se postavilo pitanje kako ih proizvoditi, koji im je domet i kako ih iskoristiti. Prvi upotrebljiv izvor radiovalova bilo je iskrište visokonaponskog induktora vezano neposredno za antenu i uzemljenje. Taj je izvor proizvodio, prema današnjim mjerilima, golem oblak smetnji - a u ono vrijeme bežični način komunikacije Morseovim znakovima.

CW - neprigušeni val

Kada je Kanadanin Reginald Fessenden inzistirao na tome da bi trebalo proizvesti *continuous wave* (CW - neprigušeni val), tj. jednu jedinu neprigušenu frekvenciju koju treba odvesti u antenu, veliki Guglielmo Marconi ga je javno ismijao tvrdeći da to neće raditi, jer je za stvaranje radiovalova navodno bitan tzv. „efekt pljuska“ (*splash effect*), kao kada dlanom pljesnemo po vodi, što može učiniti samo električna iskra. Ipak se pokazalo da je u pravu bio Fessenden, a ne Marconi, i da antena lijepo pretvara sinusoidalnu struju jedne jedine frekvencije u radiovalove. Štoviše, Fessenden je tu VF struju modulirao stavivši poveći ugljeni mikrofon u antenski vod, pa je na Badnjak 1906. godine ostvario prvi radiodifuzijski program u povijesti - svirajući na violini, otpjevavši „Svetu noć“ i čestitavši slušateljima Božić - na veliko zaprepaštenje radiotelegrafista na obližnjim brodovima koji još nisu u slušalicama čuli ljudski glas, nego samo zujanje Morseovih znakova. Naprava snage 1 kW kojom je proizvodio neprigušeni val zvala se magnetski alternator, jer elektronska cijev trioda tada još nije bila izumljena. U tome mu je veliku pomoć pružio švedski inženjer Ernst Alexanderson, zaposlenik poduzeća *General Electric* koje je izvršilo narudžbu alternatora - slika 15/1.

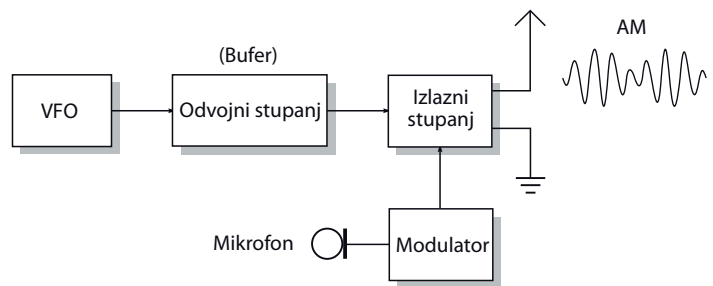
Slika 15/1



Izumom elektronske cijevi triode (Lee de Forest 1907.) tehnologija bežičnih veza potpuno se promijenila. Edwin Armstrong uvodi 1912. godine pozitivnu povratnu spregu i ubrzo primjećuje, ako je ona malo jača, trioda se pretvara u oscilator koji proizvodi jednu jedinu frekvenciju, i to prilično stabilnu, dakle onaj CW o kojemu je govorio Fessenden.

5.2. Blok-shema odašiljača

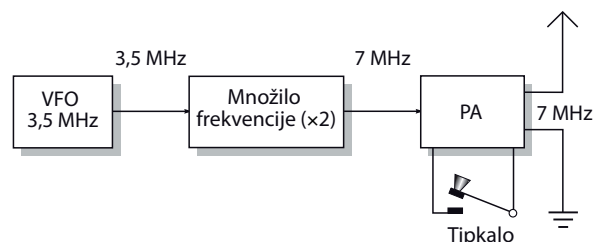
Oscilator je srce svakog odašiljača jer on određuje na kojoj će frekvenciji taj raditi. Kako su te oscilacije u pravilu slabašne, one se još pojačavaju u izlaznom stupnju odašiljača, koji tako određuje njegovu snagu. Poslije 1953. godine kada su dobili dozvole za rad, hrvatski su radioamateri često izrađivali telegrafске odašiljače od samo dvije cijevi - **oscilatora** (VFO - *variable frequency oscillator* - oscilator promjenljive frekvencije) i **izlaznog pojačala** (PA - *power amplifier* - pojačalo snage). Snaga im je bila tridesetak vata VF energije u anteni. Blok-shemu vidimo na slici 15/2. Za rad *fonijom* (FONE), tj. govorom, trebao je još i modulator, a to je NF pojačalo s mikrofonom radi postizanja amplitudne modulacije (AM) - slika 15/3.



Slika 15/2

Poznato je da je stabilnost oscilatora veća kada radi na nižoj frekvenciji. Zato je dobro da on radi npr. na 3,5 MHz, a za rad na 7 MHz ta frekvencija se udvostručuje, pa se između oscilatora i izlaznog stupnja ubacuje još jedan stupanj - **množilo frekvencije**, a može ih biti i više - slika 15/3. Tako jednim pažljivo izrađenim oscilatorom možemo obuhvatiti nekoliko amaterskih područja.

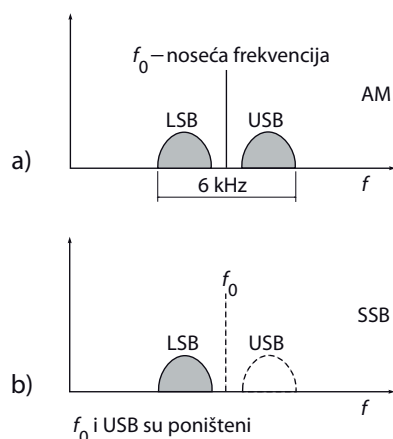
Godine 1927. radioamateri su dobili nov element za postizanje veće stabilnosti frekvencije oscilatora. To je bio kristal kvarca (kremena) i još nekih minerala. Prikladno izrezan i izbrušen, on se ponaša kao vrlo kvalitetan serijski titrajni krug, pa omogućuje i izradu vrlo selektivnih filtara za prijarnike. Poslije 1927. godine većina amaterskih odašiljača imala je oscilatore s kristalom kvarca, koji je davao kristalno čist i stabilan ton telegrafskog signala. U ono vrijeme bila je velika čast primiti *raport* T9x u amaterskoj vezi. Nažalost, frekvencija kristala kvarca ne može se mijenjati.



Slika 15/3

Amplitudna modulacija - AM

Kada su radili govorom (FONE), radioamateri su se prije Drugog svjetskog rata služili isključivo amplitudnom modulacijom, kao i radiodifuzne postaje. Tehnologija amplitudne modulacije nije bila previše složena, pa su amateri mogli izrađivati vlastite amplitudno modulirane odašiljače.



Slika 15/4

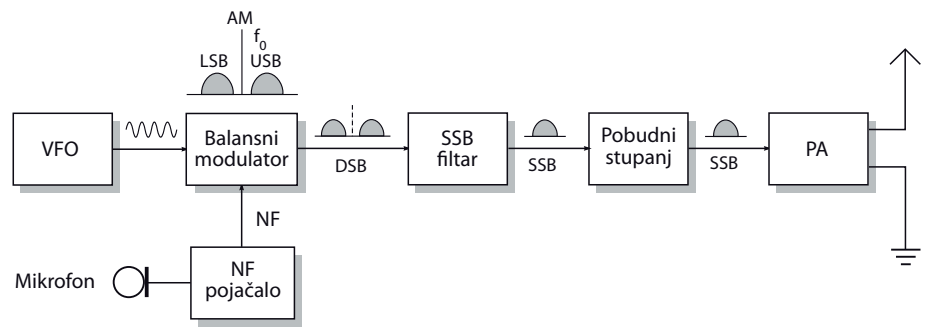
Godine 1914. bilo je matematički dokazano da amplitudno modulirani VF signal osim “noseće frekvencije” u sredini, ima sa svake strane po jedan bočni pojas. Oni su zrcalno jednaki (sl. 15/5.). Od ukupne VF snage u anteni u pravilu 50% otpada na noseću frekvenciju, a 25% na “donji” i 25% na “gornji” bočni pojas. Prema dogovoru, za potrebe radiodifuzije prenoše se niske frekvencije samo do visine od 4,5 kHz, što nije “hi-fi”, ali zadovoljava. Za oba bočna pojasa to iznosi 9 kHz. Zato svaka radiodifuzijska postaja na srednjem valu zauzima širinu od 9 kHz, pa na cijelome srednjovalnom području, koje je danas široko 1100 kHz, ima mjesta za samo 122 postaje. Na uskim amaterskim područjima, gdje se prenosi samo govor, može se “proći” i s tri kiloherca, što znači 6 kHz širine AM signala, ali nikako i manje od toga, jer tada glas zvuči “kao iz bačve”. Tako je na fonijskim dijelovima amaterskih područja dolazilo do velikih gužvi i interferentnih zvižduka koji su vrlo otežavali rad amplitudnom modulacijom.

Modulacija jednim bočnim pojasom - SSB

S druge strane, teorija je govorila da je za prijenos razumljive informacije dovoljan jedan bočni pojas, tako da su noseća frekvencija i drugi bočni pojas zapravo suvišni i mogu se ukinuti. To bi značilo da se s 25% VF energije može postići isti rezultat kao i s punom snagom AM-signala, a zauzeti pojas je za pola uži. Odatle i naziv SSB - *single side band* (jedan bočni pojas). Još 1915. godine izvjesni John Carson zatražio je patentno pravo na tu svoju ideju. Poslije mnogih natezanja taj patent je i dobio 1923. godine. Ideja je bila dobra, ali ispred svoga vremena, jer tada još nije postojala elektronička tehnologija koja bi ju mogla uspješno ostvariti. Za SSB je posebno bila zainteresirana poštanska služba kako bi mogla povećati broj govornih kanala, pa su mnogi pokusi bili učinjeni u Bellovim laboratorijima. Tako je 1927. godine bila uspostavljena prva SSB radiotelefonska veza preko Atlantika na nosećoj frekvenciji od 52 kHz. Tako su elegantno riješili problem nedovoljne snage odašiljača i uske rezonantne karakteristike predajne antene. Provjereno pravilo kaže: “Pri istoj snazi SSB signal se čuje triput dalje od AM signala.”

SSB je sporo ulazio u amaterske komunikacije. Tek u rujnu 1933. u radioamaterskom časopisu “R/9”, koji je izlazio u Los Angelesu, M. Moore, W6DEI, počeo je objavljivati članak u tri nastavka “SSB odašiljač za radioamaterske veze”. Članak nije pobudio veću pozornost, jer je SSB odašiljač mnogo složeniji od AM odašiljača, a i prijammnik treba donekle preraditi. Trebalo je pričekati sve do 1947. kada su se stvari konačno pokrenule.

Danas je SSB modulacija isključiv način rada *fonijom* na amaterskim kratkovalnim područjima, kao i djelomice na UKV-u - uz FM (frekvenzijsku modulaciju). Kod SSB modulacije možemo birati između donjeg bočnog pojasa (*lower side band* - LSB) i gornjeg bočnog pojasa (*upper side band* - USB).



Slika 15/5

Prema dogovoru, LSB se primjenjuje na područjima od 3,5 i 7 MHz, a USB na preostalim višim amaterskim frekvencijama. Granica je 10 MHz. Osim toga, pri radu s prijarnikom potrebno je vrlo precizno ugoditi lokalni oscilator (BFO - koji obnavlja noseću frekvenciju) jer u suprotnom glas zvuči izobličeno. Zato SSB modulacija nije naročito pogodna za prijenos glazbe, nego samo govora. Blok shemu SSB odašiljača vidimo na slici 15/5.

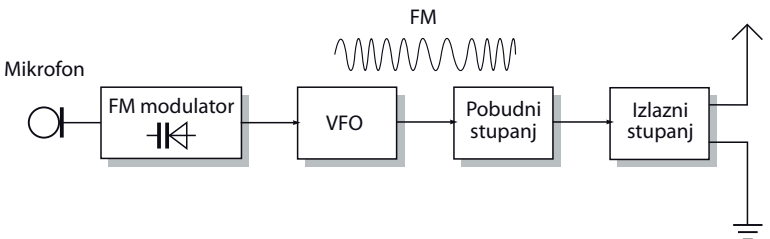
Frekvenzijska modulacija - FM

Još jedna vrsta modulacije kojom se danas služe radioamateri jest frekvenzijska modulacija (FM). Kod te modulacije NF signalom mijenjamo frekvenciju oscilatora lijevo i desno oko neke srednje vrijednosti. Rabi se na UKV području i za radiodifuzne FM postaje (88

- 108 MHz), kao i za prijenos zvuka na televizijskim kanalima. Njezina značajka je velika kvaliteta reprodukcije zvuka. Njezin tvorac (1933.) isti je onaj Edmund Armstrong koji je izumio povratnu spregu i superheterodinski prijarnik (sl. 15/6.). Kako financijski kapital uložen u AM radiodifuziju nije tada bio naročito zainteresiran za FM, Armstrong je razočaran (i napušten od supruge) 1954. u 64. godini života počinio samoubojstvo skočivši s 13. kata. Veliki izumitelji u pravilu nisu sretni ljudi.

U ovoj temi upoznali smo sljedeće pojmove:

- oscilator u prijarniku ili odašiljaču (VFO)
- kristal kvarca
- množilo frekvencije (FD)
- odjelni stupanj (buffer)
- pobudni stupanj (driver)



Slika 15/6

- izlazni stupanj odašiljača (PA)
- neprigušeni VF signal (CW)
- amplitudnu modulaciju (AM)
- SSB modulaciju
- donji bočni pojas (LSB)
- gornji bočni pojas (USB)
- frekvenzijsku modulaciju (FM).

Tema 16

6. Antene

6.1. Vrste antena:

- dipol
- Yagijeva antena
- vertikalna antena

6.2. Značajke zračenja antena navedenih u točki 6.1.

6.3. Impedancija antena

Izračun valne duljine

Ako pogledamo u latinski rječnik, vidjet ćemo da riječ “antena” znači “jedrenica”. To je dugačka, koso postavljena motka na jarbolu na kojoj visi trokutasto, tzv. latinsko jedro. U radiotehnici antena služi tome da visokofrekvencijske struje pretvori u radiovalove - ili obratno. U prvome slučaju radi se o predajnoj anteni, a u drugome - o prijamnoj. Teorijski i praktično nema razlike između odašiljačke i prijамne antene, pa svaka antena može obavljati obje funkcije. Ipak, kada se radi o odašiljačkoj anteni, uvjeti za njezinu izradu mnogo su stroži - kako bi se postiglo najveće moguće zračenje.

Kod izračuna odašiljačke antene najvažniji podatak je **frekvencija** odnosno **valna duljina** na kojoj će ona raditi. Kako je brzina rasprostiranja radiovalova 300 000 kilometara u sekundi, viša frekvencija znači manju valnu duljinu, i obratno. Praktičan izraz za preračunavanje glasi:

$$\text{valna duljina } \lambda_m = \frac{300}{f_{\text{MHz}}}, \text{ i obratno:}$$

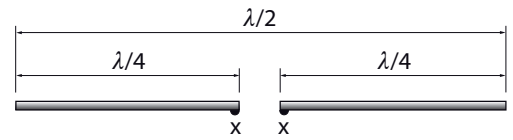
$$\text{frekvencija } f_{\text{MHz}} = \frac{300}{\lambda_m}.$$

Npr. radit ćemo na srednjoj frekvenciji od 145 MHz. Valna duljina λ (lambda) je $300:145 = 2,07$, tj. $2,07 \text{ m} = 207 \text{ centimetara}$.

Poluvalni dipol

Osnovni tip antene u radiotehnici je **poluvalni dipol** (sl. 16/1.). To znači da će u ovom slučaju njegova duljina biti približno $207 \text{ cm} : 2 = 103,5 \text{ cm}$; kažemo približno, jer duljina dipola donekle ovisi još i o debljini žice ili cijev-

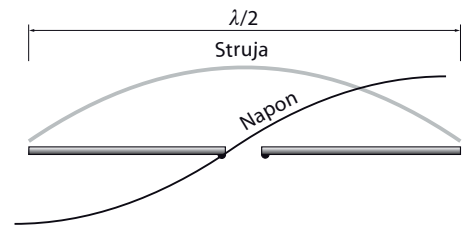
vi, o visini iznad zemlje, o kapacitetu njegovih krajeva, kao i o okolini. Osim toga, struja u dipolu putuje nešto sporije negoli u zraku, pa ćemo dobivenu duljinu pomožiti i s tzv. “**faktorom skraćivanja**”, a taj je najčešće 0,95. Dakle, za izradu rečenoga dipola trebat će nam bakrena ili aluminijska cijev $103,5 \text{ cm} \times 0,95 = 98,3 \text{ cm}$ dugačka.



Slika 16/1

Dipol ima dva kraka - lijevi i desni. Priklučci za dipol nalaze se u sredini. U našem slučaju svaki krak ima $98,3 \text{ cm} : 2 = 49,15$ centimetara. To je tzv. rezonantni dipol za srednju frekvenciju od 145 MHz. “Srednju” znači da u radu možemo malo odstupati prema gore ili dolje, npr. od 144 - 146 MHz.

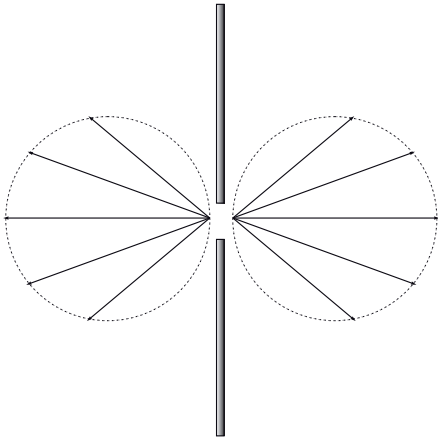
Kada je dipol rezonantan, tj. ugođen na određenu frekvenciju, u anteni se javljaju tzv. **stojni valovi**, pa je raspored napona i struje u anteni kao na slici 16/2., kada ona najbolje zrači. Vidimo da je napon najveći na njezinim krajevima, a struja je najveća u sredini. Kako u rezonanciji antena pokazuje čisti omski otpor, napon i struja su u fazi, a priključni otpor (ulaznu impedanciju) dipola izračunat ćemo prema Omovu zakonu: (napon na priključcima x-x) : (struja u tim istim priključcima). Tipičan priključni otpor poluvalnog dipola iznosi između 50 i 75 oma.



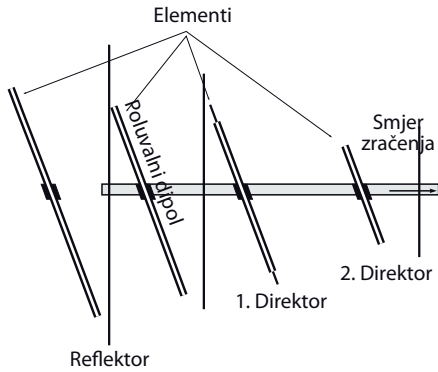
Slika 16/2

Iz elektrotehnike znamo da najveću snagu iz nekog trošila dobivamo kada je otpor trošila jednak unutrašnjem otporu izvora. Zato danas svi tvornički predajnici za radioamatere na izlaznoj antenskoj priključnici imaju unutrašnji otpor od 50 oma, a i svi koaksijalni kabeli za priključak do antene rade s karakterističnim otporom također od 50 oma. To je tzv. “**prilagodba impedancije**”, koja omogućuje najbolji prijenos snage u antenu. On se izražava omjerom SWR (*standing wave ratio* - omjer napona stojnih valova u dovodu). Neizračeni dio reflektira se nazad i stvara stojne valove u dovodu, što uzrokuje gubitke. Idealni SWR je 1:1, što znači da je sva energija poslana u antenu ujedno i izračena. Prilagodba je to slabija što je lijeva znamenka veća. U praksi tolerira se SWR do 3:1 (što znači da će se izračiti samo 75% poslana snage), poslije čega moramo bolje prilagoditi antenu. Takav instrument za mjerenje omjera stojnih valova zove se SWR-metar i uključuje se u antenski dovod.

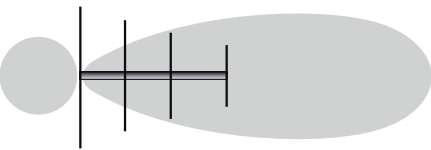
Sljedeći podaci o anteni su njezina **polarizacija** i **dijagram zračenja**. Ako je dipol položen vodoravno, kažemo da su njegovi radiovalovi horizontalno polarizirani (gleda se polarizacija električnog polja E). Ako ih pokušamo primati drugim dipolom koji stoji okomito, vidjet ćemo da to baš ne ide, jer je taj dipol vertikalno polariziran. (Ta je razlika na UHF području toliko oštra da u satelitskih prijavnika dvije TV postaje rade na istoj frekvenciji, ali sebi međusobno ne smetaju. Jedan signal je horizontalno (H), a drugi je vertikalno (V) polariziran.



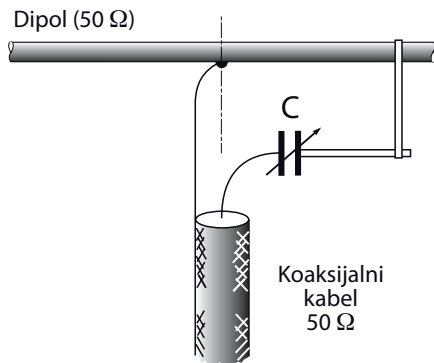
Slika 16/3



Slika 16/5



Slika 16/6



Slika 16/7

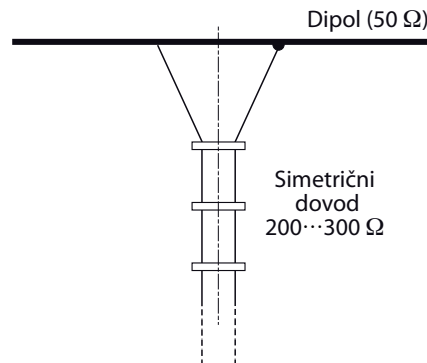
Ne zrače sve antene jednako u svim smjerovima. Npr. poluvalni dipol najbolje zrači okomito na svoju duljinu, a uzduž žice uopće ne zrači (sl. 16/3.). Vidimo da u poluvalnog dipola taj dijagram zračenja ima oblik osmice: zračenje je najjače naprijed i nazad, okomito na dipol. Radioamateri to znaju, pa paze kako će okrenuti i pričvrstiti dipol na krovu.

Yagi-Udina antena

Vjerojatno nema radioamatera koji ne poznaje Yagi-antenu, poznatu još i kao “*beam*”. O njezinim izumiteljima i nastanku opširnije smo govorili u prvom dijelu knjige. Služi i za prijam televizijskog programa, pa je ona danas valjda najpoznatiji tip usmjerene antene na svijetu.

Sama Yagijeva antena je poluvalni dipol (koji služi kao aktivni element, **radijator**), i koji sa stražnje strane ima **reflektor**, a s prednje jedan ili više **direktora** (sl. 16/5.). Reflektor je 5% dulji od radijatora, te djeluje induktivno, a direktor je 5% kraći od radijatora, pa djeluje kapacitivno. Dijagram zračenja Yagijeve antene od četiri elementa vidimo na slici 16/6. S tim u vezi moramo spomenuti i **dobit** antene (engl. *gain*). Ne radi se o pravom pojačanju, nego o pojačanom zračenju u najpovoljnijem smjeru na račun onih smjerova prema kojima antena ne zrači. Za usporedbu služi poluvalni dipol za koji se smatra da ima dobit od 0 dB (tj. jedanput). To se označuje malim slovom “*d*”. Npr. Yagijeva antena s četiri elementa ima tipičnu dobit od 6 dBd, tj. četiri puta više nego na poluvalni dipol. Za rad Yagijeve antene važan je i razmak između elemenata, pa se tu treba pridržavati provjerenih podataka.

Zbog parazitskih elemenata priključni otpor Yagijeve antene znatno je manji od 50 oma. Zato se ona napaja preko **prilagodnog transformatora**, npr. “*delta*” ili “*gamma*” (sl. 16/7.). Na kratkom valu upotrebljava se VF transformator (tzv. *balun*), koji se u pravilu mota na toroidnoj jezgri.



Vertikalna antena

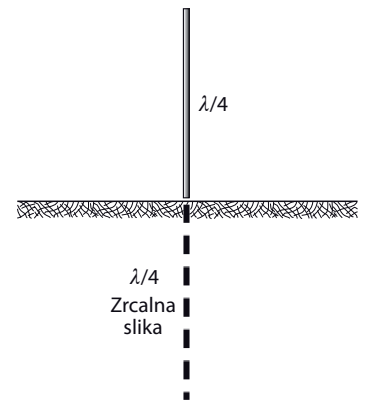
U praksi je vertikalna (ili "štap") antena najčešće četvrtvalna. Nastala je od vertikalnog dipola, kojemu je donji krak zamijenjen uzemljenjem, pa se taj javlja kao zrcalna slika gornjega kraka (sl. 16/8.). Kako bi se smanjili gubici, uzemljenje mora biti savršeno, što nije lako postići. Mnogi srednjovalni predajnici imaju četvrtvalne antene; vidimo ih kao visoke metalne stupove koji na dnu leže na čvrstom izolatoru. Radi što boljeg uzemljenja, u zemlju oko antene plitko se ukopava veći broj (16, 32 itd.) radijalnih četvrtvalnih bakrenih vodiča, koji djeluju kao **protuteg**.

Na višim frekvencijama (iznad 14 MHz) dobro rješenje je i tzv. ground plane antena (GP) koja kao protuteg ima na dnu četiri četvrtvalna štapa. Oni su postavljeni ukoso kako bi se priključni otpor GP antene što više približio otporu od 50 oma (sl. 16/9.).

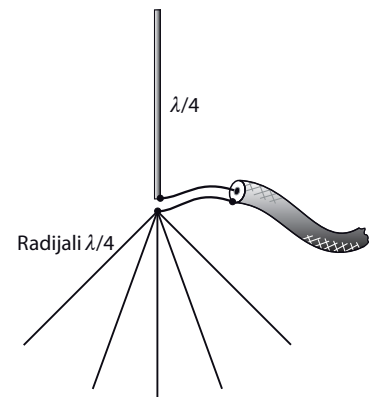
Značajno je svojstvo vertikalne antene da zrači kružno, tj. jednako u svim smjerovima. Zato je ona prikladna za repetitore, vozila u pokretu, na brodovima i za amaterski rad na kratkim valovima (ako se već nismo odlučili za beam).

U ovoj temi upoznali smo sljedeće pojmove:

- poluvalni dipol
- rezonantnu antenu
- faktor skraćanja
- stojne valove
- prilagodbu impedancije
- polarizaciju antene
- dijagram zračenja
- Yagijevu antenu (reflektor, radijator, direktor)
- dobit antene
- prilagodni transformator
- protuteg i
- ground plane antenu.



Slika 16/8



Slika 16/9

Tema 17

7. Rasprostiranje radiovalova

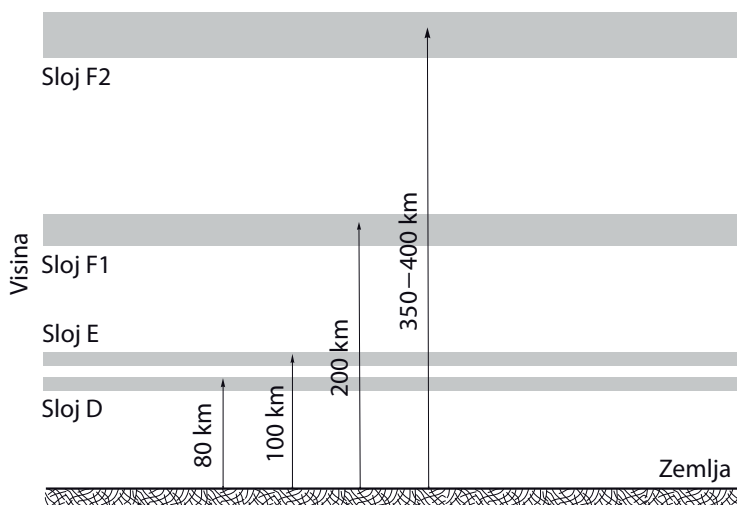
7.1. Ionosferski slojevi

O ionosferskim slojevima opširnije smo govorili u prvom dijelu knjige. Zahvaljujući uglavnom Appletonu, danas imamo prilično jasnu sliku ionosfere i njezina ponašanja (sl. 17/1.). Ionosfera se sastoji od nekoliko ioniziranih, tj. električno nabijenih slojeva u gornjim dijelovima atmosfere. Donja joj je granica na visini od 50 km, a gornja i do 500 km, gdje se već miješa s magnetosferom i Van Alenovim radijacijskim pojasima. Stupanj ionizacije i visina ioniziranih slojeva mijenjaju se prema tome koje je doba dana ili noći i ovisno o tome koje je godišnje doba. Na njih utječu ultraljubičasta i druga zračenja sa Sunca, kao i broj pjega na Suncu. Što je veći broj pjega, to su i uvjeti širenja radiovalova povoljniji. Maksimum pjega redovito se javlja svakih 11 godina, iako se ne zna zašto.

D-sloj je najniži: nalazi se na visini između 50 i 90 kilometara. Nastaje odmah po izlasku Sunca i nestaje po njegovu zalasku. Po danu on upija frekvencije ispod 7 MHz, pa tako srednjovalne postaje po danu primamo isključivo posredovanjem površinskih valova. Zato po danu amaterska područja od 160 i 80 metara možemo rabiti samo za bliske veze. Po noći D-sloj nestaje, pa se srednji valovi mogu odbijati od E-sloja koji je na visini od oko 100 kilometara.

E-sloj se nalazi odmah iznad D-sloja na visini od 90 do 150 kilometara. Može odbijati frekvencije samo niže od 5 MHz. Zato navečer čujemo mnoge srednjovalne postaje koje po danu nismo mogli čuti. Poslije zalaza Sunca E-sloj polako gubi snagu, pa pred jutro potpuno nestaje. Povremeno se u

Slika 17/1:
Ionosfera i njezini slojevi



E-sloju javljaju jaki i kratkotrajni oblaci elektrona koji omogućuju iznenadne daleke veze na metarskim valovima, koje se dugo nisu mogle objasniti. Takav iznenadni sloj zove se **Es (E-sporadik)** i najčešće se javlja ljeti, ujutro ili navečer.

F-slojevi: Iznad E-sloja, na visinama iznad 200 kilometara nalaze se dva F-sloja: F1 na visini iznad približno 200 km, i F2 na visini iznad približno 300 kilometara. F1-sloj je najaktivniji po danu. Oba sloja omoguću-

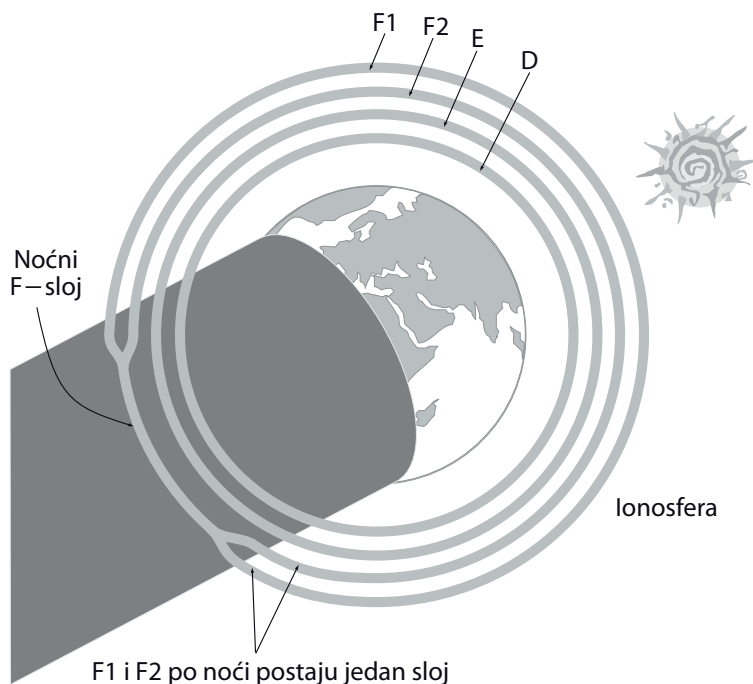
ju kratkovalne veze na velikim udaljenostima, praktično oko cijele zemaljske kugle. F2, koji je viši, djeluje snažnije od F1 i najvažniji je sloj za radioamatere. On može odbijati frekvencije i do 50 MHz za vrijeme maksimuma Sunčevih pjega. Po noći se ta dva sloja ujedine u jedinstven F-sloj koji je najzaslužniji za radioamaterske DX veze (iznad 3000 km) - slika 17/2.

U pravilu ionosfera ne odbija ultrakratke valove (iznad 30 MHz) i oni idu u svemir. Zato se veze sa svemirskim sondama održavaju na tim frekvencijama.

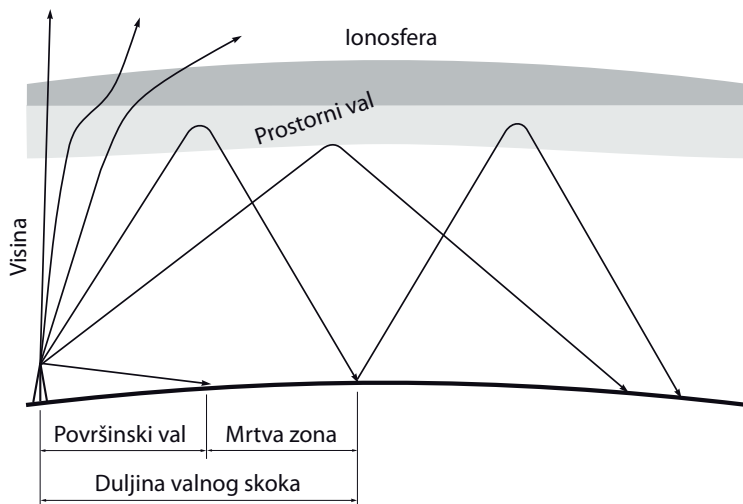
7.2. Površinski i prostorni valovi

Svaka antena zrači površinski i prostorni val (sl. 17/3.). Valovi koje smo dosad opisali bili su isključivo **prostorni**. Analogijom sa svjetlosnim valovima, u počecima radiotehnike stručnjaci nisu mogli zamisliti mogućnost da elektromagnetski val slijedi zakrivljenost Zemlje - iako se to zaista događa, zahvaljujući vodljivosti tla. Takav val zovemo **površinskim**. Kako tlo najčešće nije kvalitetan vodič, površinski val ima znatne gubitke, tako da prilično brzo oslabi. Najbolji vodič je morska voda, a najslabiji pustinjski pijesak. Osim toga, što je frekvencija niža, to su i gubici manji - što je bio jedan od razloga da su u početku radiotehnike primjenjivali isključivo duge valove, a one ispod 200 metara smatrali su beskorisnima, pa su ih dodijelili radioamaterima.

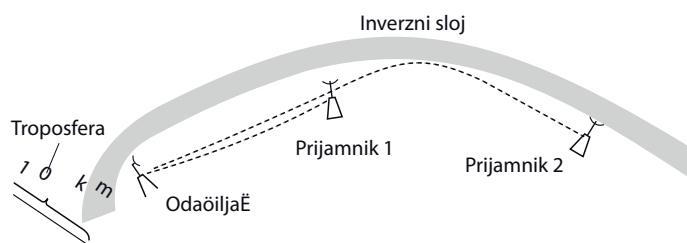
Slabljenje dugih valova ovisi i o njihovoj polarizaciji, gdje veliku prednost ima vartikalna polarizacija. Zato dugovalni i srednjovalni odašiljači u pravilu imaju vertikalne antene. Radiodifuzijski odašiljač na dugome valu prikladan je za pokrivanje bliže ili dalje okoline, ovisno o snazi, a ima i prednost da se podjednako čuje i danju i noću. (Danas taj posao bolje obavljaju FM postaje na UKV području.) Na



Slika 17/2: Slojevi F1 i F2 po noći se spajaju u jedinstven F-sloj.



Slika 17/3: Površinski i prostorni val, mrtva zona



Slika 17/4:
Troposfersko
rasprostiranje

Postoji još jedna pojava vezana uz površinski val, a to je **mrtva zona** (sl. 17/3.). To je onaj kružni vijenac oko postaje gdje se površinski val više ne čuje, a prostorni val (odbijen od ionosfere) stiže na Zemlju tek na većoj udaljenosti.. Zato npr. imamo slučajeve da na amaterskoj frekvenciji od 14 MHz ne čujemo postaju udaljenu dvadesetak kilometara, a ona se odlično čuje na udaljenosti od 1000 kilometara.

U donjoj tablici 1 vidimo osnovnu prirodu rasprostiranja (propagacije) radiovalova.

| VALNA DULJINA | FREKVENCIJA | NAČIN RASPROSTIRANJA |
|--------------------|----------------|--|
| Vrlo dugi valovi | 3 - 30 kHz | Površinski val |
| Dugi valovi | 30 - 300 kHz | Površinski val |
| Srednji valovi | 300 - 3000 kHz | Površinski val + E-sloj (noću) |
| Kratki valovi | 3 - 30 MHz | E-sloj; F-sloj |
| Vrlo kratki valovi | 30 - 300 MHz | Do granice vidljivosti; E-sporadik, troposferski |
| Ultrakratki valovi | 300 - 3000 MHz | Do granice vidljivosti |

Tablica 1. Priroda
rasprostiranja
radiovalova

Tada govorimo o temperaturnoj inverziji, tj. o toplinskom obratu, kada dobivamo "tunel" koji provodi određene valne duljine. To se naročito događa ljeti kada su temperature visoke - i to rano ujutro ili kasno popodne. Drugi izraz za tu pojavu je **troposfersko rasprostiranje** (sl. 17/4.). Tada su moguće i daleke veze na frekvencijama između 30 i 300 MHz.

Radioamateri brzo nauče u koje doba dana ili noći i u koje godišnje doba mogu ostvariti veze na željenim udaljenostima. Npr. područje od 3,5 MHz prikladno je noću za veze unutar Europe, a područje od 14 MHz pravo je DX područje za veze s cijelim svijetom.

U ovoj temi upoznali smo sljedeće pojmove:

- ionosferu
- slojeve u ionosferi: D,E, F1 i F2
- sloj Es
- površinski val i prostorni val
- feding
- mrtvu zonu
- toplinsku inverziju.

dugovalnom području ima ih danas još nekoliko i velike su snage, a nedostatak su značajne atmosferske i industrijske smetnje na tim frekvencijama. Engleska dugovalna postaja Droitwich na 200 kHz dugo je služila u Europi i kao norma točne frekvencije, dostupan svima.

Tema 18

8. Mjerenja

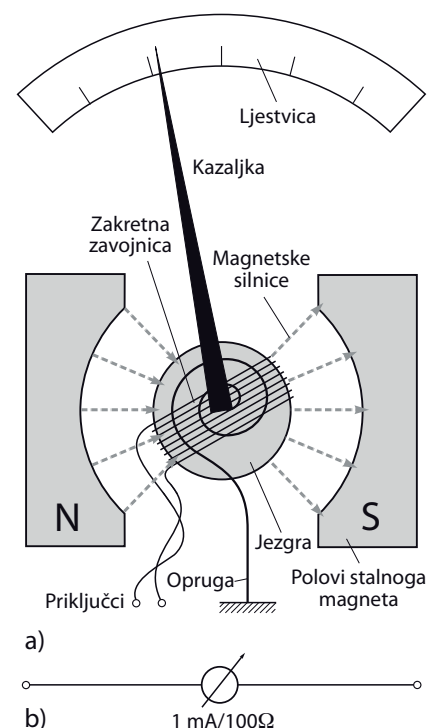
8.1. Poznavanje mjerenja napona, struje i otpora

Kada je 1800. godine talijanski fizičar Alessandro Volta načinio prvi izvor istosmjerne struje - Voltin stup, zapravo prvu električnu bateriju, mogao ju je jedino priključiti na elektroskop, koji je indicirao statički elektricitet i nije bio dovoljno osjetljiv za niski napon Voltina stupa od desetak volta. Mogao je tu bateriju priključiti i na žablje krakove te promatrati koliko se trzaju. Mogao je također na trenutak kratko spojiti njezine polove kako bi skočila električna iskra, a mogao je na kraju staviti dva voda na jezik da vidi koliko je "slano", kao što i mi to danas ponekad činimo. U tim počecima nije bilo ni električnih jedinica, a kamoli nekakvih mjernih instrumenata. Velik napredak načinio je Danac Hans Oersted 1820. godine, kada je otkrio da električna struja pomiče magnetnu iglu. Tako je nastao prvi mjerni instrument koji pokazuje prolazak električne struje - galvanometar. Bio je grub i nedovoljno osjetljiv, ali ipak instrument.

Ukratko, nije čudo da je provincijski učitelj Georg Ohm morao čekati punih petnaest godina da Britansko kraljevsko društvo provjeri točnost njegova zakona iz 1827. godine, kada ni pojmovi napona, jakosti struje ili električnog otpora još nisu bili posve jasni. Stoga je Ohm svoja istraživanja izvodio pomoću relativnih veličina: dvostruko veći otklon magnetske igle na galvanometru značio je dvaput veću struju, a kada je trebao dvostruko veći otpor, uzeo bi dvaput dulju žicu. Dvostruko veći napon bila su dva Voltina stupa iste visine, spojena jedan povrh drugoga. Samome Ohmu bili su pojmovi električnog napona, struje i otpora potpuno jasni, premda dogovorene veličine i jedinice još nisu postojale.

Tek 1881. godine na Prvom međunarodnom elektrotehničkom kongresu u Parizu službeno su definirane i usvojene jedinice volt, amper, om i farad, kakvima se i danas služimo. (Velika je zasluga kongresa i ta što je, umjesto uobičajenih grčkih ili latinskih riječi, za nazive tih jedinica uzeo imena uvaženih znanstvenika.) Već sljedeće godine francuski fizioterapeut Jacques-Arsene d'Arsonval konstruirao osjetljiv i točan miliampermetar na nov način - s pokretnom zavojnicom, koji je postao osnova za izradu svih voltmetara, ampermetara i ommetara u sljedećih sto godina, pa i danas kada se radi o tzv. analognim mjernim instrumentima (sl. 18/1.).

Slika 18/1



Mjerenje napona

Osim mjerenja napona, struje i otpora, u elektrotehnici postoje i mnoge druge vrste mjerenja: snage, frekvencije, kapaciteta, induktivnosti, pojačanja itd. Ipak, mjerenja napona, struje i otpora osnovna su mjerenja i temeljno znanje svakoga tko se bavi elektrotehnikom. Napon se mjeri voltmetrom, struja ampermetrom, a otpor ommetrom. Povoljna je činjenica što je za osnovu svakog od tih instrumenata potreban isti d'Arsonvalov miliampermetar (ili mikroampermetar), tako da su danas najčešće u uporabi kombinirani instrumenti koji sjedinjuju sve tri funkcije (tzv. univerzalni mjerni instrumenti ili AVO-metri – sl. 18/2.). Željene funkcije i mjerna područja biraju se odgovarajućim preklopnikom – posebno za istosmjernu, a posebno za izmjeničnu struju. (Za mjerenje izmjeničnih napona i struja u instrumentu se nalazi još i ispravljački most s diodama.)

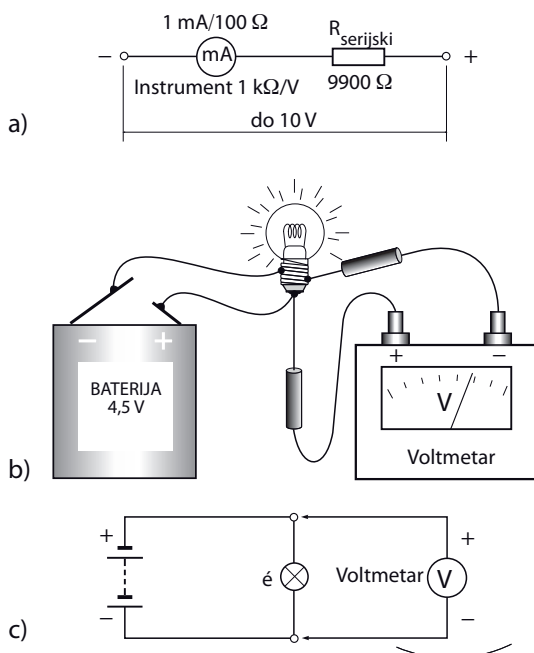


Slika 18/2

Od miliampermetra načinit ćemo voltmetar tako da mu serijski vežemo odgovarajući predotpornik (sl. 18/3.). Što je veći taj predotpornik, bit će veće i mjerno područje. Napon se mjeri tako da se ispitni šiljci voltmetra priključe na odgovarajuće polove napona koji mjerimo. Pritom mjerno područje instrumenta mora biti veće od mjerenog napona.

Htjeli mi to ili ne, svaki voltmetar je ujedno i trošilo koje opterećuje strujni krug u kojemu mjerimo napon. To dovodi do promjena u strujnome krugu, tako da se u mjerenje unosi pogreška uslijed dodatnog opterećenja strujnog kruga. Kako bi ona bila što manja, voltmetar mora imati što veći unutrašnji otpor. Taj se izražava u kiloomima po voltu. Kvalitetan voltmetar morao bi imati unutrašnji otpor od barem $20 \text{ k}\Omega/\text{V}$ za istosmjernu struju, što bi na mjernome području od 100 V tada iznosilo $2 \text{ M}\Omega$. Za izradu takva voltmetra tada je potreban mikroampermetar osjetljivosti $50 \mu\text{A}$ za puni otklon skale ($50 \mu\text{A} \times 20 \text{ k}\Omega = 1\text{V}$).

Osim toga, nijedan instrument sam po sebi nije savršeno mjerilo. Tako se i cijene mjernih instrumenata često određuju prema stupnju njihove točnosti, odnosno veličini moguće pogreš-



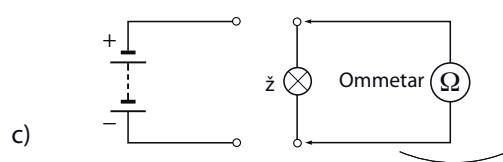
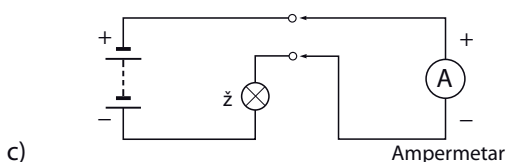
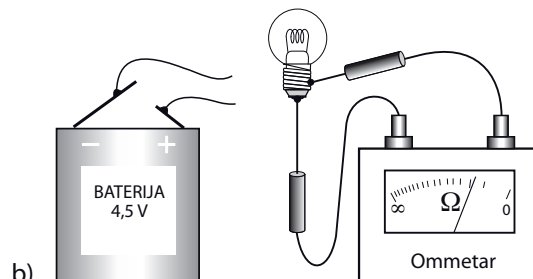
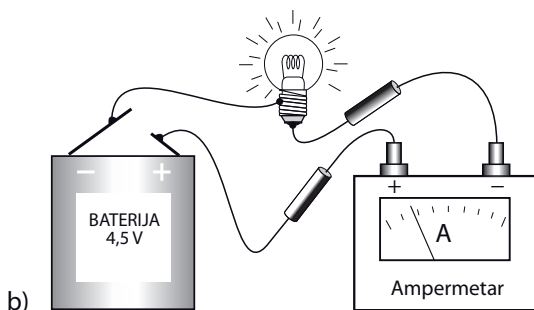
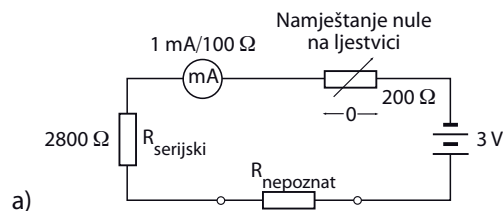
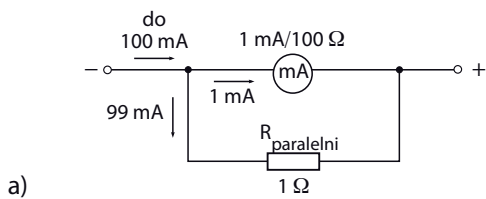
Slika 18/3

ke. U kvalitetnih mjernih instrumenata ta pogreška u pravilu iznosi do ± 1 posto.

Mjerenje struje

Miliampermetar (ili čak mikroampermetar) kakav rabimo u mjernom instrumentu načinjen je u osnovi za mjerenje jakosti električne struje. Kako je vrlo osjetljiv, on može mjeriti samo slabu struju; jača struja bi ga uništila. Kako bismo mogli mjeriti i veće struje, paralelno miliampermetru stavljamo otpornik, engl. *shunt* (sl. 18/4.). Njegov otpor je mnogo manji od unutrašnjeg otpora miliampermetra, tako da veći dio struje otječe paralelno. Na taj način proširujemo mjerno područje. Npr. ako je unutrašnji otpor miliampermetra 100 oma, a njemu većemo paralelno *shunt* od 1 oma, samo će stotina mjerene struje teći kroz instrument, a ostalih 99% kroz *shunt*. Tako smo mjerno područje proširili za sto puta, pa ćemo moći mjeriti struje do 100 mA.

Jakost električne struje mjeri se tako da se ampermetar uključi serijski u strujni krug koji stoga treba na jednome mjestu prekinuti. Pritom mjerno područje instrumenta mora biti veće od mjerene struje. Pri mjerenju jakosti električne struje treba biti vrlo oprezan i početi od najvećega mjernog područja, jer je u tom spoju instrument praktično bez zaštite i može lako pregorjeti.



Slika 18/4

Slika 18/5



Slika 18/6

Mjerenje otpora

Iako se otpor može mjeriti i Wheatstoneovim mostom, jednostavnije se to može učiniti s pomoću ommetra. U tom slučaju električni otpor mjeri se tako da se otpornik izvadi iz strujnoga kruga i priključi na ommetar. Ako pak mjerenje otpora izvodi-mo u strujnom krugu, onda moramo obvezno isključiti izvor napona. Mjerenje je dakle “na hladno”. Potrebnu struju za mjerenje omogućuje baterija smještena u ommetru. Prije mjerenja potrebno je ispitne šiljke spojiti nakratko i potenciometrom namjestiti kazaljku instrumenta na ničticu, koja se nalazi na desnom kraju skale (0 oma). Vrijednost otpora očitava se zdesna ulijevo, a skala nije linearna, nego je za veće otpore na lijevoj strani zgusnuta (sl. 18/5.).

Ako nemamo na raspolaganju ommetar, otpor možemo izmjeriti i indirektno - u strujnom krugu. Najprije ćemo izmjeriti napon na krajevima otpornika, a zatim struju koja prolazi kroz otpornik. Otpor zatim izračunavamo po Omovu zakonu: $R = U/I$.

Osim analognih, danas su vrlo rašireni i tzv. digitalni mjerni instrumenti (sl. 18/6.). Kod njih se vrijednost ne očitava prema položaju kazaljke na skali, nego se rezultat pojavljuje kao broj na pokaznom ekranu instrumenta. Očitavanje rezultata je lakše i točnije. Osim toga, skuplji primjerci često imaju i druge mogućnosti, npr. mjerenje kapaciteta, induktivnosti, potencijalnog praga u dioda, faktora pojačanja “beta” u tranzistora itd. No u nekim slučajevima, npr. kada treba ugađati titrajne krugove, analogni instrument je neizbježan da bismo lakše pratili tijekom ugađanja. Danas se upotrebljivi analogni i digitalni univerzalni mjerni instrumenti mogu kupiti već za stotinjak kuna. U rukama stručnog i pažljivog radioamatera mogu ga služiti cijeli život.

U ovoj temi upoznali smo sljedeće pojmove:

- miliampermetar s pokretnom zavojnicom
- mjerne instrumente voltmetar, ampermetar, ommetar
- načine mjerenja napona, struje i otpora
- univerzalni mjerni instrument ili AVO-metar
- unutrašnji otpor voltmetra
- točnost pokazivanja rezultata
- analogne i digitalne mjerne instrumente
- serijski predotpornik za mjerenje napona.
- paralelni otpornik za mjerenje struje ili *shunt*.

Tema 19

9. Smetnje

9.1. Osnovno poznavanje uklanjanja smetnji

U "Pravilniku o amaterskim radijskim komunikacijama" ("Narodne novine" broj 61/2009.) u članku 24. piše:

(1) Rad amaterske radijske postaje ne smije stvarati štetne smetnje drugim javnim telekomunikacijskim instalacijama.

(2) Ako amaterska radijska postaja prouzroči smetnju, vlasnik te postaje mora u roku od 30 dana poduzeti potrebne mjere u svrhu uklanjanja utvrđene smetnje i omogućavanja nesmetanog rada drugih radijskih postaja.

(3) Ako se utvrđena smetnja ne može ukloniti poduzimanjem mjera u roku iz stavka 2. ovoga članka, vlasnik amaterske radijske postaje mora promijeniti način rada, kako bi se spriječilo daljnje ometanje prijama drugih radijskih postaja, i o tome izvijestiti Agenciju.

(4) Ako Agencija utvrdi stalnu smetnju u prijamu radijskih postaja, može odrediti vlasniku amaterske radijske postaje, koja uzrokuje takvu smetnju, određena ograničenja u pogledu sati rada i uporabe određenih frekvencijskih pojaseva, kao i dodatna ograničenja u odnosu na snagu odašiljanja, sukladno čl. 94. i 114. zakona.

Dakako, prethodne mjere protiv mogućih smetnji provode se već prilikom izdavanja dozvole za rad vlasniku amaterske radijske postaje: Ako je postaja amaterske izrade, ona mora imati odgovarajući atest o ispravnosti što ga izdaje Hrvatski radioamaterski savez nakon provedenih mjerenja na postaji. Ako je pak postaja tvorničke izrade, Agencija posjeduje tipski popis poznatih tvorničkih uređaja i rezultate mjerenja u samoj tvornici.

Nadalje, u navedenom "Pravilniku" u članku 22. čitamo:

(1) Amaterska radijska postaja mora se postaviti u skladu s važećim propisima.

(2) Odašiljačke radijske frekvencije moraju biti stabilne u mjeri u kojoj to omogućuje stupanj tehničkog razvoja amaterskih radijskih postaja. Granice frekvencijskih pojaseva ne smiju se prekoračiti.

(3) Sporedne emisije moraju se smanjiti na najmanju moguću mjeru. Za smanjenje sporednih emisija u odnosu na izračenu snagu radne frekvencije uzimaju se, kao smjernice, sljedeće vrijednosti:

1. za odašiljače s radnom frekvencijom manjom od 30 MHz i srednjom snagom većom od 25 W: 40 dB (tj. 10 000 puta); za srednju snagu do 25 W sporedne emisije ne smiju biti veće od 10^{-3} W (tj. jednog mW);

2. za odašiljače s radnom frekvencijom od 30 MHz do 235 MHz i srednjom snagom većom od 25 W: 60 dB (tj. milijun puta); za srednju snagu do 25 W sporedne emisije ne smiju biti veće od 10^{-6} W (tj. 1 μ W);

3. za odašiljače s radnom frekvencijom većom od 235 MHz sporedne emisije moraju se smanjiti na najmanju moguću mjeru.

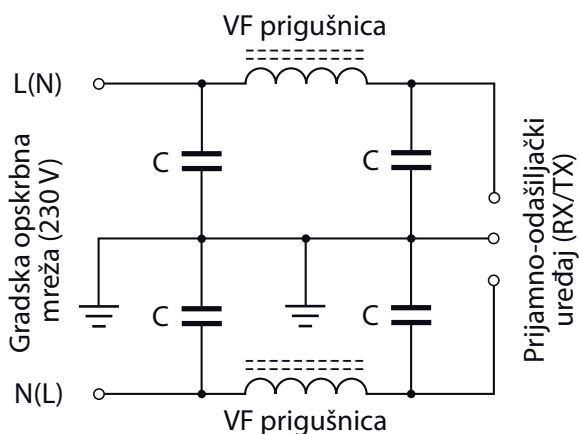
(4) Prijamna oprema amaterske radijske postaje ne smije stvarati smetnje u frekvencijskim pojasevima koji su namijenjeni za emitiranje radija i televizije (radiodifuzija) i to u iznosu većem od 10^{-9} W (tj. 0,001 μ W. To se odnosi na lokalne oscilatore u prijamnicima.)

(5) Radioamater mora posjedovati shemu električne instalacije svojeg odašiljača i nacrt lokalne izvedbe nepokretnog antenskog sustava, koje mora redovito usklađivati u slučaju nastanka promjena, te bez odgode predočiti ili dostaviti u svrhu inspeksijskog nadzora u skladu sa Zakonom o telekomunikacijama.

(6) Odašiljačka oprema amaterske radijske postaje mora biti izgrađena na način da omogući smanjenje izlazne snage u slučajevima smetnje ili indukcije.

Smetnja iz naše radijske postaje ne mora se širiti bežičnim putem; to može biti i kroz mrežu za napajanje. Zato je važno u mrežni dovod svakog amaterskog odašiljača postaviti tzv. **mrežni filter** koji će spriječiti širenje smetnje (sl. 19/1.). Takvi filteri mogu se kupiti i u trgovinama elektromaterijalom. (Dobar je i onaj iz rashodovanog računala.)

Slika 19/1: Mrežni filter potiv smetnji



Nadalje, za sprječavanje širenja smetnji uređaj mora biti **oklopljen**, tj. mora se nalaziti u limenoj kutiji, i mora biti kvalitetno **uzemljen**. To su tri osnovne mjere za sprječavanje smetnji: **postavljanje mrežnog filtra, oklapanje i uzemljenje**.

Uzemljenje će biti to bolje što je veća dodirna površina zemljovoda sa zemljom. U pravilu to bi bila bakrena ploča površine oko 1 m² zakopana u jamu dubine oko dva metra. Dobro je jamu dopuniti aktivnim ugljenom i industrijskom solju, jer poboljšavaju vodljivost. Ako to nije moguće, zadovoljit će i vodovodna cijev duljine oko 2,5 metra zabijena u zemlju. Na donjem

kraju cijevi zabit ćemo drveni šiljak, a preporučljivo je u cijevi izbušiti desetak rupica, kako bismo za sušnih dana mogli u cijev uliti vodu i tako vlažiti okolno zemljište. Veći je problem na kamenitim terenima, gdje treba potražiti mjesto s više zemlje. U pravilu otpor uzemljenja morao bi biti manji od 20Ω . (Taj se otpor najčešće mjeri "metodom triju točaka".)

Ipak, kvalitetno uzemljenje može biti veći problem, osobito u gradovima gdje nemamo mjesta za postavljanje posebnog uzemljenja. Zato se često služimo spojem na vodovodnu instalaciju. (U zadnje vrijeme valja biti oprezan jer se metalne cijevi ponegdje zamjenjuju plastičnima. Cijevi centralnog grijanja ne dolaze u obzir jer najčešće nisu dobro uzemljene.) Pritom vod do cijevi mora biti što kraći i što deblji, a obujmica što čvršća. Moramo još provjeriti (ommetrom) je li električna vodljivost kod vodomjera prekinuta, što je kod nekih vodomjera pravilo. U tom slučaju moramo obujmicama i debelom žicom premostiti brojilo. Zabranjeno je spajanje na gromobranske trake kao na uzemljenje, a to može biti i vrlo opasno. Također je štetna imitacija uzemljenja spajanjem na nulti vodič gradske mreže: kao prvo, taj najčešće nije na potencijalu uzemljenja, i kao drugo to može biti paralelni put za širenje smetnji putem mreže. (Nulti vodič je uzemljen tek kod transformatorske postaje.) I na kraju naglasimo da opisana uzemljenja nisu pogodna kao druga strana četvrtvalne vertikalne antene, nego je to samo uzemljenje u odnosu na gradsku mrežu.

Postoji i mogućnost da smetamo susjedu, iako je naš uređaj potpuno ispravan i u granicama propisa, a njegov televizor je također ispravan. To se osobito događa ako imamo usmjerenu antenu (beam) koja gleda u susjedovu antenu u kojoj se onda javlja visok VF napon iz našeg odašiljača, pa je susjedov prijamnik "blokiran". Javljaju se smetnje na slici. U tom slučaju jedini je lijek stavljanje visokopropusnog filtra u susjedov antenski vod, a ako ni to ne pomaže - smanjenje snage našeg odašiljača, prekid rada u vrijeme kada susjed gleda televiziju, ili rad na nekoj drugoj frekvenciji koja ne stvara smetnje - kako to previđaju propisi. Tvrdoglavost, bilo s jedne ili druge strane vodi u dugotrajne sukobe koji ne rješavaju problem. Nasreću, satelitski programi i kabelaška televizija mnogo su manje osjetljivi na smetnje nego što je to bilo nekada, kad su se programi najviše gledali na 1. TV bandu.

U stranoj literaturi često ćemo naći kraticu EMC (*electromagnetic compatibility - elektromagnetska usklađenost*). Taj izraz označuje rad bez smetnji - od odašiljača jer ih ne zrači, i prijarnika jer je dobro zaštićen kvalitetnom konstrukcijom i filtrima. Druga kratica je EMI (*electromagnetic interference*) - direktna smetnja koja odolazi od susjedne radijske postaje ili od nekog drugog izvora radiovalova.

Nemojmo zaboraviti da i mi amateri imamo pravo na čist prijam, ali smo često nemoćni. Evo konkretnog primjera: Radioklub u jednom našem gradu

nalazi se u prizemlju sedmerokatnice s 48 stanova. Antena je bila "inverted V" na krovu. U prijamniku se čuo stalan šum jakosti S-9 koji onemogućuje bilo kakav ozbiljniji rad na kratkome valu. Uzeli smo džepni prijamnik, namjestili ga na 7 MHz i počeli se udaljavati od zgrade. Na udaljenosti od 20 m šum je naglo oslabio na S-2. Očito se zgrada nalazi u oblaku smetnji uzrokovanih suvremenim impulsnim ispravljačima u televizorima (tzv. *chopperima* - kojih je u zgradi najmanje 50), slabo oklopljenim računalima i raznim kućanskim električnim aparatima. Postavljanjem antene podalje od zgrade šum je bitno smanjen. Također se dobrom pokazala i "skywire" punovalna kružna antena na samome krovu koja svojom simetrijom poništava šum. Sličan učinak imat će i "kvad", kao i "delta loop", koji se smatraju "tihim antenama". Inače problem "gradskog šuma" u svijetu je već takav da su se u amaterskoj literaturi počeli javljati članci o daljinski upravljanim amaterskim postajama postavljenima izvan grada. Pritom je važno da je izvan grada samo prijamnik, čime se izbjegavaju zakonske zavrzlake oko odašiljača u nekim zemljama. "Gradski šum" ne utječe na odašiljač, iako nije loše ako je i on izvan grada.

Pa i onda kada je uzročnik smetnji poznat, ta borba može biti dugotrajna i teška. Odličan primjer je BPL (*Broadband over Power Line* - širokopojasni prijenos internetskog signala preko gradske mreže) koji uzima maha u SAD-u i nekim europskim zemljama. Radi se o tome da se internetski poslužitelji (*Ethernet provideri*) u rjeđe naseljenim područjima služe gradskom električnom mrežom za priključak pretplatnika, što je za njih najjeftinije. U tu svrhu služe se frekvencijama između 1 i 80 MHz koje puštaju kroz vodove, što uključuje i kratki val i sve amaterske frekvencije na njemu. Kako dalekovi i gradski vodovi električne mreže nisu oklopljeni, jasno je da oni zrače, što amaterima stvara smetnje. Iako se radi "o nelicenciranim izvorima zračenja", američka FCC (agencija za telekomunikacije) ovaj put reagira sporo i neefikasno - nasuprot glasu koji je bije kao o brznoj i nepristranoj "britvi". (Istodobno je 70-godišnji Jack Gerritsen osuđen na sedam godina zatvora zbog "namjernog i zloradog" začepjenja amaterskih repetitora i ometanja vojne radijske mreže MARS, kao i mreža Obalne straže i Crvenoga križa.) Ali kod BPL-a radi se o interesima općina koje neočekivano dobivaju najamninu za mrežu, o proizvođačima hardvera i softvera, kao i o vlasnicima BPL-sustava koji ubiru pretplatu - drugim riječima, u pitanju su velike svote i interesi. Na radioamaterskoj strani nalazi se samo zakonski članak koji zabranjuje stvaranje smetnji licenciranim korisnicima. Vlasnici BPL-a arogantno pitaju: "A koji su sad ovi?" te angažiraju pravnike koji su stručnjaci za iscrpljivanje - otezanje parnica i dovođenje slučajeva u slijepu ulicu. Osim toga, svaki slučaj rješava se pojedinačno, što se pretvara u Sizifov posao - SAD se sastoji od pedeset država u kojima ima nekoliko stotina poslužitelja. ARRL se upustio u bitku koju sam naziva "borba s bikovima". Radioamateri

ističu da oni nisu protiv BPL-a, ali taj se može prenositi i optičkim vlaknima ili tzv. *wirelessom*. Ishod sukoba je za sada neizvjestan.

Vlasnici odašiljača, ne samo radioamateri, danas se susreću i s novim fenomenom: javnim strahom od zračenja. Pritom ni tisak ni javnost ne razlikuju atomsko (radioaktivno) zračenje od elektromagnetskih valova. Dozvola za rad koju izdaje Hrvatska agencija za telekomunikacije dovoljna je garancija da su elektromagnetska zračenja u blizini ljudi svedena na neškodljivu mjeru.

U ovoj temi upoznali smo sljedeće pojmove:

- radijsku štetnu smetnju
- najveću dopuštenu snagu sporednih zračenja
- mrežni filter
- oklapanje uređaja
- uzemljenje uređaja
- smetnje zbog "blokiranja" prijamnika
- EMC - elektromagnetsku prilagođenost
- EMI - elektromagnetsku interferenciju.

Tema 20

10. Opasnost od električne energije:

- ljudsko tijelo
- mrežno napajanje
- visoki naponi
- munja

Ljudsko tijelo

Poznato je da je Nikola Tesla svoje eksperimente s visokim naponima uvijek izvodio držeći lijevu ruku u džepu ili iza leđa, kako mu slučajnim dodiranjem struja ne bi prošla preko srca. Kažu da nikada nije imao ni najmanju nezgodu. U tablici 1 vidimo osjetljivost ljudskog tijela na prolaz električne struje (uz priključnu elektrodu oko 1 cm^2):

Tablica 1: Osjetljivost ljudskog tijela na električnu struju

| Jakost električne struje | Posljedice |
|--------------------------|--|
| do 1 mA | Ne osjeća se |
| 1 mA | Jedva se osjeća |
| 5 mA | Blagi šok |
| 30 mA | Bolni šok, nemogućnost kontrole mišića |
| 50 do 150 mA | Prestanak disanja, grčenje mišića, moguća smrt |
| 1 A | Prestanak rada srca, trajna oštećenja, smrt |
| 10 A | Trenutačna smrt, pouglijeno tijelo |

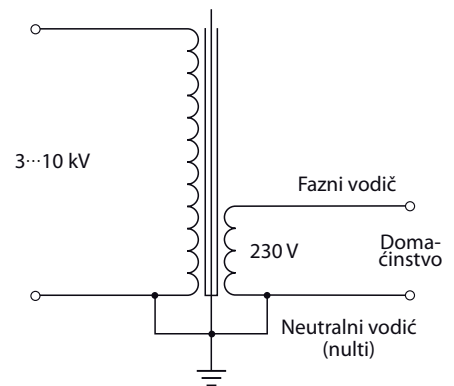
Vidimo da je struja od 30 mA gornja granica do koje smijemo ići. Kada je koža suha, ljudsko tijelo može imati otpor i do 500 k Ω , ali kada je mokra ili znojna, njezin otpor pada i na 1 k Ω . Ako 50 mA uzmemo kao struju kod koje već može nastupiti smrt, preračunano u napon možemo zaključiti: ako je koža vlažna, 50 V efektivnog izmjeničnog napona već može izazvati smrt.

Već po prirodi svoga hobija radioamateri se redovito bave električnom strujom, a mnogi imaju i svoju sobicu, koja je njihovo "carstvo". Možemo postaviti pitanje koliko je to carstvo sigurno. Prva sigurnosna mjera su osigurači koji će prekinuti dovod struje ako prijede dopuštenu jakost, npr. u slučaju kratkoga spoja. Postoje četiri vrste osigurača:

- rastalni
- elektromagnetski
- termički (bimetal)
- diferencijalni.

Prekidom dovoda napona osigurači sprječavaju veću štetu, npr. požar, strujni udarac, izgaranje uređaja. Osigurači često rade “u savezu” s uzemljenjem. Pritom moramo razlikovati nulti vodič od uzemljenja. (sl. 20/1.).

U obližnjoj transformatorskoj stanici gradske mreže jedan njezin kraj je uzemljen, a drugi je kraj “faza” (ili više njih sl. 20/1). Taj uzemljeni kraj nazivamo **neutralnim ili nultim vodičem** koji - zbog opće potrošnje i pada napona u njemu - u našoj mrežnoj utičnici može imati i nešto viši potencijal od potencijala uzemljenja, a to je 0 V. Danas su propisane utičnice tipa “šuko” koje bočno imaju kontakte za uzemljenje. Ako u zgradi nije izvedeno propisno uzemljenje, ono se u nuždi može na razvodnoj ploči spojiti na nulti vod (tzv. “nulovanje”). Ispravno uzemljenje mora imati otpor ispod 20 Ω .



Slika 20/1

U Europskoj Uniji propisane su boje vodiča u gradskoj mreži:

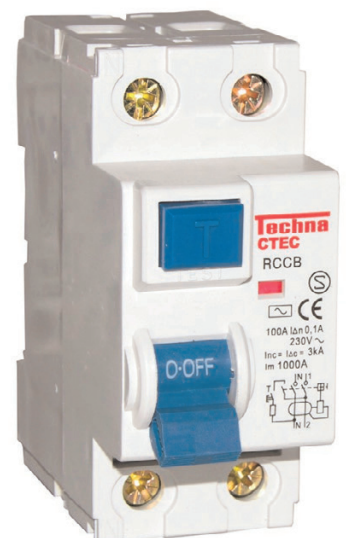
- zeleno-žuta = uzemljenje
- modra = neutralni, nulti vodič
- smeđa (ili neka druga) = faza.

Vrlo je važno pridržavati se navedenih boja, jer njihova međusobna zamjena može dovesti do tragičnih posljedica. Ovdje valja reći i to da nas dobro uzemljenje štiti i od neočekivanog električnog udara, npr. kada se zbog oštećene izolacije faza spoji na metalnu kutiju našeg prijamnika. Ako je ta kutija uzemljena, nastat će kratki spoj, ali mi ćemo ostati neozlijeđeni. Uzemljena kutija ne može se izdići iznad potencijala uzemljenja.

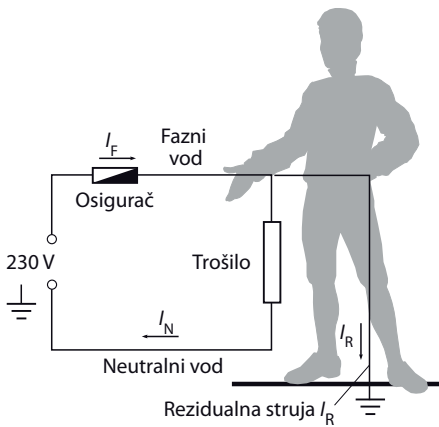
Strujno-zaštitna sklopka

Osigurač u faznom dovodu štiti mrežu od kratkog spoja i indirektno nas same od električnog udara (tzv. sekundarna zaštita). Međutim, osigurači su redovito dimenzionirani na desetak ampera, a već struja od 0,05 A može izazvati smrt. Tu zaštitu pruža nam **strujno-zaštitna sklopka** (engleski *residual-current device* - RCD, ili *residual current circuit breaker* - RCCB, njemački *Fehlerstromschutzschalter* ili *FI-Schalter*) - slika 20/2.

(U Hrvatskoj je uobičajen kolokvijalni naziv **Fidova sklopka**, vjerojatno prema prvom proizvođaču.) Ta sklopka prekida dovod struje kada god ustanovi da između jakosti struje u dolaznom, faznom vodu, i jakosti struje u izlaznom, nultom vodu, nema ravnoteže. Logična je pretpostavka da u tom slučaju to “curenje” ide preko vašeg tijela, koje je jednim krajem uzemljeno, a drugim krajem dodiruje “vrući” kraj - fazu. Takav događaj može izazvati



Slika 20/2



Slika 20/3

vašu smrt, ali je sklopka tako načinjena da “iskače” dovoljno rano i dovoljno brzo da ostanete živi (sl. 20/3.).

Na slici 20/4 vidimo načelnu shemu strujno-zaštitne sklopke. Glavnu ulogu ovdje ima tzv. diferencijalni transformator. Ako je sve u redu, struja u dolaznom vodu (fazi) mora biti jednaka struji u neutralnom, povratnom vodu (nultom vodiču). Njihov zbroj jednak je ničiti i sklopka miruje. Svaka neravnoteža aktivirat će rele u sekundaru koji prekida dovod struje. U SAD-u i Kanadi propisana osjetljivost sklopke iznosi samo 5 mA, a u Europi ona iznosi 30 mA. Brzina isključenja je u pravilu 25 tisućina sekunde. Diferencijalni transformator u sklopki ima dva primara i jedan sekundar. Kroz prvi primar prolazi dolazna struja, a kroz drugi povratna - ali u suprotnom smjeru, tako da poništava magnetski tok u jezgri. Zaštitna sklopka reagira ako čovjek dodirne fazu i pri tome ima spoj s uzemljenjem.

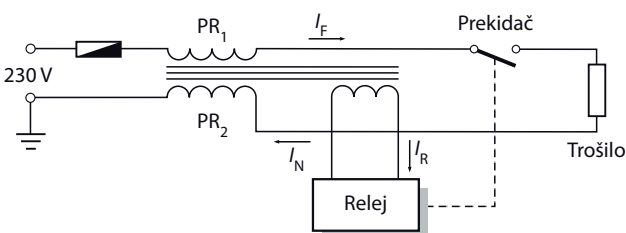
Zato nulti vod **ne smije biti uzemljen prije skopke**, ali ne smeta ako je uzemljen poslije nje. Sklopka na sebi ima označenu nazivnu struju i struju isključenja (npr. 20 A / 30 mA). Tu je također tipka za provjeru, kao i prekidač koji u kritičnom trenutku padne, pa ga možemo vratiti rukom. Strujno-zaštitna sklopka spasila je mnoge živote, npr. u kupaonici, pa ne bi bilo na odmet da je radioamater ima i u svojoj sobici. Ta sklopka neće reagirati ako smo istodobno dodirnuli fazni i nulti vodič, jer se tada tijelo ne razlikuje od trošila. Strujno-zaštitna sklopka ne štiti od preopterećenja ili kratkog spoja, pa je uz nju potrebno imati i uobičajene osigurače.

Visoki napon

Nekada su radioamateri radili isključivo s elektronskim cijevima, pa su redovito radili i s većim naponima. Standardni anodni napon za prijarnike iznosio je 250 V, koji je mogao zadati opasan udarac, a anodni napon u odašiljaču bio oko 800 V, što je smrtno opasno. Danas, kada su tranzistori zamijenili elektronske cijevi, taj napon je znatno niži, oko desetak volta, pa je i opasnost od visokog napona na tome mjestu znatno smanjena. Ipak, neki amateri sami izrađuju svoja VF izlazna pojačala velike snage (QRO), koja su

još uvijek s elektronskim cijevima. Tako npr. suvremena keramička izlazna cijev 4CX250B snage 250 W traži anodni napon od 2500 V! Pretpostavlja se da se u takav pothvat neće upustiti osoba koja nije potpuno upoznata sa svim mjerama sigurnosti. Ovdje valja spomenuti i visokonaponske kondenzatore

Slika 20/4



u takvu ispravljaču koji mogu ostati nabijeni i po nekoliko sati, iako je sve isključeno. Zato je pravilo da visokonaponski kondenzator u ispravljaču mora imati *bleeder*. To je otpornik od oko 100 k Ω odgovarajuće snage spojen paralelno kondenzatoru, preko kojega će se taj sam isprazniti. U svakom slučaju prije nego što ga uzmemo u ruke visokonaponski kondenzator ćemo za svaku sigurnost izbiti kratkim spajanjem njegovih priključaka.

Munja

Kada je Benjamin Franklin 1753. godine pustio dječji zmaj u olujni oblak, a na drugome kraju držao ključ, imao je sreću što je ostao živ, no to se ne može reći za neke druge znatizeljnike poslije njega koji su pokušali ponoviti taj eksperiment. Franklin je tako dokazao da je munja zapravo električna iskra - pražnjenje električnog naboja između oblaka i zemlje. Radi se o naponu od stotinjak milijuna volta! Tako je Franklin izumio i gromobran koji danas štiti zgrade i druge objekte.

Radioamateri podižu svoje antene u pravilu na što veću visinu - i tako se zapravo izlažu udarcu munje. Mi danas znamo da će munja rjeđe pogoditi zgradu koja je propisno zaštićena gromobranom, iako stoji činjenica da se ne može predvidjeti mjesto gdje će ona udariti. Prilikom udara struja u vodovima može dosegnuti i 200 tisuća ampera, što znači da će se svi vodovi rastaliti bez obzira na njihovu debljinu. Iako udarac munje ne možemo pouzdano spriječiti, mi možemo se učinkovito zaštititi - najprije sebe, a zatim naše uređaje. Prvo pravilo kaže da opasnost postoji ako je vremenski razmak između bljeska i grmljavine manji od deset sekundi, što odgovara udaljenosti od oko tri kilometra. U tom slučaju antenu treba isključiti iz uređaja i uzemljiti, po mogućnosti s vanjske strane zgrade. Transistori su mnogo osjetljiviji na prenapon i prije će stradati negoli nekada elektronske cijevi. Istodobno valja mrežne utikače izvaditi iz utičnica. Naime, mnogi nisu svjesni opasnosti od tzv. **indirektnog udara**: iako je munja udarila i kilometar daleko, javlja se visoki napon koji zračnim vodovima stiže i do nas i uzrokuje štetu. Od toga nisu pošteđeni ni telefonski vodovi, pa sve rečeno vrijedi i za naše kućno računalo priključeno na internet. Uostalom, suvremene antene danas se napajaju putem koaksijalnoga kabela, pa je normalno da su njegova utičnica i njegov oplet uvijek uzemljeni. Što se tiče srednjeg, "vrućeg" vodiča, moramo se pobrinuti da se ne nabije statičkim nabojem iz antene. Ako se uz antenu nalazi i *balun*, taj je za istosmjerni napon već spojen s opletom, ako je pak taj kraj antene izoliran, dobro je paralelno antenskom priključku našega primoodašiljača staviti čvršću prigušnicu induktivnosti 0,1 mH, koja će moguću istosmjerni naboj voditi na uzemljenje, bez štete po VF napon.

Na kraju ovog poglavlja upoznali smo sljedeće pojmove:

- opasnost od struje za ljudsko tijelo
- vrste osigurača
- propisane boje u vodičima gradske mreže
- neutralni ili nulti vodič
- strujno-zaštitnu, tzv. Fidovu sklopku
- gromobran i zaštitu od munje.

Pravila i postupci održavanja amaterskih radijskih veza

Teme (prema Programu)

21. Tablice sricanja
22. Q-kod
23. Amaterske kratice
24. Međunarodne oznake za nesreće
25. Pozivne oznake
26. Pregled raspodjele amaterskih frekvencija
27. Vrste emisija
28. Način održavanja radioamaterske veze
29. ITU regioni, IARU područja i radioamaterske zone
30. *World Wide* lokator
31. Vođenje dnevnika, QSL-kartice i QSL-služba
32. RST-skala
33. Radioamaterski kodeks ponašanja
34. Radioamaterska natjecanja
35. Radioamaterske diplome

Tema 21.

Tablice sricanja

U radu telefonijom pri slaboj čujnosti riječi se mogu sricati (slovkati) slovo po slovo (*spelling*) uz uporabu jedinstvene međunarodne (ili domaće) abecede.

Međunarodna tablica sricanja (slovkanja)

| | | | |
|--------------|--------------------------|-------------|-----------------------|
| A = Alpha | (‘ælf _ə) | O = Oscar | (‘oska:) |
| B = Bravo | (‘bra:vou) | P = Papa | (‘papa) |
| C = Charlie | (‘ča:li) | Q = Quebeck | (kve’bek) |
| D = Delta | (‘delt _ə) | R = Romeo | (‘roumiou) |
| E = Echo | (‘ekou) | S = Sierra | (si’er _ə) |
| F = Foxtrot | (‘fokstrot) | T = Tango | (‘tængou) |
| G = Golf | (golf) | U = Uniform | (‘junifo:m) |
| H = Hotel | (ho’tel) | V = Victor | (‘vikt _ə) |
| I = India | (‘indi _ə) | W = Whiskey | (‘uiski) |
| J = Juliet | (‘džu:liet) | X = X-ray | (‘eksrei) |
| K = Kilo | (‘kilou) | Y = Yankee | (‘jænki) |
| L = Lima | (‘lima) | Z = Zulu | (‘zulu) |
| M = Mike | (‘maik) | | |
| N = November | (nou’vemb _ə) | | |

IZGOVOR (u zagradi):

Apostrof (‘) označuje da slijedi naglašeni slog.

(_ə) poluglas, reducirano ‘e’

æ = otvoreno ‘e’ (Maksimalno otvori usta i izgovori ‘e’.)

(:) Dvotočka označuje dugi slog.

Abecedu treba glasno vježbati na nekom tekstu sve a ne nauči napamet.

Hrvatska tablica sricanja

| | |
|---------------|--------------|
| A = Alan | M = Makarska |
| B = Biokovo | N = Novska |
| C = Cavtat | Nj = Njivice |
| Č = Čakovec | O = Osijek |
| Ć = Ćilipi | P = Pula |
| D = Dubrovnik | Q = ku |
| Dž = Džamija | R = Rijeka |
| Đ = Đakovo | S = Sisak |
| E = Europa | Š = Šibenik |
| F = Fažana | T = Trogir |
| G = Gospić | U = Učka |
| H = Hrvatska | V = Vukovar |
| I = Istra | W = duplo V |
| J = Jadran | X = iks |
| K = Karlovac | Y = ipsilon |
| L = Lika | Z = Zagreb |
| Lj = Ljuta | Ž = Žrnovica |

Tema 22

Kratice Q-koda

Kratice Q-koda upotrebljavaju se pri radu telegrafijom kako bi se informacija prenijela što brže i što točnije. Kada je uz kraticu upitnik, ona ima upitno značenje; bez upitnika ima potvrdno značenje. Npr. QRU? = "Imate li što za mene?" QRU = "Nemam ništa više za vas." Dolje su navedene obje mogućnosti.

Q-kratica ima mnogo, a ovdje su navedene samo one koje su propisane ispitnim programom i koje najčešće rabe radioamateri. Neke kratice dobile su i značenje imenica, npr. QSO = bežična veza. Takva imenička značenja

označena su u zagradi kurzivom. Iako poznavanje Morseovih znakova više nije obvezatno, važnije kratice Q-koda postale su dijelom radioamaterskog žargona, pa ih ipak valja znati.

- QRK Kakva je čitljivost mojih signala?
Čitljivost vaših signala je (1-5).
- QRL Jeste li zauzeti?
Zauzet sam. Nemojte mi smetati.
(*Kao imenica QRL označuje radno mjesto.*)
- QRM Smetaju li vam druge postaje?
Smetaju mi druge postaje.
- QRN Imate li atmosferske smetnje?
Imam atmosferske smetnje.
- QRO Hoću li povećati snagu odašiljača?
Povećajte snagu odašiljača. (*Odašiljač velike snage.*)
- QRP Hoću li smanjiti snagu odašiljača?
Smanjite snagu odašiljača. (*Odašiljač malene snage.*)
- QRQ Hoću li slati brže?
Šaljite brže. (*QRQ-natjecanje je natjecanje u brzini slanja i primanja Morseovih znakova.*)
- QRS Hoću li slati polaganije?
Šaljite polaganije.
- QRT Hoću li prekinuti rad?
Prekinite rad!
- QRV Jeste li spremni za rad?
Spreman sam za rad.
- QRX Kada ćete me ponovno pozvati?
Pozvat ću vas ponovno u sati na kHz.
- QRZ Tko me zove?
Zove vas (ime postaje) na kHz.
- QSB Imaju li moji signali feding?
Vaši signali imaju feding.
- QSL Možete li potvrditi prijam?
Potvrđujem prijam. (*Također i QSL-kartica.*)
- QSO Možete li komunicirati s izravno?
Mogu komunicirati izravno s
(*Kratice također označavo vezu: TNX FER QSO = Hvala za vezu.*)
- QSY Hoću li promijeniti odašiljačku frekvenciju?
Promijenite odašiljačku frekvenciju na kHz.
- QTH Kako se zove vaše mjesto?
Moje mjesto se zove (ime mjesta).
- QTR Koje je točno vrijeme?
Sada je točno (četiri znamenke) UTC, MEZ.

Tema 23

Amaterske kratice

Osim Q-koda radioamateri upotrebljavaju i svoje kratice koje su uglavnom nastale od engleskih riječi. Ima ih stotinjak i one se slobodno kombiniraju s kraticama Q-koda. Kratice Q-koda i amaterske kratice omogućuju radioamaterima međusobno komuniciranje Morseovim znakovima i drugim vrstama modulacije, iako ne znaju strane jezike. U tom slučaju veza se održava preko tipkovnice i slovčanog ispisa na monitoru računala spojenog na odašiljač, odnosno prijamnik. Priključkom računala na našu amatersku radijsku postaju mogućnosti komunikacije znatno su se proširile (što je i dovelo do ukidanja obaveze polaganja Morseovih znakova). Za tu svrhu postoji čitav niz programa kojima moduliramo val nositelj, bilo direktno, bilo preko SSB-ulaza (RTTY, PSK31, PACTOR, GTOR, AMTOR, SSTV, PACKET itd.).

Ovdje su navedene samo najvažnije kratice. Neke od tih kratica, postale su sastavni dio radioamaterskog žargona (npr. DX - veza na veliku udaljenost, QSO - bežična veza).

| | |
|---------|---|
| ADR | adresa |
| AC | izmjenična struja (<i>alternating current</i>) |
| AGN | ponovno |
| AM | 1. amplitudna modulacija 2. prije podne |
| ANT | antena |
| BEST | najbolje |
| BEAM | usmjerena antena |
| CALL | poziv, pozivna oznaka |
| CONTEST | radioamatersko natjecanje |
| CQ | opći poziv svim radijskim postajama |
| CW | kontinuirani val, nemodulirana telegrafija |
| DC | istosmjerna struja (<i>direct current</i>) |
| DE | “Od” – upotrebljava se za odvajanje pozivne oznake radijske postaje koja je pozvana, od pozivne oznake pozivajuće radijske postaje (npr. F7BC DE 9A2HL) |
| DOWN | dolje |
| DR | dragi |
| DX | Daleka veza: na KV-u preko 3000 km, na UKV-u preko 300 km |
| DXCC | <i>DX Century Club</i> , klub onih koji drže daleke veze ES i FB odlično (<i>fabulous</i>) FER za |
| FONE | rad telefonijom, govorom |
| FREQ | frekvencija |
| GB | do viđenja (<i>good-bye</i>) |
| GD | dobar dan |
| GE | dobra večer |

| | |
|----------|--|
| GM | dobro jutro |
| GMT | vrijeme po Greenwichu |
| GN | laku noć |
| GUD | dobar |
| HAM | radioamater, operator |
| HAMLET | radioamater početnik |
| HF | visoka frekvencija, 3 do 30 MHz |
| HI | Smijem se. |
| HPE | Nadam se. |
| HR | ovdje |
| INFO | informacija, obavijest |
| IS | jest |
| K | poziv za odašiljanje, slušam te, dođi. |
| LOG | dnevnik rada na postaji |
| MIKE | mikrofon |
| MNI | mного |
| MSG | poruka |
| MY | moj |
| NAME | ime |
| NR | broj |
| NW | sada |
| OM | prijatelj radioamater (<i>old man</i>) |
| OP | operator |
| PA | izlazno pojačalo odašiljača (<i>power amplifier</i>) |
| PM | poslijepodne |
| POB | poštanski pretinac (<i>post office box</i>) |
| PSE | Molim, izvolite. |
| RPT | ponoviti |
| RPRT | raport, ocjena po RST ljestvici |
| RST | čitljivost, jakost signala, kvaliteta tona (vidi temu 32). |
| R | Primljeno. |
| RX | prijamnik |
| SIGS | signali |
| SKED | dogovorena veza |
| SRI | Žao mi je (<i>sorry</i>). |
| SSB | prijenos jednim bočnim pojasom |
| SWL | prijamni radioamater (<i>short wave listener</i>) |
| TEMP | temperatura |
| TEST | pokus, CQ TEST je opći poziv u natjecanju |
| TNX, TKS | Zahvaljujem. |
| TU | Hvala vam. |
| TVI | smetnje na televizoru |
| TX | odašiljač |
| UFB | ultra FB, izvanredno |
| UHF | ultravisoke frekvencije, od 300 do 3000 MHz |
| UP | gore |
| UR | vaš |

| | |
|------|---|
| UTC | međunarodno usklađeno vrijeme, isto kao i GMT |
| VFO | oscilator promjenljive frekvencije |
| VHF | vrlo visoke frekvencije, 30 do 300 MHz |
| WTTS | snaga odašiljača u vatima |
| WX | vremenske prilike |
| SK | završetak rada (. . . - -) |
| SIG | signal |
| YL | ženska osoba, <i>young lady</i> |
| 73 | Pozdravljam vas (na kraju veze). |

Tema 24

4. Međunarodne oznake za opasnost i poziv u pomoć

- Radiotelegrafijom ••• – – – ••• (SOS) tri točke, tri crte, tri točke.
- Radiotelefonijom: “MAYDAY” (izgovori “mejdej”).

Ovi slučajevi regulirani su *Zakonom o telekomunikacijama* (“Narodne novine” broj. 76. od 19. srpnja 1999. godine) u članku 65.:

Članak 65.

(1) Znaci opasnosti, pozivi, poruke i priopćenja koja se emitiraju u slučaju opasnosti za plovilo i za zrakoplov, ili u slučaju prirodnih nepogoda i prilikom spašavanja ljudskih života, imaju prednost u prijenosu putem svih radijskih postaja.

(2) U slučajevima iz stavka 1. ovoga članka dopušteno je, osim dodijeljenih frekvencija i određenih uvjeta za radijske postaje, upotrebljavati i druge frekvencije i raditi na najprikladniji način.

(3) Vlasnik ili korisnik radijske postaje koji primi znakove opasnosti iz stavka 1. ovoga članka, mora odmah prekinuti rad, odazvati se pozivu i staviti svoju radijsku postaju na raspolaganje ili postupiti kako je najsvrhovitije u takvoj situaciji.

Tema 25

Pozivne oznake zemalja

Sve amaterske radijske postaje na svijetu imaju svoju pozivnu oznaku koja je upisana u dozvoli za rad. Svaka zemlja ima svoju oznaku. (Broj zemalja ne poklapa se s brojem država, jer neki otoci i područja mogu imati svoju pozivnu oznaku. Zato se u zadnje vrijeme češće rabi izraz "entitet". Ima ih oko 330.)

Oznaka se sastoji od prefiksa i sufiksa. Prefiks se sastoji od jednog ili dva slova (ili broja) i još jednog broja u sredini oznake, a sufiks se sastoji od jednog, dva ili tri slova i osobne je prirode. Npr. 9A1ARS - 9A1 je prefiks (Hrvatska), a ARS je sufiks i individualna oznaka "Radiokluba "Rijeka". U nastavku donosimo prefikse većine europskih zemalja, prvenstveno onih u hrvatskom susjedstvu, kao i nekih većih izvaneuropskih zemalja. Osim toga, neke zemlje dobile su i proširene prefikse. Npr. Norveška je nekada imala prefiks samo LA, ali zbog velikog broja radioamatera danas su prefiksi sve kombinacije slova od LA do LM.

Dozvola za rad omogućuje radioamateru rad u vlastitoj zemlji. Za rad u inozemstvu on može dobiti tzv. CEPT dozvolu za rad u zemljama koje su članice CEPT konvencije (europske zemlje).

Europa

| | | | |
|----------|---------------------|-------|------------|
| CT | Portugal | IT | Sicilija |
| CU | Azori | LA-LM | Norveška |
| DA-DL | Njemačka | LX | Luksemburg |
| EA-EH | Španjolska | LZ | Bugarska |
| EI, EJ | Irska | OE | Austrija |
| F | Francuska | OF-OI | Finska |
| G | Engleska | OK | Češka |
| GD | Otok Man | OM | Slovačka |
| GI | Sjeverna Irska | ON-OT | Belgija |
| GM | Škotska | OZ | Danska |
| GW | Wales | PA-PI | Nizozemska |
| HA, HG | Madžarska | S5 | Slovenija |
| HB | Švicarska | SA-SM | Švedska |
| HB0 | Lichtenstein | SN-SR | Poljska |
| HV | Vatikan | SV-SZ | Grčka |
| I | Italija | SV9 | Kreta |
| ISO, IM0 | Sardinija | T7 | San Marino |
| T9 | Bosna i Hercegovina | E7 | BIH |
| TA-TC | Turska | ZA | Albanija |
| TF | Island | | |

| | | | |
|------------|---------------------|----------------------------------|--------------------|
| TK | Korzika | Neke izvaneuropske zemlje | |
| UA1,33,4,6 | Europski dio Rusije | BY, BT | Kina |
| UB,UT,UV | Ukrajina | JA-JS | Japan |
| UC | Bjelorusija | LO-LW | Argentina |
| UO | Moldavija | OX | Grenland |
| UP | Litva | PP-PY | Brazil |
| UQ | Latvija | UA9,0 | Azijski dio Rusije |
| UR | Estonija | SU | Egipat |
| YO-YR | Rumunjska | VE,VO,VY | Kanada |
| YT-YU, YZ | Srbija | VK | Australija |
| Z3 | Makedonija | VU | Indija |
| 9A | Hrvatska | XA-XI | Meksiko |
| 9H | Malta | W,K,N,AA-AKSAD | |
| | | ZL | Novi Zeland |

Tema 26

1. Pregled raspodjele amaterskih frekvencija

Frekvencije i dopuštena snaga odašiljača prema operatorskim razredima (u vatima PEP)*

| PODRUČJE | A | P | BAND |
|-------------------------|------------|----|--------|
| 135,7 - 137,8 kHz | 1 W PEP | - | 2200 m |
| 1810 (1830) 1900 kHz | 150 | - | 160 m |
| 3500 (3600) 3800 kHz | 1000 | - | 80 m |
| 3520 (3600) 3775 kHz | - | 75 | |
| 7000 (7040) 7200 kHz | 1000 | - | 40 m |
| 7020 (7040) 7060 kHz | - | 75 | |
| 14000 (14100) 14350 kHz | 1000 | - | 20 m |
| 21000 (21150) 21450 kHz | 1000 | - | 15 m |
| 28000 (28200) 29700 kHz | 1000 | - | 10 m |

Ostale amaterske frekvencije**

| | | | |
|-------------------------|-----|---|------|
| 10100 (10150) 10150 kHz | 250 | - | 30 m |
| 18068 (18100) 18168 kHz | 250 | - | 17 m |
| 24890 (24920) 24990 kHz | 250 | - | 12 m |

** Frekvencije na područjima 10, 18 i 24 MHz odobrila je Svjetska administrativna konferencija o radijskim komunikacijama (WARC) 1979. godine.

Ultrakratki val

| FREKVENCIJA | RAZRED A | RAZRED P | |
|------------------------------|----------|----------|-------|
| 50 000 (50080-50130) 51 900 | 100 | - | 6 m |
| 70 000 (70050) 70 450 kHz | 10 | - | 4 m |
| 144 000 (144150) 146 000kHz | 1000 | 100 | 2 m |
| 430 000 (430 000) 440 000kHz | 1000 | 100 | 70 cm |
| 1240 (1240xxx) 1300 MHz | 1000 | 100 | 24 cm |
| 2300 MHz i iznad | 75 | 100 | 13 cm |

* Snaga je označena u PEP (*peak envelope power* - vršna snaga ovojnice), a ne u INPUT-u kao nekada (tj. istosmjerna snaga u izlaznom stupnju.) Nadalje, broj u zagradi u stupcu "Područje" označuje gornju granicu potpodručja određenog samo za telegrafiju (CW). U nastavku, CW može ići do kraja područja, zajedno s drugim dopuštenim vrstama modulacije

2. Pregled unutrašnje raspodjele dvometarskog amaterskog područja (144 - 146 MHz)

| Frekvencija (kHz) | Vrsta emisije |
|-------------------|----------------------------|
| 144 000 - 144 150 | telegrafija |
| 144 150 - 144 500 | telegrafija i SSB |
| 144 500 - 144 845 | sve vrste rada |
| 144 845 - 144 900 | radiofarovi |
| 144 900 - 145 000 | digipiteri (paketni radio) |
| 145 000 - 145 175 | FM repetitori ulaz |
| 145 200 - 145 575 | FM simpleks kanali |
| 145 600 - 145 775 | FM repetitori izlaz |
| 145 800 - 146 000 | satelitske veze |

(Polarizacija antene: 144-145 MHz horizontalna; 145-146 - vertikalna)

3. Pregled repetitorskih frekvencija na 2 metra

Repetitori se u načelu postavljaju na visokim mjestima kao relejne međupostaje za povezivanje korespondenata koji međusobno nemaju mogućnost direktne veze. Repetitor istodobno i prima i odašilje primljeni signal. Zato su njegova prijamna i odašiljačka frekvencija razdvojene, najčešće za 600 kHz. Ulazne, tj. prijамne, frekvencije repetitora nalaze se između 145 000 kHz i 145 175 kHz, gdje je raspoređeno ukupno 8 kanala - od R0 do R7. Jasno je da su u amaterskim postajama to odašiljačke frekvencije. Izlazne frekvencije repetitora nalaze se 600 kHz više, tj. od 145 600 kHz do 145 775 kHz. To su ujedno i prijамne frekvencije amaterskih postaja. Razmak između svakog repetitorskog kanala iznosi 25 kHz. Stoga nije teško upamtiti sve frekvencije repetitorskih kanala: prijамna frekvencija za R0 nalazi se na 145 000 kHz, za R1 - 25 kHz više itd. Izlazne frekvencije su 600 kHz iznad toga. Amaterski

repetitori rabe uskopojasnu frekvencijsku modulaciju (NBFM) i vertikalnu polarizaciju, pa i amaterske postaje moraju imati vertikalne antene za rad preko repetitora.

U tablicama je broj kanala označen na stari način. Naime, u novije vrijeme, zbog tehničkog napretka i povećanih potreba na 2-metarskom i 70 centimetarskom području, uvedeni su i tzv. međukanali koji se nalaze na sredini između dva R ili S kanala, tako da je razmak između njih 12,5 kHz. Uvedene su i nove oznake kanala: RV za repetitorske kanale na 2 metra (kanali RV48 do RV 63), i V za simpleks kanale na 2 metra (V16 do V47). U ovome priručniku zbog jednostavnosti i nadalje smo naveli samo stari sustav.

| Kanal | Ulazna frekvencija repetitora/kHz | Izlazna frekvencija repetitora/kHz |
|-------|-----------------------------------|------------------------------------|
| R0 | 145 000 | 145 600 |
| R1 | 145 025 | 145 625 |
| R2 | 145 050 | 145 650 |
| R3 | 145 075 | 145 675 |
| R4 | 145 100 | 145 700 |
| R5 | 145 125 | 145 725 |
| R6 | 145 150 | 145 750 |
| R7 | 145 175 | 145 775 |

4. Simpleks kanali

Kod simpleks kanala i prijam i odašiljanje obavljaju se na istoj frekvenciji. Dok jedna postaja odašilje, druga sluša, i obratno, na istoj frekvenciji. Između ulaznih i izlaznih frekvencija repetitora nalazi se slobodan prostor - od 145 200 do 145 575 kHz. Tu je smješteno 16 simpleks kanala, od S8 do S23. Modulacija je također NBFM, a razmak između pojedinih kanala je također 25 kHz. Ovdje je također navedena samo stara podjela.

Pregled frekvencija simpleks kanala

| Simpl. kanal | Frekvencija/kHz | Simpl. kanal | Frekvencija/kHz |
|--------------|-----------------|--------------|-----------------------|
| S-8 | 145 200 | S-16 | 145 400 |
| S-9 | 145 225 | S-17 | 145 425 |
| S-10 | 145 250 | S-18 | 145 450 |
| S-11 | 145 275 | S-19 | 145 475 |
| S-12 | 145 300 | S-20 | 145 500 ¹⁾ |
| S-13 | 145 325 | S-21 | 145 525 |
| S-14 | 145 350 | S-22 | 145 550 |
| S-15 | 145 375 | S-23 | 145 575 |

1) S-20 je rezerviran kao pozivni kanal postaja u pokretu.

Tema 27

Vrste emisija

Vrsta emisije, tj. način modulacije, opisuje se kraticama. Postoje amaterske i službene kratice. U donjem pregledu službena kratica je u zagradi. Ovdje navodimo samo nekoliko češćih:

AM (A3E) - amplitudna modulacija, val nositelj moduliran je tonskom frekvencijom, uz val nositelj postoje još i dva bočna pojasa.

CW (A1A) - (continuous wave, neprekinuti, neprigušeni val). Val je uvijek jednake snage, tj. nije moduliran; prekida se jedino telegrafskim tipkalom (što je zapravo vrsta impulsne modulacije).

SSB (J3E) - *single side band*, jedan bočni pojas s potisnutim valom nositeljem. Na 3,5 i 7 MHz radi se donjim bočnim pojasom (LSB), a iznad toga gornjim (USB).

FM (F3E) - frekvencijski ili fazno moduliran val nositelj, frekvencijska modulacija.

RTTY (F1B) - *radioteletype*, radioteleprinter.

SSTV - *slow scan television*, sporoanalizirajuća televizija - prenosi samo nepokretne slike na tonskim frekvencijama. Formiranje jedne slike na taj način traje nekoliko minuta.

PSK31 Suvremeni digitalni program koji uspješno zamjenjuje Morseove znakove. Razmjena informacija obavlja se pisanim putem preko računala koje je priključeno na radijsku postaju.

Tema 28

Održavanje radioamaterskih veza

Radioamaterske veze mogu se održavati Morseovim znakovima (telegrafijom, CW), otvorenim govorom - telefonijom (FONE), ili nekom od nekoliko vrsta modulacije koja prenosi slova, tj. tekst, pa i sliku. Iako ispit iz Morseovih znakova više nije obvezatan, mnogi se amateri još uvijek radije služe telegrafijom (CW). Sadržaj veze treba biti tehničkoga karaktera, vezan uz čujnost, uređaje, vremenske prilike itd. Mnogi početnici prirede sebi na papiru uzorak veze, pa se u početku njime služe. Održavanje amaterske veze ima svoj oblik kojega se amateri uglavnom pridržavaju. To su:

1. pozivanje: opći poziv (CQ), ili usmjereni poziv određenoj postaji
2. uspostava veze: pozdrav i zahvala za poziv
3. razmjena raporta i drugih osnovnih podataka: RST, QTH, ime
4. razmjena ostalih informacija, po želji
5. zahvala za održanu vezu
6. završetak veze.

Pretpostavimo da je naš znak 9A1ARS i da želimo održati vezu telefoni-
jom na 3650 kHz. (Prije pozivanja valja poslušati je li frekvencija slobodna.)
Zatim postaja 9A1ARS poziva:

*CQ, CQ (ce ku, ce ku), poziv svima, ovdje 9A1ARS poziva na 80 metara
(ponoviti triput). Prelazim na prijam.*

Pretpostavimo da nas je čula postaja 9A2HL. Ona se postavlja točno na
našu frekvenciju i zove:

9A1ARS, 9A1ARS, 9A1ARS, ovdje 9A2HL, 9A2HL, 9A2HL; prijam.

Ako je čujnost slaba, poslužiti ćemo se tablicom sricanja i ponoviti poziv.
No mi smo poziv odmah čuli i odgovaramo:

*9A2HL, 9A2HL, 9A2HL - ovdje 9A1ARS, 9A1ARS, 9A1ARS. Dobar dan dragi
prijatelju i hvala ti za poziv. Tvoj je raport: razumljivost 5 i snaga signala 8;
pet i osam, modulacija odlična. Moje ime je Marin - Mike, Alpha, Romeo, India,
November - Marin. QTH Rijeka - Romeo, India, Juliet, Echo, Kilo, Alpha - Rijeka.
Kako me primaš? 9A2HL, ovdje 9A1ARS. Prelazim na prijam.*

9A2HL odgovara:

*9A1ARS ovdje 9A2HL. Dobar dan dragi prijatelju Marine i hvala ti za lijep
raport. Rapport za tebe je 5 - 7, razumljivost 5 i snaga signala 7. Modulacija
odlična. Moje ime je Božidar i QTH Zadar. Božidar i Zadar. Radim sa 100 vata;
moj uređaj je ICOM-256, a antena je dipol. Molim te pošalji mi QSL-karticu
preko biroa. Ja ti svoju sigurno šaljem. Sada ne bih imao ništa više za tebe. (Na
ovome mjestu možete razmijeniti i neke druge informacije osobnoga karak-
tera.) 9A1ARS, ovdje 9A2HL prelazi na prijam.*

9A1ARS odgovara:

*9A2HL, ovdje 9A1ARS. Primio sam sve u redu dragi Božidare. Moja postaja
ovdje je TRIO-510. Prilično star uređaj, ali još uvijek dobro radi. Antena je
također dipol. Vrijeme ovdje je lijepo i sunčano. Moja QSL-kartica sigurno stiže
preko biroa. Dragi Božidare, sada ti zahvaljujem za lijepu vezu i nadam se da
ćemo se uskoro ponovno čuti. Ovdje 9A1ARS završava vezu s 9A2HL. Do sluša-
nja.*

9A2HL odgovara:

9A1ARS, ovdje 9A2HL. Primio sam sve u redu, Marine. Zahvaljujem ti za informacije koje si mi dao i za lijepu vezu sa Zadrom. Nadam se da ćemo se uskoro ponovno čuti. Ovdje 9A2HL završava vezu s 9A1ARS. Marine, do slušanja.

9A1ARS još samo kratko:

9A2HL od 9A1ARS. Božidare, još ti jednom zahvaljujem i završavam vezu.

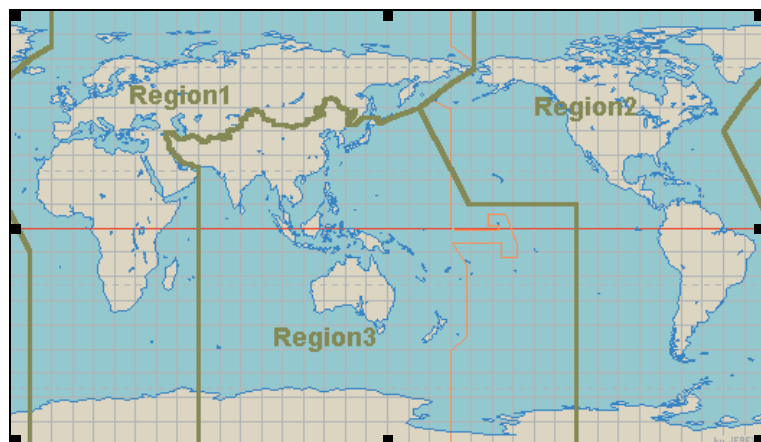
U radu na ultrakratkom valu (područje od 144 i 432 MHz) preko repeti-tora ne poziva se CQ, već je dovoljno reći npr. *Ima li koga na R-4?* Ovdje 9A1ARS sluša. To možemo ponoviti nekoliko puta, sve a netko ne javi. Na simpleks kanalu moguće je pozivati CQ, ili pak ponoviti gornju rečenicu. QSL-kartice šalju se prema uzajamnom dogovoru, ali se veza svakako upisuje u dnevnik rada.

Osnovno je pravilo pri održavanju veze uljudnost i strpljenje. Prije nego što počnete zvati CQ, obvezno provjerite je li frekvencija slobodna; krajnje je neuljudno i neamaterski zvati na frekvenciji koja je već zauzeta. Ne zaboravite spomenuti svoju pozivnu oznaku na početku i na kraju svake relacije, a također ako je niste spomenuli u proteklih 10 minuta. Također su obvezni zahvala za poziv, raport, ime i QTH, i na kraju zahvala za održanu vezu. (Prilikom održavanja duljih veza treba svoju oznaku identifikacije ponavljati svakih deset minuta.)

Tema 29

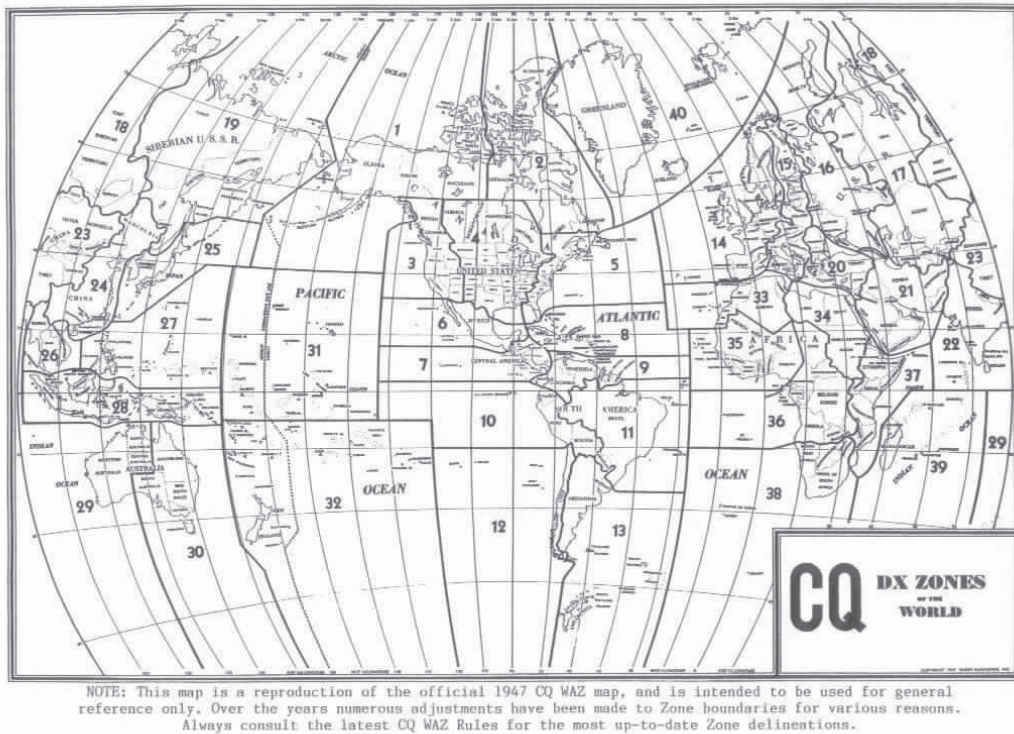
ITU regioni, IARU područja i radioamaterske zone

Slika 29/1 (ITU područja)



International Telecommunication Union - ITU, podijelila je cijeli svijet u tri područja (regije): u prvom su području Afrika, Europa, Bliski istok i područje bivšeg Sovjetskog Saveza. U drugom su području Sjeverna i Južna Amerika. U trećem su preostali dio Azije, Australija i Polinezija (slika 29/1.).

Prema radioamaterskoj podjeli cijeli svijet je podijeljen u 40 zona radi dobivanja diplome WAZ (Worked All Zones). Te zone se razlikuju od ITU zona. Hrvatska je u 15. zoni (slika 29/2.).



Slika 29/2
(Amaterske WAZ
zone)

Tema 30

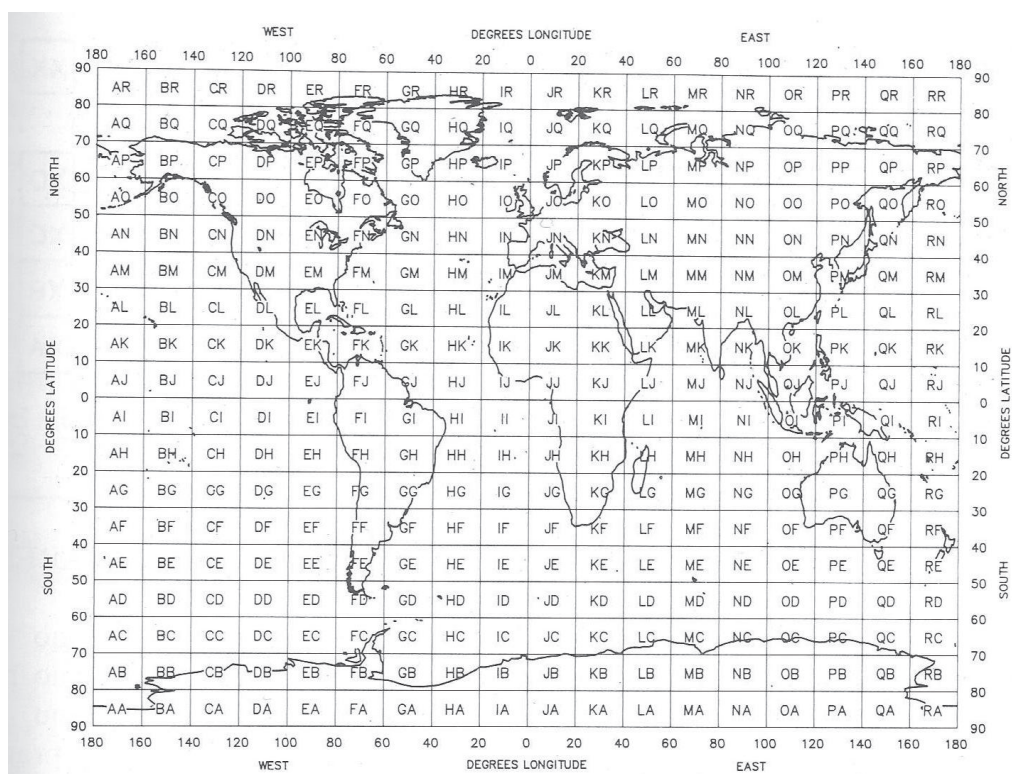
World Wide lokator

WW-lokator (*World Wide Locator* - svjetski lokator) je način za jednostavno obilježavanje zemljopisnog položaja bilo koje radioamaterske postaje s pomoću samo šest znakova: dva slova - dvije znamenke - dva slova; npr. JN75XT (Zagreb). Na našim zemljopisnim širinama točnost prikazivanja je oko 8x4 km, što je u svjetskim razmjerima sasvim dovoljno. U stranoj literaturi nalazimo i izraz *Grid Locator* (*grid* = rešetka, mreža).

Cijela kugla zemaljska podijeljena je na 324 **polja** (*fields*) veličine 20^0 zemljopisne duljine i 10^0 zemljopisne širine (18x18 polja). Ta su polja označena s po dva slova abecede (od A do R), i to su prva dva slova WW-lokatora. Prvo je slovo za zemljopisnu duljinu (horizontalna podjela), a drugo za zemljopisnu širinu (vertikalna podjela). Prvo polje (AA) nalazi se na istočnoj strani 180. meridijana i na južnom polu Zemlje. U plošnoj Mercatorovoj projekciji polje AA nalazi se u donjem lijevom kutu, a polje RR u gornjem desnom kutu karte svijeta (slika 30/1.). Na našim zemljopisnim širinama jedno polje ima veličinu od oko 1600x1100 kilometara.

Svako polje podijeljeno je na 100 **većih pravokutnika** (*squares*) veličine $2^0 \times 1^0$ koji se označuju brojevima od 00 do 99. Prva znamenka označuje

Slika 30/1 (svjetski WW-lokator)



stupac slijeva udesno, a druga označuje red (visinu stupca) odozdo prema gore. Prema tome, veći pravokutnik 00 nalazi se u donjem lijevom kutu velikog polja, a veći pravokutnik 99 u gornjem desnom kutu tog polja. Hrvatsku pokrivaju - u cjelini ili dijelom - četrnaest takvih pravokutnika veličine oko $164 \text{ km} \times 112 \text{ km}$ koji se nalaze između brojeva 64 i 92.

Svaki pravokutnik podijeljen je na 576 (tj. 24×24) **mala pravokutnika** (subsquares), koji se označuju s po dva slova od A do X. To su zadnja dva slova u oznaci WW-lokatora. U zemljopisnom smislu svaki takav mali pravokutnik obuhvaća $5'$ zemljopisne duljine i $2' 30''$ zemljopisne širine - što iznosi oko $8 \times 4 \text{ km}$ na našim prostorima. Prvo slovo označuje stupac slijeva udesno, a drugo red, odozdo prema gore. Tako se mali pravokutnik AA nalazi u donjem lijevom kutu, a pravokutnik XX u gornjem desnom kutu svog većeg pravokutnika. (Drugim riječima, tražeći lokaciju uvijek idemo najprije u desno, a zatim prema gore.)

Postoje računalni programi koji svaki WW-lokator trenutačno pretvaraju u odgovarajuću zemljopisnu duljinu i širinu, ispisuju udaljenost od naše lokacije (QRB), azimut, pa čak daju i ime zemlje, njezin prefiks i ime najbližeg većeg grada. Hrvatski radioamaterski savez izdao je odličnu WW-kartu Hrvatske i okolnih područja.

Tema 31

Vođenje dnevnika, QSL-kartice i QSL-služba

A) Dnevnik rada (*LOG*)

Pravilnik propisuje i obvezu vođenja dnevnika rada amaterske postaje:

Članak 21.

(1) Prigodom rada s amaterskom postajom na nepokretnoj lokaciji ili na brodu u skladu s propisima o sigurnosti na plovilima, radioamater mora čuvati dnevnik postaje sa stranicama po njihovu redosljed u kojima sve emisije moraju ići s razgovijetnim zapisom. Zapisi svake sljedeće emisije trebaju uključiti ove podatke:

- 1. dan, mjesec, godina*
- 2. početak i kraj radiokomunikacijskog prijenosa ili emisije u dogovorenom svjetskom vremenu (UTC)*
- 3. frekvencijski pojas koji je upotrijebljen*
- 4. frekvencija, vrsta emisije i snaga odašiljače postaje*
- 5. lokacija amaterske postaje i pozivna oznaka amaterske postaje s kojom je uspostavljena komunikacija*
- 6. potpis radioamatera koji je odgovoran za emisiju.*

(2) Upisivanje podataka u radioamaterski dnevnik putem elektroničkog računala dopušteno je samo uz uvjet da se u bilo koje vrijeme omogući tiskanje zahtijevanog dnevnika u svrhu kontrole.

(3) Dnevnici se moraju čuvati najmanje jednu godinu nakon zadnjeg upisa.

U prodaji se mogu naći gotovi dnevnici rada s odgovarajućim rubrikama. Uobičajene su sljedeće rubrike:

1. Redni broj veze (u tom dnevniku) - (QSO No.)
2. Datum - Date (D-M-Y), dan - mjesec - godina. (Amerikanci obično pišu mjesec, pa dan.)
3. Vrijeme - UTC (po Pravilniku početak i kraj veze)
4. Postaja s kojom je održana veza (STATION WORKED)

5. Frekvencija - MHz
6. Način rada - (MODE - CW, SSB, FM, RTTY)
7. RST koji je poslan (RST SENT)
8. RST koji je primljen (RST RECEIVED)
9. QSL-kartica poslana (QSL SENT, + ili -)
10. QSL-kartica primljena (QSL RCVD, + ili -)
11. Primjedbe (REMARKS)
12. Potpis operatora (SIGNATURE)

Ostali trajni podaci (tip i snaga odašiljača, vrsta antene, mjesto, pozivna oznaka vlastite postaje itd.) unose se na početnoj stranici za cijeli dnevnik.

B) QSL-kartice

Zakon ne propisuje obvezu slanja QSL-kartice kao potvrdu održane veze. No to je amaterska obveza, ako ste karticu već obećali (MY QSL IS SURE). QSL-kartica je i dokaz održane veze, trofej i lijepa uspomena. Osim toga, QSL-kartice su nužne za dobivanje određenih diploma.

QSL-kartica je osobna karta svakog radioamatera; uz pomoć nje on predstavlja sebe i svoju zemlju. QSL-kartice izložene su na zidovima mnogih amaterskih postaja i vidi ih velik broj osoba. Zato je izgled QSL-kartice također važan. Postoje servisi koji se bave tiskanjem QSL-kartica u nekoliko ponuđenih uzoraka, a mnogi radioamateri daju izrađivati QSL-kartice prema vlastitoj zamisli. Veličina kartice treba biti približno kao i poštanske razglednice, tj. 9x14 cm (slika 31/1.).

Slika 31/1 (QSL-kartica)



C) QSL-služba

QSL-kartice šalju se preko QSL-službe koja je organizirana u gotovo svakom nacionalnom savezu. Popularno ih zovu QSL-*bureau* (*buro* ili *biro*). Ako ste član nacionalnog radioamaterskog saveza, njihova usluga je najčešće besplatna (iako ponekad spora). Ako nam je pak veza bila posebno važna (npr. nova zemlja za neku diplomu) - karticu ćemo poslati izravno na adresu korespondenta. U tu svrhu postoji poseban adresar, tzv. *Call-book* (čitaj *kol-buk*). Kada radioamateri idu na tzv. radioamaterske ekspedicije (nenaseljeni otoci, daleke zemlje), ili kada se radi o vrlo rijetkim oznakama, oni često imenuju svoje QSL-*managere* koji sređuju njihovu poštu. U tom slučaju QSL-karticu treba slati preko tog managera. Ako želimo da nam radioamater

pošalje svoju karticu "direct", običaj je da se u pismo stavi i tzv. IRC-kupon (*International Reply Coupon* - međunarodni kupon za odgovor), koji ćemo kupiti u pošti. S njim korespondent može u svojoj pošti dobiti u zamjenu marku za odgovor.

QSL-kartice nam omogućuju i dobivanje određenih radioamaterskih diploma koje izdaju radioamaterski savezi pojedinih zemalja ako im pošaljemo zahtjev, potreban broj QSL-kartica i pristojbu (obično u IRC-kuponima). Svaki radioamater je ponosan na svoje diplome koje se vide na zidu iznad njegove postaje.

Tema 32

Izveštaj o čujnosti - raport

Prilikom održavanja radioamaterske veze obvezatno se daje *raport* - izvještaj o primljenim signalima. Veza se priznaje ako su međusobno razmijenjene pozivne oznake i raporti. To je minimum. Pri davanju raporta za telegrafiju (CW) primjenjuje se RST ljestvica (razumljivost, snaga, ton - engleski "readability, strength, tone"). Najveći raport je 599.

ČITLJIVOST SIGNALA (razumljivost, readability):

- R1 nečitljivi, nerazumljivi signali
- R2 jedva čitljivi signali; riječi se samo povremeno raspoznaju
- R3 signali su čitljivi (razumljivi, prepoznatljivi) uz znatan napor
- R4 signali su čitljivi praktično bez teškoća
- R5 jasni signali čitljivi bez napora

Što se tiče razumljivosti, ona može biti loša ako je operator slab telegrafist pa nepravilno tipka Morseove znakove, ili ih ne rastavlja kako treba. U radu telefonijom izobličenja zvuka mogu biti takva da se ne razumije govor.

SNAGA SIGNALA (strength)

- S1 jedva primjetni signali preslabi za prepoznavanje
- S2 vrlo slabi signali
- S3 slabi signali

- S4 osrednji signali, glasnoća tek dovoljna za čitanje
- S5 prilično dobri signali
- S6 dobri signali
- S7 umjereno jaki signali
- S8 jaki signali
- S9 vrlo jaki signali

Što se tiče snage, ako je ona veća od 9 može se dodati i broj decibela, npr. S9+30dB - što možemo pročitati na S-metru, tj. instrumentu za jakost signala u prijamniku. Pri radu fonijom daju se samo R i S, tj. prve dvije brojke, a kvaliteta modulacije može se opisati riječima.

TON (tone)

- T1 posebno grub i hrapav ton izmjenične struje
- T2 vrlo grub i hrapav ton izmjenične struje, vrlo širok
- T3 grub ton ispravljene izmjenične struje koja nije filtrirana
- T4 ton ispravljene izmjenične struje s tragovima filtriranja
- T5 ton ispravljene i filtrirane izmjenične struje, signal snažno moduliran brujanjem
- T6 ton ispravljene i filtrirane struje, čuje se modulacija brujanjem
- T7 gotovo čist ton, tragovi modulacije brujanjem
- T8 čist ton s tragovima brujanja
- T9 savršeno čist ton bez tragova brujanja

Naglasimo da se izvještaj za ton u telegrafiji ne odnosi na stabilnost signala, već samo na čistoću tona. Stoga, ako je ton osobito stabilan i kristalno čist, može se dodati slovo "x". Slovo "c" iza raporta znači pijukanje (*chirps*). Slovo "k" iza raporta označuje udarce koji se čuju prilikom tipkanja (*clicks, kliksovi*), koji nastaju zbog nepostojanja odgovarajućeg filtra na tipkalu.

Tema 33

Amaterski kodeks ponašanja

Sve nacionalne radioamaterske organizacije članice IARU-a prihvatile su radioamaterski kodeks ponašanja, pa se često govori o radioamaterskom duhu (*ham spirit*).

RADIOAMATERSKI KODEKS PONAŠANJA

1. Radioamater je pažljiv i pun obzira; on se svjesno neće ponašati tako da za vrijeme održavanja veza drugima uskraćuje zadovoljstvo i da im smeta.

2. Radioamater je odan i privržen svom pokretu: on pomaže svojim drugovima u klubu i ostalim radioamaterima, svom radioamaterskom savezu u koji je učlanjen i koji zastupa njegove interese.

3. Radioamater prati razvoj znanosti i tehnike: dopunjuje i dograđuje svoje uređaje i stalno ih usavršava prateći najnovija tehnička dostignuća. On stalno unapređuje svoje znanje o uporabi postaje i o radu na opsegu.

4. Radioamater je uvijek prijatelj drugima: on savjetuje početnike i prijateljski im pomaže, te je spreman surađivati sa svima.

5. Radioamater je odmjeren i uravnotežen; radioamaterizam je dobrovoljna, slobodno izabrana aktivnost. Pravi radioamater neće nikada dopustiti da mu radioamaterska aktivnost smeta u nekoj od njegovih obveza, da ugrozi njegovu obitelj, posao, da utječe na uspjeh u školi ili na njegov položaj u društvu.

6. Radioamater je domoljub; svoje znanje i iskustvo i svoje uređaje spreman je uvijek staviti u službu svoje društvene zajednice i svoje domovine.

Tema 34

Natjecanja

Iako radioamaterizam nije sport u klasičnom smislu riječi, u svijetu se organizira velik broj natjecanja u broju održanih veza na kratkom i ultrakratkom valu. Opći naziv za ta natjecanja je CONTEST. Organiziraju se načešće vikendom i traju 12 do 48 sati; traže veliku izdržljivost i operatorsku vještinu. Postoje kontesti za SINGLE OP (jedan operator na postaji) i MULTI

OP (više operatora na postaji, koji se smjenjuju). Posebno se računa rad CW, a posebno FONE. Operatori koji rade u kontestu najčešće pozivaju CQ TEST i prilikom veze daju redni broj veze koji upisuju u LOG. Danas se on najčešće vodi na elektroničkom računalu. Takve veze su vrlo kratke, jedva desetak sekundi: samo pozivna oznaka, RST i redni broj veze. Pobjednici dobivaju diplomu, priznanje, plaketu ili pehar. Rezultati se objavljuju u radioamaterskim časopisima. (Osim toga, prilikom natjecanja se najlakše dolazi do zemalja koje nam nedostaju za neku diplomu.)

Tema 35

Radioamaterske diplome

Evo nekoliko poznatijih radioamaterskih diploma:

1. WAC AWARD (*Worked All Continents* - Radio sa svim kontinentima). Diplomu izdaje središte IARU-a za veze održane sa svih šest kontinenta po radioamaterskoj podjeli: Europa, Afrika, Azija, Sjeverna Amerika, Južna Amerika i Australija s Polinezijom. Postoji posebna diploma za telegrafiju, za telefoniju, pa i za rad samo na jednom području (npr. na 80 m). Zahtjevi se šalju preko nacionalnog saveza učlanjenog u IARU.

2. IARU REGION 1 AWARD (diploma 1. IARU regije). Diplomu izdaje englesko radioamatersko udruženje (RSGB) za veze održane sa zemljama 1. regije. Postoje tri vrste te diplome.

3. DXCC AWARD (DX Century Club Award) izdaje američko radioamatersko udruženje (ARRL) i to je najvažnija diploma za ljubitelje DX veza. Diploma se dobiva za održane veze sa 100 zemalja po DXCC popisu. Za svakih sljedećih 100 zemalja može se dobiti dopunska markica.

4. WAE AWARD (Worked All Europe - Radio cijelu Europu) izdaje se amaterima koji su održali veze s europskim zemljama. Izdaje je njemačko radioamatersko udruženje (DARC) i ima tri stupnja.

5. WAZ AWARD (Worked All Zones - Radio sa svim zonama) može dobiti radioamater koji je održao vezu sa svakom od 40 zona u svijetu po radioamaterskoj podjeli. Izdavač je časopis CQ u Sjedinjenim Američkim Državama.

Hrvatski radioamaterski savez izdaje vrlo lijepu diplomu IOCA (Islands of Croatia Award - Diploma jedranskih otoka) - slika 34/1. Postoji pet stupnjeva te diplome: od temeljnog (za veze s 10 otoka), do dijamantnog (za veze sa 100 otoka). Zanimljivo je da tu diplomu osim "lovaca" mogu dobiti i "aktiva-

tori” (koji sa svojom postajom pođu na najmanje pet, pa sve do 50 otoka i s njih održavaju veze).

Postoje i stotine drugih diploma, ali ove su najpoznatije. Osim toga, svaki radioamaterski savez svake zemlje ustanovljuje i svoje diplome i uvjete pod kojima se one mogu dobiti.



Slika 34/1 (IOCA diploma)



HRVATSKA REGULATORNA AGENCIJA ZA MREŽNE DJELATNOSTI

(pročišćeni tekst)

PRAVILNIK O AMATERSKIM RADIJSKIM KOMUNIKACIJAMA

SADRŽAJ PRAVILNIKA

Članak 1.

Pravilnikom o amaterskim radijskim komunikacijama (u daljnjem tekstu: Pravilnik) propisuju se uvjeti dodjele i uporabe radiofrekvencijskog spektra za potrebe amaterskih radijskih komunikacija, radioamaterski razredi, polaganje radioamaterskog ispita, te tehnički i drugi uvjeti uporabe amaterskih radijskih postaja i opreme.

POJMOVI I ZNAČENJA

Članak 2.

U smislu ovog Pravilnika pojedini pojmovi imaju sljedeće značenje:

1. *amaterska radijska postaja*: radijska postaja koja radi u radiofrekvencijskom pojasu namijenjenom amaterskoj službi i amaterskoj satelitskoj službi,
2. *radioamater*: fizička osoba koja se bavi radijskom tehnikom i radiooperatorstvom isključivo iz osobnih razloga i bez novčane naknade,
3. *Hrvatski radioamaterski savez (HRS)*: strukovni savez radioamaterskih udruga registriran prema propisima Republike Hrvatske (u daljnjem tekstu: Savez),
4. *radioamaterski klub*: udruga građana registrirana u skladu s propisima RH.

OPĆA NAČELA

Članak 3.

- (1) Radioamater može postaviti i upotrebljavati amatersku radijsku postaju uz uvjet da ima položen radioamaterski ispit (u daljnjem tekstu: ispit) i da mu je Hrvatska regulatorna agencija za mrežne djelatnosti (u daljnjem tekstu: Agencija) izdala propisanu dozvolu za uporabu radiofrekvencijskog spektra u amaterskoj službi (u daljnjem tekstu: dozvola).
- (2) Pozive i druga priopćenja, koja je radioamater primio putem amaterske radijske postaje, a koji mu nisu namijenjeni, radioamater ne smije proslijediti drugim osobama u

NN br. 45/12, 97/14 i __/17

slučajevima propisanim člankom 25. stavkom 7. Zakona o elektroničkim komunikacijama (u daljnjem tekstu: Zakon).

RAZREDI I VRSTE AMATERSKIH RADIJSKIH POSTAJA

Članak 4.

- (1) Rad s amaterskim radijskim postajama određuje se dva radioamaterska razreda prema razini osposobljenosti radioamatera, i to: A razred i početnički P razred (u daljnjem tekstu: P razred).
- (2) Frekvencijski pojasevi i druge tehničke značajke amaterskih radijskih postaja, od važnosti za rad radioamatera odgovarajućeg radioamaterskog razreda, propisane su u Dodatku 1. Pravilnika.
- (3) Vrste amaterskih radijskih postaja su sljedeće:
 1. osobna amaterska radijska postaja koju postavlja i upotrebljava radioamater koji ima položen ispit za A ili P razred,
 2. klupska amaterska radijska postaja koju postavlja radioamaterski klub (u daljnjem tekstu: klub), na kojoj rade radioamateri A ili P razreda,
 3. amaterski repetitor ili digipitor koji postavlja Savez ili klub, na temelju plana koji se dostavlja Agenciji ili uz prethodnu pisanu suglasnost Saveza,
 4. amaterski radiofar koji postavlja Savez ili klub,
 5. amaterska radijska postaja za radiogoniometriju koju Savez ili klub postavlja za privremenu uporabu, u svrhu obuke ili natjecanja
 6. amaterska radijska postaja za odašiljanje televizijskog signala.

RADIOAMATERSKI ISPIT

Članak 5.

- (1) Radioamaterski ispit (u daljnjem tekstu: ispit) polaže se za A ili P razred pred ispitnim povjerenstvom (u daljnjem tekstu: povjerenstvo) koje se sastoji od predsjednika i dva člana.
- (2) Članove povjerenstva na prijedlog Saveza imenuje Vijeće Agencije na razdoblje od dvije godine.
- (3) Vijeće Agencije može razriješiti članove povjerenstva prije isteka dvogodišnjeg razdoblja na koje su imenovani u sljedećim slučajevima:
 1. ako to sami zatraže,
 2. ako nisu u mogućnosti obavljati dužnost dulje od 6 mjeseci neprekinuto,
 3. na prijedlog Saveza.

Članak 6.

- (1) Obavijest o održavanju ispita, s podacima o mjestu i vremenu održavanja ispita te popisu kandidata koji pristupaju ispitu, Savez mora dostaviti Agenciji najkasnije 15 dana prije dana održavanja ispita.

- (2) Izvješće o održanom ispitu s podacima o mjestu i vremenu održavanja ispita te popisu kandidata koji su položili ispit, Savez mora dostaviti Agenciji najkasnije u roku od 15 dana od dana održavanja ispita.
- (3) Administrativne i tehničke poslove u vezi s pripremom i održavanjem ispita obavlja Savez.
- (4) Nadzor nad provođenjem ispita obavlja Agencija. Savez je obavezan čuvati sve ispite najmanje 2 godine, te ih na zahtjev dostaviti Agenciji za potrebe provođenja nadzora.

Članak 7.

- (1) Obvezni dio ispitnog programa, prema kojemu se kandidati ispituju, Agencija objavljuje u elektroničkom obliku na svojim internetskim stranicama, a može ga objaviti i na drugi javno dostupan način. Cjelokupni ispitni program donosi Savez, uz suglasnost Agencije.
- (2) Obvezni dio ispitnog programa za A razred usklađen je s CEPT preporukom T/R 61-02, a obvezni dio ispitnog programa za P razred s ERC izvješćem ERC REPORT 32.
- (3) Gradivo za polaganje ispita propisano je Priručnikom za polaganje radioamaterskog ispita, koji izdaje Savez uz prethodnu suglasnost Agencije.

Članak 8.

- (1) Vrijeme i mjesto održavanja ispita određuje Savez.
- (2) Ispiti se u pravilu održavaju u prostorijama Saveza, a na zahtjev klubamogu se održavati i u klupskim prostorijama koje zadovoljavaju uvjete za pravilno provođenje ispita.
- (3) Klub je obavezan najkasnije 30 dana prije dana održavanja ispita podnijeti Savezu zahtjev za odobrenjem održavanja ispita, koji mora sadržavati datum ispita i popis kandidata za ispit.

Članak 9.

- (1) Osoba koja želi polagati ispit mora Savezu ili klubu podnijeti pisani zahtjev za polaganje ispita koji mora sadržavati ime i prezime podnositelja zahtjeva, datum i mjesto rođenja, adresu stanovanja i razred za koji kandidat želi polagati ispit.
- (2) Osobe mlađe od 18 godina moraju pisanom zahtjevu iz stavka 1. ovog članka priložiti odobrenje roditelja ili staratelja.

Članak 10.

- (1) Kandidat koji ne zadovolji na ispitu može ponovno polagati ispit, uz ponovno podnošenje zahtjeva iz članka 9. stavka 1. Pravilnika.
- (2) O vremenu i mjestu održavanja ponovnog ispita iz stavka 1. ovog članka odlučuje predsjednik povjerenstva, pri čemuvremenski razmak između dva ispita ne može biti kraći od dva mjeseca.

NN br. 45/12, 97/14 i __/17

- (3) Nakon položenog ispita kandidat dobiva svjedodžbu o položenom radioamaterskom ispitu. Obrazac svjedodžbe o položenom radioamaterskom ispitu propisanje u Dodatku 2. Pravilnika.
- (4) Kandidatu koji položi ispit za A razred može se, na njegov zahtjev, izdati Certifikat za harmonizirani radioamaterski ispit u okviru CEPT-a (HAREC).
- (5) Kandidatu koji položi ispit za P razred može se, na njegov zahtjev, izdati Certifikat za položeni početnički radioamaterski ispit u okviru CEPT-a.
- (6) Radioamaterima, koji su položili ispit za B ili C razred prema ranije važećim propisima, priznaje se položeni ispit za A razred.

Članak 11.

- (1) Povjerenstvo ima pravo na naknadu u iznosu koji predlaže i osigurava Savez, a rješenjem potvrđuje Agencija.
- (2) Kandidati su obvezni prilikom podnošenja zahtjeva za polaganje ispita za A razred uplatiti u korist Saveza naknadu za sudjelovanje na ispitu u iznosu koji određuje Savez, a rješenjem potvrđuje Agencija.

DOZVOLA ZA UPORABU RADIOFREKVENCIJSKOG SPEKTRA U AMATERSKOJ SLUŽBI

Članak 12.

- (1) Agencija izdaje dozvolu na temelju zahtjeva pojedinca, kluba ili Saveza, ukoliko su ispunjeni uvjeti propisanih Zakonom i ostalim podzakonskim propisima. Obrazac zahtjeva za izdavanje dozvole Agencija objavljuje na svojim internetskim stranicama.
- (2) Uz zahtjev iz stavka 1. ovog članka radioamater mora dostaviti dokaz o položenom radioamaterskom ispitu za A ili P razred, potvrdu o prijedlogu pozivne oznake koju izdaje Savez, izvornik prethodno izdane dozvole za uporabu radiofrekvencijskog spektra te, za amaterske radijske postaje kojima je efektivna izračena snaga jednaka ili veća od 100 W, podatke sukladno pravilniku iz članka 95. stavka 2. Zakona.
- (3) Za amaterske radijske postaje u samogradnji te za radijske postaje izvorno namijenjene za rad u neamaterskim službama koje su prilagođene za rad u amaterskoj službi, radioamater je obavezan uz zahtjev iz stavka 1. ovog članka priložiti uvjerenje o tehničkoj sukladnosti koje izdaje Savez.
- (4) Radioamater može upotrebljavati samo one radijske frekvencije, vrste emisija i snage odašiljača koje su usklađene s njegovom dozvolom za određeni razred.
- (5) Radioamateru s položenim ispitom za A razred izdaje se dozvola za uporabu radiofrekvencijskog spektra u amaterskoj službi u skladu s CEPT preporukom T/R 61-01.
- (6) Radioamateru s položenim ispitom za P razred izdaje se dozvola za uporabu radiofrekvencijskog spektra u amaterskoj službi u skladu s CEPT preporukom ECC/REC/(05)06.

- (7) Za uporabu prijamne amaterske radijske postaje i amaterske radijskepostaje za radiogoniometriju nije potrebna dozvola.
- (8) Za sve amaterske radijske postaje iz članka 4. stavka 3. točaka 1. i 2., koje upotrebljava pojedini radioamater ili klub, izdaje se jedna dozvola, koja glasi na ime tog radioamatera ili kluba.
- (9) Za uporabu amaterskih radijskih postaja iz članka 4. stavka 3. točaka 3., 4., i 6. Agencija izdaje zasebnu dozvolu za pojedinu radijsku postaju.
- (10) Amaterska radijska postaja može raditi kao amaterski repetitor ili digipitor ili amaterski radiofar isključivo uz pribavljenu dozvolu u kojoj je navedeno ime odgovornog radioamatera.
- (11) Obrazac dozvole za uporabu radiofrekvencijskog spektra u amaterskoj službi propisan je u Dodatku 3. Pravilnika.
- (12) Dozvola za uporabu radifrekvencijskog spektra u amaterskoj službi mora sadržavati sljedeće podatke: naziv ili ime i prezime, OIB i adresu nositelja dozvole, radioamaterski razred i pozivnu oznaku.
- (13) Strani državljanin koji jeradioamater na temelju CEPT radioamaterske dozvole i CEPT početničke radioamaterske dozvole, izdane u državi čiji je državljanin, može upotrebljavati amatersku radijsku postaju u Republici Hrvatskoj u razdoblju do najviše tri mjeseca neprekidno.
- (14) Stranom državljaninu, koji ima odgovarajući certifikat za položeni radioamaterski ispit u okviru CEPT-a ili odgovarajuću CEPT dozvolu, može se izdati dozvola za uporabu radiofrekvencijskog spektra u amaterskoj službi koja odgovara njegovu radioamaterskom razredu i na temelju koje može upotrebljavati amatersku radijsku postaju u Republici Hrvatskoj u razdoblju duljem od tri mjeseca.
- (15) Iznimno, u svrhu eksperimentiranja i tehničkih istraživanja, za veću vršnu snagu ovojnice odašiljača od one propisane Pravilnikom može se izdati privremena dozvola sukladno članku 91. Zakona, ali samo na lokacijama izvan gusto naseljenih mjesta i gradova, i to za istraživanje odbijanja radijskih valova od objekata u svemiru i za sudjelovanje u natjecanjima na međunarodnoj razini. Takva radijska postaja ne smije svojim odašiljanjem ometati rad drugih radijskih postaja ili prouzročiti štetna zračenja za ljude ili okolinu.
- (16) Nositelj dozvole mora prijaviti Agenciji svaku promjenu adrese stanovanja ili bilo koju drugu promjenu podataka iz dozvole, i to najkasnije u roku od dva tjedna od dana nastanka promjene. Uz prijavu promjene podataka iz dozvole obvezno se prilaže i dozvola.
- (17) Izmjena podataka o prijavljenim amaterskim radijskim postajama podnosi se na obrascu koji je objavljen na internetskim stranicama Agencije.

LOKACIJA AMATERSKE RADIJSKE POSTAJE

Članak 13.

NN br. 45/12, 97/14 i __/17

- (1) Dozvola se izdaje za postavljanje i rad amaterske radijske postaje na lokaciji koja je upisana u dozvoli. U slučaju da vlasnik upotrebljava amatersku radijsku postaju na više lokacija, dodatne lokacije navodit će se u napomeni. Dozvola također omogućuje uporabu pokretne amaterske radijske postaje u motornom vozilu, na plovilu ili na zrakoplovu. Uporaba na plovilu i zrakoplovu mora biti odobrena od strane zapovjednika plovila odnosno zrakoplova.
- (2) Na temelju dozvole vlasnik također ima pravo na postavljanje i uporabu nepokretne amaterske radijske postaje na drugoj lokaciji na području Republike Hrvatske u razdoblju do najviše tri mjeseca neprekidno.
- (3) Prilikom postavljanja nepokretne amaterske radijske postaje radioamater je obavezan postupati u skladu s pravilnikom iz članka 95. stavka 2. Zakona.

KLUPSKE AMATERSKE RADIJSKE POSTAJE I AMATERSKI REPETITORI I DIGIPITORI

Članak 14.

- (1) Amaterska radijska postaja može se upotrebljavati kao klupska amaterska radijska postaja na temelju dozvole Agencije.
- (2) Zahtjev za izdavanje dozvole iz stavka 1. ovog članka podnosi klub uz obvezno navođenje imena predsjednika kluba ili radioamatera koji je odgovoran za rad klupske amaterske radijske postaje.
- (3) Dozvola iz stavka 1. ovoga članka prestaje vrijediti u slučaju prestanka postojanja kluba.
- (4) Klupska amaterska radijska postaja smije se upotrebljavati samo u razredu imenovanog odgovornog radioamatera. Radioamateri koji imaju dozvolu za P razred mogu upotrebljavati klupsku amatersku radijsku postaju samo za održavanje radijskih komunikacija na frekvencijskim pojasevima te s dopuštenim vrstama i tipovima emisija, vrstama prijenosa i snagama odašiljača namijenjenima za P razred. Iznimno, uz nadzor odgovornog radioamatera A razreda, radioamateri koji imaju dozvolu za P razred mogu upotrebljavati klupsku amatersku radijsku postaju i za održavanje radijskih komunikacija na frekvencijskim pojasevima te s dopuštenim vrstama i tipovima emisija, vrstama prijenosa i snagama odašiljača namijenjenima za A razred.
- (5) Agencija će, na zahtjev kluba ili Saveza, izdati dozvolu za amaterski repetitor ili digipitor (daljinski upravljaju radijsku postaju kluba ili Saveza), uz uvjet da je uporaba radijskih frekvencija usklađena na međunarodnoj razini, da je osiguran rad na amaterskim frekvencijskim pojasevima, te da je imenovan radioamater odgovoran za rad amaterskog repetitora ili digipitora. Amaterski repetitor ili digipitor mora raditi na lokaciji i na radijskim frekvencijama koje su navedene u dozvoli.

POZIVNE OZNAKE

Članak 15.

- (1) Agencija će radioamateru na prijedlog Saveza, u postupku izdavanja dozvole, dodijeliti pozivnu oznaku za rad s amaterskom radijskom postajom. Pozivna oznaka sastoji se od

oznake "9A", jedne znamenke i najviše tri slova. Agencija može promijeniti ranije dodijeljenu pozivnu oznaku.

- (2) Ako radioamater privremeno upotrebljava amatersku radijsku postaju na lokaciji koja nije navedena u dozvoli, može svojoj pozivnoj oznaci pridodati sljedeće oznake:
 1. kad radi s pokretnom amaterskom radijskom postajom u motornom vozilu– oznaku "/M" za telegrafiju, odnosno riječ "mobile" za telefoniju,
 2. kad radi s amaterskom radijskom postajom na plovilu– oznaku "/MM" za telegrafiju, odnosno riječi "maritime mobile" za telefoniju,
 3. kad radi s amaterskom radijskom postajom na zrakoplovu – oznaku "/AM" za telegrafiju, odnosno riječi "air mobile" za telefoniju,
 4. kad radi s prenosivom amaterskom radijskom postajom – oznaku "/P" za telegrafiju, odnosno riječ "portable" za telefoniju.
- (3) Pozivna oznaka mora se odašiljati na početku i na kraju svake radijske komunikacije. U slučaju radijske komunikacije duljeg trajanja pozivna oznaka odašiljat će se na običnom jeziku ili Morseovim kôdom u vremenskim razmacima od najmanje deset minuta. Prigodom prijenosa teleksa ili slike pozivna oznaka može se odašiljati uporabom posebne vrste emisije, u skladu s međunarodnom praksom.
- (4) Agencija može, na prijedlog Saveza, dodijeliti posebnu pozivnu oznaku za radioamatere slušatelje, koja se sastoji od oznake "9A RS" i serijskog broja.
- (5) Strani državljani, koji na području Republike Hrvatske upotrebljavaju amatersku radijsku postaju u skladu s odredbama CEPT-a (HAREC), na početku svoje pozivne oznake dodaju oznaku "9A/" za telegrafiju, odnosno riječi "9A stroke" za telefoniju.

FREKVENCIJSKI POJASEVI, VRSTE I TIPOVI EMISIJE I SNAGA ODAŠILJAČA

Članak 16.

- (1) Odašiljač amaterskeradijske postaje, ovisno o vrsti te postaje, smije raditi samo na radijskim frekvencijama unutar frekvencijskih pojaseva koji su navedeni u Tablici 1. u Dodatku 1. Pravilnika. Snaga odašiljača koja je dopuštena prema Dodatku 1. Pravilnika ne smije biti prekoračena, osim u slučaju predviđenom u članku 12. stavku 16. Pravilnika.
- (2) Širina pojasa potrebna za određeni tip emisije ograničena je na najmanju mjeru koja je potrebna za uporabu te vrste emisije, te mora biti usklađena s odgovarajućim tehničkim normama.
- (3) Radioamater može odašiljati putem zemaljske postaje u amaterskoj satelitskoj službi u dopuštenom frekvencijskom pojasu propisanom u Dodatku 1. Pravilnika.
- (4) Stavak 3. ovoga članka primjenjuje se i u slučaju kad uporaba zemaljskih postaja u satelitskoj službi uključuje promjenu amaterskih frekvencijskih pojaseva, na kojima radioamateru nije dopušteno odašiljanje na temelju njegove dozvole.
- (5) Odašiljanja nemonuliranog ili nekodiranog nositelja dopuštena su samo u kratkom trajanju i isključivo u svrhu ispitivanja ili ugađanja.
- (6) Za ugađanje i mjerenje odašiljača upotrebljava se umjetna antena.

SADRŽAJ ODAŠILJANJA

Članak 17.

Radiokomunikacijski prijenos između amaterskih radijskih postaja mora se odvijati običnim jezikom. Međunarodni amaterski kôd i operativne kratice, koje su u međunarodnoj uporabi, smatraju se običnim jezikom.

Članak 18.

U amaterskim radijskim komunikacijama nije dopušteno:

1. razmjenjivati poruke koje se ne odnose na radioamatere, uz iznimku poziva u slučaju nesreće ili opasnosti iz članka 25. stavka 7. Zakona,
2. razmjenjivati poruke čiji sadržaj ugrožava obranu i nacionalnu sigurnost, ili sigurnost ljudskih života,
3. služiti se nepristojnim rječnikom,
4. komunicirati s radijskim postajama koje nemaju valjanu identifikacijsku oznaku ili koje ne odašilju u propisnim intervalima identifikacijsku oznaku,
5. upotrebljavati međunarodne signale za nesreće "SOS" ili "MAYDAY",
6. prenositi glazbu, druge vrste odašiljane zabave ili bilo koju vrstu oglašavanja, uz iznimku prijenosa zvuka određene radijske frekvencije, koji je dopušten samo u svrhu ispitivanja i mjerenja u trajanju od najviše dvije minute,
7. odašiljati signale nejasnog značenja ili pogrešne pozivne oznake,
8. prenositi riječi treće strane koje nisu javno izgovorene.

PRIJAM

Članak 19.

- (1) S prijamnom opremom amaterske radijske postaje mogu se primati samo signali odaslani od drugih radioamatera, signali frekvencijske norme i vremenski signali, te signali za koje je pribavljena prethodna suglasnost Agencije.
- (2) Nenamjerno primljeni signali ne smiju se bilježiti ni odašiljati drugima.
- (3) Prigodom prijama poziva u pomoć u slučaju nesreće i opasnosti radioamater mora odmah prekinuti vlastito odašiljanje te uspostaviti komunikaciju s radijskom postajom koja odašilje poziv u pomoć.
- (4) Prijamna oprema, koja se upotrebljava za ispitivanje emisija vlastite amaterske radijske postaje, mora imati propisane tehničke značajke.

DNEVNIK AMATERSKE RADIJSKE POSTAJE

Članak 20.

- (1) Prigodom rada s amaterskom radijskom postajom na nepokretnoj lokaciji ili na plovilu, u skladu s propisima o sigurnosti na plovilima, radioamater mora voditi dnevnik amaterske radijske postaje (u daljnjem tekstu: dnevnik postaje), sa stranicama označenim po

njihovu redoslijedu, u koji se bilježe sva odašiljanja čitljivim zapisom. Zapis svakog odašiljanja mora sadržavati sljedeće podatke:

1. dan, mjesec i godinu,
 2. početak i kraj radiokomunikacijskog prijenosa ili odašiljanja prema usklađenom svjetskom vremenu (UTC),
 3. uporabljeni frekvencijski pojas ili točnu frekvenciju,
 4. vrstu emisije i snagu odašiljačke postaje,
 5. lokaciju i pozivnu oznaku amaterske radijske postaje s kojom je uspostavljena komunikacija ukoliko je ona razmijenjena tijekom komunikacije,
 6. potpis radioamatera koji je odgovoran za odašiljanje.
- (2) Dnevnik postaje može se voditi i uz pomoć računala, uz uvjet da je osigurana mogućnost tiskanja (ispisa) dnevnika postaje u svrhu kontrole.
- (3) Dnevnik postaje mora se čuvati najmanje godinu dana od dana zadnjeg zapisa odašiljanja.

ANTENE I PRIKLJUČNI VODOVI NA AMATERSKIM RADIJSKIM POSTAJAMA

Članak 21.

- (1) Antene i priključni vodovi na amaterskoj radijskoj postaji moraju biti propisno postavljeni i održavani, u skladu s pravilima elektrotehničke struke, te se moraju graditi i postavljati na način da se osigura najmanje jedan metar udaljenosti između njihovih sastavnih dijelova unutar građevine i bilo kojeg dijela javne komunikacijske instalacije. Međusobna udaljenost manja od jednog metra dopuštena je kod oklopljenih vodova ako je zajamčen rad bez smetnji. Antenski sustavi izvan građevina moraju se postavljati na profesionalni način i u skladu s tehničkim propisima. Priključni vodovi, koji prolaze preko javnih komunikacijskih instalacija, mogu se postaviti samo uz suglasnost vlasnika tih instalacija.
- (2) Uzemljenja amaterskih radijskih postaja ne smiju se spajati s javnim komunikacijskim instalacijama.
- (3) Vlasnik amaterske radijske postaje mora odmah i o vlastitom trošku izmijeniti antene, uzemljenja i priključne vodove ako oni onemogućuju ili izazivaju opasnost prigodom postavljanja, rastavljanja ili izmjene javnih komunikacijskih instalacija.
- (4) Suglasnost za postavljanje antena i priključnih vodova pribavlja vlasnik amaterske radijske postaje.

TEHNIČKI ZAHTJEVI ZA AMATERSKE RADIJSKE POSTAJE

Članak 22.

- (1) Amaterska radijska postaja mora se postaviti u skladu s vrijedećim propisima.
- (2) Odašiljačke radijske frekvencije moraju biti stabilne u mjeri u kojoj to omogućuje stupanj tehničkog razvoja amaterskih radijskih postaja. Granice frekvencijskih pojaseva ne smiju se prekoračiti.

- (3) Sporednazraćenjamoraju se smanjiti na najmanju moguću mjeru.
- (4) Za amaterske radijske postaje koje su stavljene u uporabu prije 1.1.2003.za smanjenje sporednih zraćenjauzimaju se vrijednosti prema tablici:

| Frekvencijsko područje | Srednja snaga | Smanjenje sporednih zračenja Gušenje/srednja razina snage |
|------------------------|---------------|--|
| 9 kHz - 30 MHz | | 40 dB / 50 mW |
| 30 MHz - 235 MHz | > 25 W | 60 dB / 1 mW |
| | ≤ 25 W | 40 dB / 25 μW |
| 235 MHz - 960 MHz | > 25 W | 60 dB / 20 mW |
| | ≤ 25 W | 40 dB / 25 μW |
| 960 MHz - 17,7 GHz | > 10 W | 50 dB / 100 mW |
| | ≤ 10 W | 100 μW |

- (5) Za amaterske radijske postaje koje su stavljene u uporabu nakon 1.1.2003.za smanjenje sporednih zračenja uzimaju se vrijednosti prema tablici:

| Frekvencijsko područje | Smanjenje sporednih zračenja |
|------------------------|--|
| 9 kHz - 30 MHz | 43 + 10 log (PEP)ili50 dBc, primjenjuje se veličina koja je manje stroga |
| Iznad 30 MHz | 43 + 10 log (P)ili60dB, primjenjuje se veličina koja je manje stroga |

- (6) Prijamna oprema amaterske radijske postaje ne smije stvarati smetnje u frekvencijskim pojasevima koji su namijenjeni za odašiljanje radija i televizije (radiodifuzija), i to u iznosu većem od 4×10^{-9} W.
- (7) Radioamater mora posjedovati shemu električne instalacije svojeg odašiljača i nacrt lokalne izvedbe nepokretnog antenskog sustava koje mora redovito usklađivati u slučaju nastanka promjena te ih bez odgode predočiti ili dostaviti Agenciji u svrhu inspekcijskog nadzora.
- (8) Odašiljačka oprema amaterske radijske postaje mora biti izgrađena na način da omogućiti smanjenje izlazne snage u slučajevima smetnje ili indukcije.

ZAŠTITA AMATERSKIH RADIJSKIH POSTAJA OD ZLOUPORABE

Članak 23.

Radioamater je obavezan spriječiti svaku zlouporabu amaterske radijske postaje te poduzeti posebne mjere opreza u svrhu sprječavanja njezine uporabe od strane neovlaštenih osoba.

SMETNJE I MJERE ZA ZAŠTITU OD SMETNJA

Članak 24.

- (1) Rad amaterske radijske postaje ne smije stvarati smetnje drugim radiokomunikacijskim službama.
- (2) Ako amaterska radijska postaja prouzroči smetnju, vlasnik te postaje mora odmah prestati s radom te poduzeti potrebne mjere u svrhu uklanjanja utvrđene smetnje i omogućavanja nesmetanog rada drugih radijskih postaja i to u roku od 30 dana, odnosno sukladno izrečenim propisanim mjerama Agencije.
- (3) Radioamater svojim radom ne smije namjerno ometati rad drugih amaterskih radijskih postaja.

ZAVRŠNE ODREDBE

Članak 25.

Danom stupanja na snagu ovog Pravilnika prestaje vrijediti Pravilnik o amaterskim radijskim komunikacijama („Narodne novine“, broj 61/09 i 92/09).

STUPANJE NA SNAGU PRAVILNIKA

Članak 26.

Ovaj Pravilnik stupa na snagu 15. svibnja 2012. godine.

PRAVILNIK O IZMJENAMA I DOPUNAMA PRAVILNIKA O AMATERSKIM RADIJSKIM KOMUNIKACIJAMA (NN br. 97/14)

Članak 8.

Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o amaterskim radijskim komunikacijama stupa na snagu 1. rujna 2014.

PRAVILNIK O IZMJENAMA I DOPUNAMA PRAVILNIKA O AMATERSKIM RADIJSKIM KOMUNIKACIJAMA (NN br. __/17)

Članak 5.

Ovaj Pravilnik stupa na snagu osmog dana od dana objave u Narodnim novinama.

DODATAK 1.**TEHNIČKE ZNAČAJKE AMATERSKIH RADIJSKIH POSTAJA**

1. TABLICA 1.
2. DODATNI PROPISI
 - 2.1. Frekvencijski pojasevi
 - 2.2. Snaga odašiljača
 - 2.3. Vrste emisije
 - 2.4. Ograničavajuće odredbe
 - 2.4.1. Televizijski i faksimilni prijenos, teleksni promet
 - 2.4.2. Amaterske repetitori i digipitori
 - 2.4.3. Amaterski radiofar
 - 2.4.4. Amaterska radijska postaja za radiogoniometriju

1. TABLICA 1.

| Razred | Frekvencijski pojas | Napomena | Status | Snaga odašiljača (PEP) (W) | Maksimalna širina pojasa |
|---------------|---------------------|----------|--------|----------------------------|--------------------------|
| A | 135,7 – 137,8 kHz | 4 | S | 1 | 200 Hz |
| | 472 – 479 kHz | 4* | S | 1 | 200 Hz |
| | 1810 – 1850kHz | | Pex | 1500 | 2.7 kHz |
| | 1850-2000 kHz | 6 | S | 1000 | 2.7 kHz |
| | 3500 – 3800 kHz | | P | 1500 | 2.7 kHz |
| | 5351,5 - 5366,5 kHz | 7 | S | 15 | |
| | 7000 – 7100 kHz | 1 | Pex | 1500 | |
| | 7100 – 7200 kHz | 1 | S | 1500 | |
| | 10 100 – 10 150 kHz | 3 | S | 250 | 2.7 kHz |
| | 14 000 – 14 250 kHz | 1 | Pex | 1500 | |
| | 14 250 – 14 350 kHz | | Pex | 1500 | |
| | 18 068 – 18 168 kHz | 1 | Pex | 1500 | |
| | 21 000 – 21 450 kHz | 1 | Pex | 1500 | |
| | 24 890 – 24 990 kHz | 1 | Pex | 1500 | |
| | 28 000 – 29 700 kHz | 1 | Pex | 1500 | 6.0 kHz |
| | 50 000 – 51 900 kHz | | S | 100 | 12.0 kHz |
| | 70 000 – 70 450 kHz | | S | 10 | 12.0 kHz |
| 144 – 146 MHz | 1 | Pex | 1500 | 20.0 kHz | |

| Razred | Frekvencijski pojas | Napomena | Status | Snaga odašiljača (PEP) (W) | Maksimalna širina kanala |
|---------------|---------------------|----------|--------|----------------------------|--------------------------|
| A | 430 – 440 MHz | 2, 5 | Pex | 1500 | 2 MHz / 7 MHz |
| | 1240 – 1300 MHz | 1*, 5 | S | 1500 | 2 MHz / 7 MHz / 18 MHz |
| | 2300 – 2400 MHz | 5 | S | 150 | 10 MHz / 20 MHz |
| | 2400 – 2450 MHz | 1, 2, 5 | S | | 10 MHz / 20 MHz |
| | 3400 – 3410 MHz | 5 | S | | 10 MHz |
| | 5650 – 5850 MHz | 1*, 5 | S | | 10 MHz / 20 MHz |
| | 10 – 10,45 GHz | 5 | S | | 10 MHz / 20 MHz |
| | 10,45 – 10,5 GHz | 1, 5 | S | | 10 MHz / 20 MHz |
| | 24 – 24,05 GHz | 1 | Pex | | |
| | 24,05 – 24,25 GHz | 2, 5 | S | | 10 MHz / 20 MHz |
| | 47 – 47,2 GHz | 1 | Pex | | |
| | 76 – 77,5 GHz | 1, 5 | S | | 10 MHz / 20 MHz |
| | 77,5 – 78 GHz | 5 | P | | 10 MHz / 20 MHz |
| | 78 – 81 GHz | 5 | S | | 10 MHz / 20 MHz |
| | 122,25 – 123 GHz | 5 | S | | 10 MHz / 20 MHz |
| | 134 – 136 GHz | 5 | Pex | | 10 MHz / 20 MHz |
| | 136 – 141 GHz | 5 | S | | 10 MHz / 20 MHz |
| | 241 – 248 GHz | 1 | S | | |
| 248 – 250 GHz | 1 | Pex | | | |

| Razred | Frekvencijski pojas | Napomena | Status | Snaga odašiljača (PEP) (W) | Maksimalna širina kanala |
|---------------|---|----------|--------|----------------------------|--------------------------|
| P | 3500 – 3800 kHz 7000 – 7200 kHz 14040 – 14150 i 14280 - 14350 21000 - 21450 kHz | | P | 100 | 2.7 kHz |
| | 28000 - 29700 kHz | | P | 100 | 6.0 kHz |
| | 144 – 146 MHz | 1 | Pex | 100 | 20.0 kHz |
| | 430 – 440 MHz | 2, 5 | Pex | | 2 MHz / 7 MHz |
| | 1240 – 1300 MHz | 1*, 5 | S | | 2 MHz / 7 MHz / 18 MHz |
| | 2300 – 2400 MHz | 5 | S | | 10 MHz / 20 MHz |
| | 2400 – 2450 MHz | 1, 2, 5 | S | | 10 MHz / 20 MHz |
| | 5650 – 5850 MHz | 1*, 5 | S | | 10 MHz / 20 MHz |
| | 10 – 10,45 GHz | 5 | S | | 10 MHz / 20 MHz |
| | 10,45 – 10,5 GHz | 1, 5 | S | | 10 MHz / 20 MHz |
| | 24 – 24,05 GHz | 1, 5 | Pex | | 10 MHz / 20 MHz |
| | 24,05 – 24,25 GHz | 2 | S | | |
| | 47 – 47,2 GHz | 1 | Pex | | |
| | 76 – 77,5 GHz | 1, 5 | S | | 10 MHz / 20 MHz |
| | 77,5 – 78 GHz | 5 | P | | 10 MHz / 20 MHz |
| | 78 – 81 GHz | 5 | S | | 10 MHz / 20 MHz |
| | 122,25 – 123 GHz | 5 | S | | 10 MHz / 20 MHz |
| | 134 – 136 GHz | 5 | Pex | | 10 MHz / 20 MHz |
| | 136 – 141 GHz | 5 | S | | 10 MHz / 20 MHz |
| | 241 – 248 GHz | 1 | S | | |
| 248 – 250 GHz | 1 | Pex | | | |

2. DODATNI PROPISI

2.1. Frekvencijski pojasevi

Napomene iz 3. stupca Tablice 1. imaju sljedeće značenje:

Napomena 1:

Frekvencijski pojasevi uz napomenu 1 mogu se upotrebljavati u amaterskoj satelitskoj službi za rad amaterske radijske postaje u odgovarajućem radioamaterskom razredu, poštujući namjenu frekvencijskih pojaseva u skladu s propisom kojim je uređena namjena radiofrekvencijskog spektra.

Napomena 1:*

Uporaba frekvencijskih pojaseva 1260 – 1270 MHz i 5650 – 5670 MHz ograničava se na smjer Zemlja – svemir, a uporaba frekvencijskih pojaseva 2400 – 2450 MHz i 5830 – 5850 MHz na smjer svemir – Zemlja.

Napomena 2:

Frekvencijski pojasevi 433,05 – 434,79 MHz, 2400 – 2450 MHz, 5725 – 5850 MHz i 24 – 24,25 GHz također se mogu koristiti za rad visokofrekvencijske opreme u industrijske, znanstvene, medicinske, kućanske i slične svrhe, te za rad radijske opreme za daljinsko upravljanje.

Amaterska služba u navedenim „ISM“ frekvencijskim pojasevima (industrija, znanost, medicina) mora prihvatiti smetnje koje uzrokuje navedena oprema.

Amaterska služba mora prihvatiti smetnje i u frekvencijskim pojasevima 430 – 432 MHz i 438 – 440 MHz.

Napomena 3:

U frekvencijskom pojasu 10 100 – 10 150 kHz može se koristiti samo A1A i F1B vrsta emisije.

Napomena 4:

U frekvencijskom području 135,7 – 137,8 kHz najveća ekvivalentna izotropna snaga odašiljača (EIRP –Equivalent Isotropically Radiated Power) iznosi 1 W.

Napomena 4:*

U frekvencijskom području 472 – 479kHz najveća ekvivalentna izotropna snaga odašiljača (EIRP –Equivalent Isotropically Radiated Power) iznosi 1 W.

Napomena 5:

Ograničenje maksimalne širine kanala:

- 7 MHz –odnosi se na amplitudno modulirani ili digitalni televizijski prijenos,
- 18 MHz i 20 MHz –odnosi se na frekvencijsko ili kvadraturno modulirani televizijski prijenos.

Napomena 6:

U frekvencijskom području 1850 - 2000 kHz najveća srednja snaga odašiljača iznosi 1000 W.

Napomena 7:

U frekvencijskom području 5351,5 - 5366,5 kHz najveća ekvivalentna izotropna snaga odašiljača (EIRP –Equivalent Isotropically Radiated Power) iznosi 15 W.

Opća napomena:

Status amaterske službe u namjeni frekvencijskih pojaseva prikazan je u stupcu „Status“ Tablice 1. slovima P, Pex i S, koja imaju sljedeće značenje:

- P – primarna služba,
- Pex – primarna služba (frekvencijski pojas koji se najvećim dijelom upotrebljava za amatersku službu),
- S – sekundarna služba.

U istom frekvencijskom pojasu primarna služba ima prednost pred sekundarnom službom.

Amaterske radijske postaje u sekundarnoj službi ne smiju stvarati štetne smetnje radijskim postajama u primarnoj službi i ne mogu zahtijevati zaštitu od štetnih smetnji radijskih postaja u primarnoj službi, koje rade u istom frekvencijskom pojasu.

2.2. Snaga odašiljača

2.2.1.

Vršna snaga ovojnice odašiljača ne smije prijeći sljedeće vrijednosti koje su dane za pojedine radioamaterske razrede:

- razred A = 1500 W (61,8 dBm),
- razred P = 100 W (50,0 dBm).

Vršna snaga ovojnice (PEP – *Peak Envelope Power*) je srednja snaga odašiljača privedena antenskom napojnom vodu za vrijeme jedne radiofrekvencijske periode na najvišoj amplitudi modulacijske ovojnice.

2.2.2.

Odašiljač mora biti izveden na način da se propisana izlazna snaga (snaga koja se privodi anteni) ne poveća rukovanjem.

2.2.3.

Odašiljači s jednim bočnim pojasom moraju imati mogućnost spajanja na generator audio-signala s izlaznom impedancijom od 600 oma, u svrhu mjerenja i ispitivanja. Ako odašiljač ima različitu ulaznu impedanciju, spajanje signalnog generatora mora se omogućiti na prikladan način, npr. putem transformatora ili prilagodne mreže.

2.2.4.

NN br. 45/12, 97/14 i __/17

Izlazni odašiljački priključak mora omogućiti spajanje umjetne antene otpora od 50 oma, koja ne zrači.

2.2.5.

Izlazni odašiljački priključak mora imati propisane koaksijalne utičnice u svrhu mjerenja i ispitivanja. Radioamater mora, u slučaju potrebe, nabaviti prilagodni članak.

2.2.6.

U svrhu određivanja snage odašiljača, odašiljač mora podržavati svoju vršnu snagu ovojnice u vremenu od najmanje 5 sekundi u vrsti emisije NN (nemodulirani nositelj) ili J3E (jedan bočni pojas s prigušenim nositeljem).

2.2.7.

Mjerni postupci za određivanje vršne snage ovojnice:

2.2.7.1.

Vršna snaga ovojnice za radiotelegrafске odašiljače određena je emisijom nekodiranog i nemoduliranog nositelja.

2.2.7.2

Vršna snaga ovojnice odašiljača s jednim bočnim pojasom određuje se upravljanjem uz pomoć jednog tona. Sinusoidalni ispitni audio-signal dovodi se na ulaz odašiljača. Radijska frekvencija odabire se na način da se postavi na najvišu vrijednost propusnog područja odašiljača. Amplituda se ugađa na način da se odašiljač upravlja s punom vršnom snagom ovojnice.

2.3. Vrste emisije

Amaterske radijske postaje mogu upotrebljavati sljedeće vrste emisije:

VRSTA EMISIJE

OZNAKA

2.3.1. Amplitudna modulacija – emisija u kojoj je glavni nositelj amplitudno moduliran (uključujući i slučajeve gdje je podnositelj kutno moduliran):

Dva bočna pojasa, jedan kanal koji sadrži kvantiziranu ili digitalnu informaciju, bez uporabe moduliranog podnositelja:

| | |
|--------------------------------|-----|
| Morseova telegrafija | A1A |
| Telegrafija s izravnim ispisom | A1B |
| Faksimil | A1C |
| Daljinsko upravljanje | A1D |

Dva bočna pojasa, jedan kanal koji sadrži kvantiziranu ili digitalnu informaciju, s uporabom moduliranog podnositelja:

| | |
|--------------------------------|-----|
| Morseova telegrafija | A2A |
| Telegrafija s izravnim ispisom | A2B |

| | |
|-----------------------|-----|
| Faksimil | A2C |
| Daljinsko upravljanje | A2D |

Dva bočna pojasa, jedan kanal koji sadrži analognu informaciju:

| | |
|--------------------|-----|
| Faksimil | A3C |
| Telefonija | A3E |
| Televizija (video) | A3F |

Djelomično prigušeni bočni pojas, jedan kanal koji sadrži analognu informaciju:

| | |
|--------------------|-----|
| Televizija (video) | C3F |
|--------------------|-----|

Jedan bočni pojas, potisnuti nositelj, jedan kanal koji sadrži kvantiziranu ili digitalnu informaciju, s uporabom moduliranog podnositelja:

| | |
|---|-----|
| Morseova telegrafija | J2A |
| Telegrafija s izravnim ispisom | J2B |
| Faksimil | J2C |
| Prijenos podataka, daljinskoupravljanje | J2D |

Jedan bočni pojas, potisnuti nositelj, jedan kanal koji sadrži analognu informaciju:

| | |
|--------------------|-----|
| Faksimil | J3C |
| Telefonija | J3E |
| Televizija (video) | J3F |

Jedan bočni pojas, smanjena ili promjenjiva razina nositelja, jedan kanal koji sadrži analognu informaciju:

| | |
|---|-----|
| Telefonija | R3E |
| Nemodulirani nositelj (u svrhu ispitivanja) | NØN |

2.3.2. Frekvencijska modulacija (F), fazna modulacija (G), kvadratura modulacija (D) – emisija u kojoj je glavni nositelj kutno moduliran:

Frekvencijska modulacija, jedan kanal koji sadrži kvantiziranu ili digitalnu informaciju, bez uporabe moduliranog podnositelja:

| | |
|--------------------------------|-----|
| Morseova telegrafija | F1A |
| Telegrafija s izravnim ispisom | F1B |
| Faksimil | F1C |
| Daljinsko upravljanje | F1D |

Frekvencijska modulacija, jedan kanal koji sadrži kvantiziranu ili digitalnu informaciju, s uporabom moduliranog podnositelja:

| | |
|--------------------------------|-----|
| Morseova telegrafija | F2A |
| Telegrafija s izravnim ispisom | F2B |
| Faksimil | F2C |

NN br. 45/12, 97/14 i __/17

| | |
|--|-----|
| Prijenos podataka, daljinsko upravljanje | F2D |
| Frekvencijska modulacija, jedan kanal koji sadrži analognu informaciju: | |
| Faksimil | F3C |
| Telefonija | F3E |
| Televizija (video) | F3F |
| Frekvencijska modulacija, složeni sustav s jednim ili više kanala koji sadrži kvantiziranu ili digitalnu informaciju zajedno s jednim ili više kanala s analognom informacijom | |
| Prijenos podataka, daljinsko upravljanje | F7D |
| Telefonija | F7E |
| Televizija (video) | F7F |
| Kombinacija gore navedenog | F7W |
| Frekvencijska modulacija, dva ili više kanala koji sadrže analognu informaciju | |
| Prijenos podataka, daljinsko upravljanje | F8D |
| Telefonija | F8E |
| Televizija (video) | F8F |
| Kombinacija gore navedenog | F8W |

U amaterskoj službi može se upotrebljavati i fazna i kvadraturna modulacija. U pojedinim slučajevima može se koristiti fazno ili kvadraturnomodulirana emisija, čija vrsta emisije odgovara frekvencijsko-moduliranoj emisiji, pri čemu se prva osnovna oznaka "F" zamjenjuje s "G" odnosno s „D“ (npr. umjesto F1A bit će G1A, umjesto F1A bit će D1A i sl.).

2.4. Ograničavajuće odredbe

2.4.1. Televizijski i faksimilni prijenos, teleksni promet

2.4.1.1.

Sadržaj televizijskih i faksimilnih prijenosa mora biti ograničen na amaterske radijske postaje kojima je dopušteno takvo odašiljanje. Ovi prijenosi ne smiju imati prirodu radijskih i televizijskih prijenosa, ne smiju sadržavati oglašavanje i ne smiju biti namijenjeni javnosti.

2.4.1.2.

Za teleksni promet ispod 146 MHz devijacija frekvencije mora se ograničiti na ± 500 Hz kod uporabe vrste emisije F1B, a ± 3000 Hz kod uporabe vrste emisije F2B.

2.4.2. Amaterskirepetitori i digipitori

2.4.2.1.

Amaterski repetitori i digipitori, u skladu s člankom 14. stavkom 5. Pravilnika, daljinski su upravljane radijske postaje koje u prvom redu služe za bolje premošćivanje udaljenosti između pokretnih i nepokretnih amaterskih radijskih postaja, ili između pokretnih amaterskih radijskih postaja.

2.4.2.2.

Efektivna izračena snaga (ERP – *Effective Radiated Power*) ne smije prijeći vrijednost od 15 W (41,8 dBm), a devijacija frekvencije ne smije biti veća od ± 5 kHz.

2.4.2.3.

Uključenje i/ili isključenje odašiljača mora se obaviti odašiljanjem audio-frekvencije (F2D ili G2D). Daljnje upravljanje odašiljačem obavlja se uz pomoć prijamnog signala. Rad se mora omogućiti uz kašnjenje od 3 do 5 sekundi. Nije dopušteno stalno uključenje odašiljača.

2.4.2.4.

Pozivna oznaka amaterskog repetitora ili digipitora uključuje se u vrstu emisije F2A ili G2A (Morseova telegrafija) dok je amaterski repetitor ili digipitor uključen, i ponavlja se najmanje svakih 20 minuta.

2.4.2.5.

Mora se osigurati da odgovorni radioamater ima mogućnost u bilo koje vrijeme isključiti amatersku repetitor ili digipitor (npr. uz pomoć upravljanja audio-frekvencijom). Odgovorni radioamater ima ovlast prekinuti rad amaterskogrepetitora ili digipitora ili privremeno isključiti pojedinog radioamatera iz sudjelovanja u radu putem togrepetitora ili digipitora, ako se utvrdi da je isti zlouporabljjen, o čemu mora bez odgode izvijestiti Agenciju.

2.4.2.6.

Druge radioamaterske komunikacije ne smiju uzrokovati smetnje radiokomunikacijskom prometu preko amaterskih repetitora ili digipitora.

2.4.3. *Amaterski radiofar*

Efektivna izračena snaga (ERP – *Effective Radiated Power*) ne smije prijeći vrijednost od 50 W za međunarodni amaterski radiofar, 10 W za državni amaterski radiofar i 1 W za lokalni amaterski radiofar.

2.4.4. *Amaterska radijska postaja za radiogoniometriju*

Efektivna izračena snaga (ERP – *Effective Radiated Power*) ne smije prijeći vrijednost od 5 W do graničnog frekvencijskog pojasa od 30 MHz i 10 W iznad frekvencijskog pojasa od 30 MHz.

NN br. 45/12, 97/14 i __/17

DODATAK 2.**OBRAZAC SVJEDODŽBE O POLOŽENOM RADIOAMATERSKOM ISPITU**

REPUBLIKA HRVATSKA
HRVATSKI RADIOAMATERSKI SAVEZ

SVJEDODŽBA**O POLOŽENOM RADIOAMATERSKOM ISPITU**

ZA RAZRED:

IME I PREZIME:

ADRESA:


U _____, _____

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

M.P. _____

DODATAK 3.

OBRAZAC RADIOAMATERSKE DOZVOLE

| | |
|--|---|
| |  <p>REPUBLIKA HRVATSKA HRVATSKA REGULATORNA AGENCIJA ZA MREŽNE DJELATNOSTI</p> <p>REPUBLIC OF CROATIA CROATIAN REGULATORY AUTHORITY FOR NETWORK INDUSTRIES</p> <p>REPUBLIK KROATIEN KROATISCHE REGULIRUNGSBEHÖRDE FÜR NETZWERKTÄTIGKEITEN</p> <p>REPUBLIQUE DE CROATIE AUTORITÉ DE RÉGULATION CROATE DES ENTREPRISES DE RÉSAU</p> <p>RADIOAMATERSKA DOZVOLA</p> <p><u>ARC-</u></p> <p>RADIO AMATEUR LICENCE</p> <p>ZULASSUNG ZUR TEILNAHME AM AMATEURFUNKDIENST</p> <p>LICENCE RADIOAMATEUR</p> |
| | <p>ODGOVARAJUĆI CEPT RAZRED CEPT equivalent licence class Classe de licence CEPTéquivalente Entsprechende CEPT-Klasse</p> |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|---|--|---|--|--|
| <table border="1"> <tr> <td style="width: 30%;"> NAZIV / IME I PREZIME <i>Licence holder</i> <i>Nom du titulaire</i> <i>Name des Lizenzinhabers</i> </td> <td></td> </tr> <tr> <td> OIB <i>Personal identification number</i> <i>Numéro d'identification personnel</i> <i>Persönliche Identifikationsnummer</i> </td> <td></td> </tr> <tr> <td> ADRESA <i>Mailing address</i> <i>Adresse postale</i> <i>Postanschrift</i> </td> <td></td> </tr> <tr> <td> RADIOAMATERSKI RAZRED <i>Licence class</i> <i>Classe de licence</i> <i>Lizenzklasse</i> </td> <td></td> </tr> <tr> <td> POZIVNA OZNAKA <i>Call Sign</i> <i>Indicatif d'appel</i> <i>Rufzeichen</i> </td> <td></td> </tr> <tr> <td> LOKACIJA POSTAVLJANJA RADIJSKE POSTAJE <i>Location of radio station</i> <i>Emplacement de la station radio</i> <i>Standort der Funkstation</i> </td> <td></td> </tr> <tr> <td> IME ODGOVORNOG RADIOAMATERA <i>Authorised radio amateur</i> <i>Radioamateurautorisé</i> <i>Autorisierte Funkamateureur</i> </td> <td></td> </tr> <tr> <td> NAPOMENE <i>Remarks</i> <i>Note</i> <i>Hinweis</i> </td> <td></td> </tr> <tr> <td> VALJANOST DOZVOLE <i>Validity of the licence</i> <i>Valable de licence</i> <i>Genehmigung gültig</i> </td> <td></td> </tr> </table> | NAZIV / IME I PREZIME <i>Licence holder</i> <i>Nom du titulaire</i> <i>Name des Lizenzinhabers</i> | | OIB <i>Personal identification number</i> <i>Numéro d'identification personnel</i> <i>Persönliche Identifikationsnummer</i> | | ADRESA <i>Mailing address</i> <i>Adresse postale</i> <i>Postanschrift</i> | | RADIOAMATERSKI RAZRED <i>Licence class</i> <i>Classe de licence</i> <i>Lizenzklasse</i> | | POZIVNA OZNAKA <i>Call Sign</i> <i>Indicatif d'appel</i> <i>Rufzeichen</i> | | LOKACIJA POSTAVLJANJA RADIJSKE POSTAJE <i>Location of radio station</i> <i>Emplacement de la station radio</i> <i>Standort der Funkstation</i> | | IME ODGOVORNOG RADIOAMATERA <i>Authorised radio amateur</i> <i>Radioamateurautorisé</i> <i>Autorisierte Funkamateureur</i> | | NAPOMENE <i>Remarks</i> <i>Note</i> <i>Hinweis</i> | | VALJANOST DOZVOLE <i>Validity of the licence</i> <i>Valable de licence</i> <i>Genehmigung gültig</i> | | <p>UVJETI UPORABE / Conditions of utilisation / Conditions d'utilisation / Nutzungsbedingungen</p> <p><i>(Upisuju se uvjeti uporabe sukladno CEPT preporukama ili propisima donesenim na temelju Zakona o elektroničkim komunikacijama)</i></p> <p>MJESTO I DATUM <i>Place and date / Lieu et date/ Ort und Datum</i></p> <p>_____</p> <p>POTPIS <i>Sign / Signature/ Unterschrift</i></p> <p>_____</p> <p style="text-align: right;">M.P.</p> |
| NAZIV / IME I PREZIME <i>Licence holder</i> <i>Nom du titulaire</i> <i>Name des Lizenzinhabers</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OIB <i>Personal identification number</i> <i>Numéro d'identification personnel</i> <i>Persönliche Identifikationsnummer</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ADRESA <i>Mailing address</i> <i>Adresse postale</i> <i>Postanschrift</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RADIOAMATERSKI RAZRED <i>Licence class</i> <i>Classe de licence</i> <i>Lizenzklasse</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| POZIVNA OZNAKA <i>Call Sign</i> <i>Indicatif d'appel</i> <i>Rufzeichen</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LOKACIJA POSTAVLJANJA RADIJSKE POSTAJE <i>Location of radio station</i> <i>Emplacement de la station radio</i> <i>Standort der Funkstation</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| IME ODGOVORNOG RADIOAMATERA <i>Authorised radio amateur</i> <i>Radioamateurautorisé</i> <i>Autorisierte Funkamateureur</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NAPOMENE <i>Remarks</i> <i>Note</i> <i>Hinweis</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| VALJANOST DOZVOLE <i>Validity of the licence</i> <i>Valable de licence</i> <i>Genehmigung gültig</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Treći dio

Pitanja za provjeru znanja

Osnovno je pravilo svake pripreme za ispit ponavljanje i provjera znanja. U nastavku u tri poglavlja imamo tri grupe pitanja za provjeru: tehničkih, operativnih i pitanja iz pravila i propisa. U šestom i sedmom poglavlju nalaze se po četiri skupine pitanja - po 20 u svakoj skupini. U osmom poglavlju imamo samo dvije skupine, također po 20 pitanja. Sva pitanja zajedno obuhvaćaju cjelokupno ispitno gradivo.

Pitanja se rješavaju zaokruživanjem točnog odgovora između četiri ponuđena rješenja. Na kraju svakog poglavlja nalazi se tablica s točnim odgovorima. (Kako ne biste oštetili knjigu, bolje je točne odgovore upisivati na poseban papir i na kraju ih usporediti s tablicom.)

Ispit za P razred obuhvaća sve tri grupe pitanja, tako da on uključuje ukupno 60 pitanja na koja valja točno odgovoriti. To znači da je najveći mogući broj bodova na ispitu 60. Prolazna ocjenu dobiva ispitanik ako je **uspješno riješio više od dvije trećine pitanja**. U ovom slučaju to znači da 41 točan odgovor omogućuje prolaz. Na kraju većine pitanja navedena je u zagradi tema u kojoj se nalazi odgovor na postavljeno pitanje. (U osmom poglavlju taj se broj odnosi na broj članka u Pravilniku.)

6. poglavlje

TEHNIČKA ZNANJA

(Broj u zagradi na kraju pitanja upućuje na temu u 3. poglavlju gdje se obrađuje to pitanje.)

1. SKUPINA

1. Koja krivulja prikazuje sinusoidu (1)?



2. 0,58 MHz je isto kao (1):

- a) 5800 Hz
- b) 58 000 Hz
- c) 580 Hz
- d) 580 000 Hz

3. Mikrofon je naprava koja pretvara (13):

- a) istosmjernu struju u izmjeničnu
- b) zvučne valove u električne
- c) nisku frekvenciju u visoku frekvenciju
- d) električne titraje u zvučne titraje

4. Zaokruži karakteristiku visokopropusnog filtra (VPF)(11):



5. Ohmov zakon - označi pogrešan izraz (3):

- a) $I = U \times R$
- b) $U = R \times I$
- c) $R = \frac{U}{I}$
- d) $I = \frac{U}{R}$

6. Koji element može pojačati slab električni signal (10)?

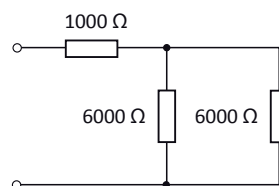
- a) promjenljivi otpornik
- b) trioda
- c) Zenerova dioda
- d) elektrolitički kondenzator

7. Zaokruži pogrešan izraz (3):

- a) $P = U \times I$
- b) $U = \frac{P}{I}$
- c) $I = P \times U$
- d) $I = \frac{P}{U}$

8. Kolik je ukupan otpor sljedeća tri otpornika (3)?

- a) 1000 Ω
- b) 2500 Ω
- c) 1500 Ω
- d) 250 Ω

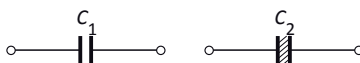


9. Koliku vodljivost ima otpornik od 80 Ω (3)?

- a) 1,25 S
- b) 125 S
- c) 0,0125 S
- d) 0,00125 S

10. Kondenzator C_1 sa zračnom izolacijom ima kapacitet od 100 pF. Kada prostor između njegovih ploča popunimo dielektrikom koji ima relativnu dielektričnost $\epsilon_r = 5$, njegov kapacitet će biti (5):

- a) 20 pF
- b) 500 pF
- c) 250 pF
- d) 5000 pF

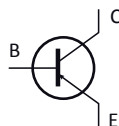


11. Ukupan otpor zavojnice za izmjeničnu struju je (6):

- a) veći nego za istosmjernu struju
- b) manji nego za istosmjernu struju
- c) jednak kao i za istosmjernu struju
- d) dvostruko veći

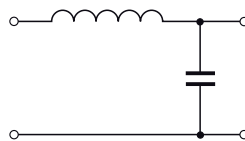
12. Ovaj simbol prikazuje (9):

- a) PNP-tranzistor
- b) NPN-tranzistor
- c) J-FET
- d) MOS-FET



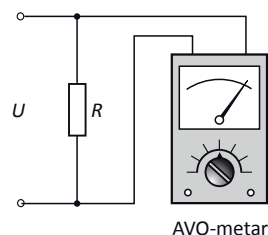
13. Koja je namjena sljedećeg spoja (11)?

- a) VPF
- b) PPF
- c) NPF
- d) PZF



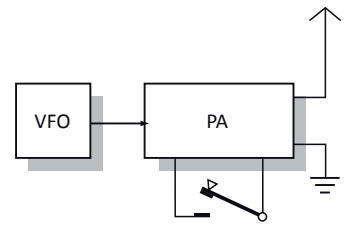
14. Univerzalni mjerni instrument spojen je tako da mjeri (18):

- a) otpor
- b) struju
- c) napon
- d) snagu



15. Blok-shema na slici prikazuje (15):

- a) jednostavan telegrafski odašiljač sa dva stupnja
- b) prijamnik tipa 0-V-1 za primanje Morseovih znakova
- c) odašiljač s amplitudnom modulacijom
- d) frekvencijski modulirani predajnik

**16. Za rad na amaterskom CEPT području od 10,1 MHz duljina poluvalnog dipola iznosi (16):**

- a) 10,1 m
- b) 14,1 m
- c) 29,7 m
- d) 5,05 m

17. Horizontalni poluvalni dipol ima dijagram zračenja (16):

- a) u obliku osmice okomito na žicu
- b) u obliku osmice uzduž žice
- c) u obliku vodoravne kružnice u svim smjerovima
- d) u obliku četverolisne djeteline

18. Koji ionosferski slojevi omogućuju daleke KV veze po danu (17)?

- a) D, E, F1 i F2
- b) E i F1
- c) F1 i F2
- d) E i D

19. U ljetno predvečerje uspjeli smo održati vezu na 144 MHz na udaljenost od 1000 km. To možemo zahvaliti (17):

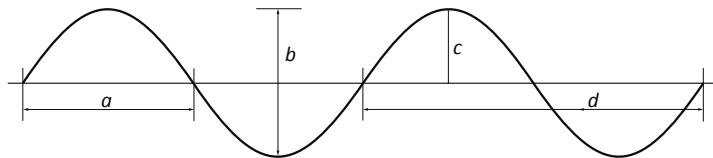
- a) odbijanju od meteora
- b) odbijanju od polarne svjetlosti, aurore
- c) troposferskom rasprostiranju
- d) mokroj zemlji koja je jako vodljiva

20. Odašiljač radi na frekvenciji od 6 MHz. Njegova je valna duljina (16):

- a) 500 m
- b) 50 m
- c) 200 m
- d) 20 m

2. SKUPINA

1. Koja duljina prikazuje amplitudu (1)?



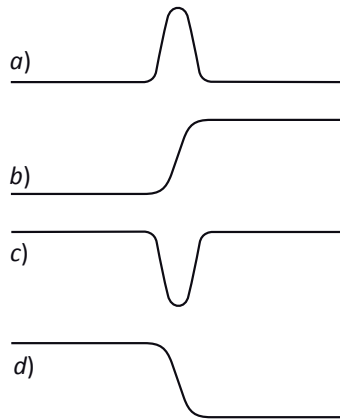
2. Perioda T označuje trajanje (1):

- a) jednog cijelog vala
- b) jednog poluvala
- c) vremena koje je potrebno da val stigne od odašiljača do prijammnika
- d) vremena koje je potrebno da visoka frekvencija stigne iz oscilatora u antenu

3. Sporedne emisije odašiljača jesu (19):

- a) zračenja koja nam nisu važna
- b) zračenja koja nisu dopuštena
- c) zračenje antene kada je odašiljač isključen
- d) odašiljanje zabavne glazbe

4. Označi karakteristiku pojasnozapornog filtra (PZF) (12):



5. Struja jakosti 2A teče kroz otpornik od 50Ω . Napon na krajevima otpornika je (3):

- a) 100 V
- b) 25 V
- c) 200 V
- d) 50 V

6. Zaokruži netočno rješenje (3):

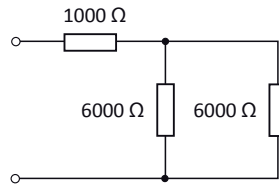
- a) $220 \text{ V} = 220\,000 \text{ mV}$
- b) $3 \text{ MV} = 3\,000\,000 \text{ V}$
- c) $2,7 \text{ kV} = 27\,000 \text{ V}$
- d) $0,5 \text{ kV} = 500 \text{ V}$

7. U elektrotehnici energija ili rad je (3):

- a) zbroj snage i vremena
- b) umnožak snage i vremena
- c) umnožak snage i napona
- d) zbroj snage i kvadrata struje

8. Kolik je ukupan otpor sljedeća tri otpornika (3)?

- a) 7,3 k Ω
- b) 4,0 k Ω
- c) 1,8 k Ω
- d) 35 k Ω



9. Zaokruži pogrešan odgovor. Kondenzator može (5):

- a) ostvariti fazni pomak
- b) prividno propuštati izmjeničnu struju
- c) preuzeti na sebe električni naboj
- d) pretvoriti niži izmjenični napon u viši izmjenični napon

10. Koja od sljedećih veličina ne utječe na kapacitet kondenzatora (5)?

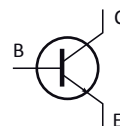
- a) površina njegovih ploča
- b) razmak između ploča
- c) napon na njegovim pločama
- d) dielektrik između njegovih ploča

11. Primar nekog transformatora ima 50, a sekundar 150 zavoja izolirane žice. Na primar smo priključili 9 V izmjeničnog napona. Na sekundaru bit će (7):

- a) 3 V
- b) 9 V
- c) 27 V
- d) 3/9 V

12. Ovaj simbol prikazuje (9):

- a) PNP-tranzistor
- b) NPN-tranzistor
- c) J-FET
- d) MOS-FET

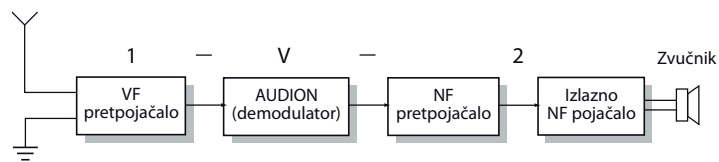


13. Titrajni krug ima zavojnicu samoinduktivnosti $L = 5 \mu\text{H}$ i kondenzator kapaciteta $C = 20 \text{ pF}$. Njegova je rezonantna frekvencija (12):

- a) 10 MHz
- b) 15,9 MHz
- c) 4 MHz
- d) 100 MHz

14. Na slici je blok-shema (14):

- a) odašiljača
- b) ispravljača



- c) direktnog prijarnika
- d) superheterodinskog prijarnika

15. Za rad na amaterskoj frekvenciji od 7,050 MHz duljina poluvalnoga dipola iznosi (16):

- a) 42,86 m
- b) 10,7 m
- c) 25 m
- d) 21,21 m

16. U praksi žica od koje se izrađuje poluvalni dipol mora biti oko 5% kraća od matematičkog izračuna valne duljine. To je skraćenje nužno (16):

- a) jer se žica s vremenom rastegne, a naročito ljeti
- b) jer se prema Einsteinovoj teoriji relativnosti pri brzini svjetlosti sve duljine skraćuju
- c) jer VF struja u antenskoj žici putuje nešto sporije od svjetlosti
- d) jer izolatori na krajevima antene djeluju kao induktivnosti

17. Prilagodba antene na predajnik mjeri se SWR-metrom. Antena je najbolje prilagođena ako je omjer (16):

- a) $\text{SWR} = 1 : \infty$ (besk onačno)
- b) $\text{SWR} = 0 : 1$

c) $SWR = 1:3$

d) $SWR = 1:1$

18. Koji ionosferski slojevi omogućuju daleke KV veze po noći (17)?

a) F2

b) D,E i F2

c) F1 i F2

d) D i E

19. Naš odašiljač smeta susjedu iako ima ugrađen filter u antenskom dovodu. Tu ćemo smetnju vjerojatno ukloniti (19):

a) ugradnjom filtra u Morseovo tipkalo

b) ugradnjom mrežnog filtra u dovod struje

c) ugradnjom NF-filtra u mikrofon

d) boljim filtriranjem napona ispravljača

20. Odašiljač radi na valnoj duljini od 30 metara. Njegova je radna frekvencija (16):

a) 30 MHz

b) 3 MHz

c) 10 MHz

d) 100 MHz

3. SKUPINA

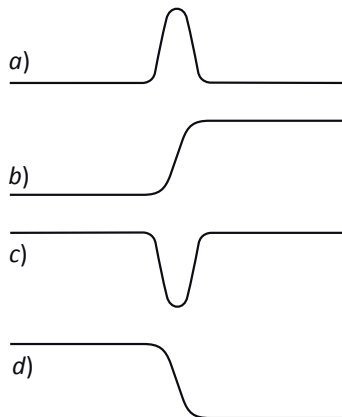
1. Frekvencija f je (1):

- a) snaga odašiljača izražena u decibelima
- b) visina VF napona u anteni
- c) broj titraja u jednoj sekundi
- d) brzina kojom putuju elektromagnetski valovi

2. Frekvencija iznosi 500 Hz. Trajanje jedne periode je (1):

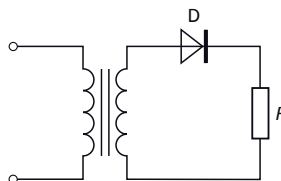
- a) 0,2 sekunde
- b) 0,002 sekunde
- c) 0,02 sekunde
- d) 0,0002 sekunde

3. Zaokruži karakteristiku pojasnopropusnog filtra (PPF) (12):



4. Shema prikazuje (8):

- a) stabilizator napona
- b) punovalno ispravljanje
- c) poluvalno ispravljanje
- d) prilagodbu impedancije



5. Napon na otporniku je 90 V i kroz njega teče struja od 3 A. Koliki je otpor toga otpornika (3)?

- a) 90Ω
- b) 30Ω
- c) 270Ω
- d) $1/30 \Omega$

6. Zaokruži netočno rješenje (3):

- a) $2,7 \text{ A} = 2700 \text{ mA}$
- b) $800 \mu\text{A} = 0,8 \text{ mA}$
- c) $37 \text{ mA} = 0,37 \text{ A}$
- d) $100 \text{ mA} = 0,1 \text{ A}$

7. Na otporniku su četiri prstena u boji. Prve tri boje su crvena, ljubičasta i narančasta. Njegov otpor iznosi (4):

- a) $27 \text{ k}\Omega$
- b) $2,7 \text{ k}\Omega$
- c) $270 \text{ k}\Omega$
- d) $2,7 \text{ M}\Omega$

8. Koja je namjena sljedećeg spoja (11)?

- a) visokopropusni filter
- b) pojasnopropusni filter
- c) niskopropusni filter
- d) pojasnopropusni filter

9. U serijskoj vezi kondenzatora i otpornika (5):

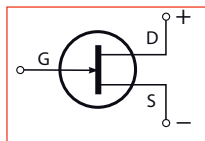
- a) napon prethodi struji
- b) struja i napon rastu istodobno
- c) struja prethodi naponu
- d) nijedno od toga

10. Na kondenzatoru piše 0,1 μF . To je jednako kao i (5):

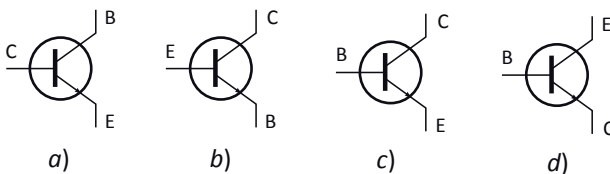
- a) 10 nF
- b) 10 000 pF
- c) 100 000 pF
- d) 1000 nF

11. Ovaj simbol prikazuje (9):

- a) PNP-tranzistor
- b) NPN-tranzistor
- c) J-FET
- d) MOS-FET

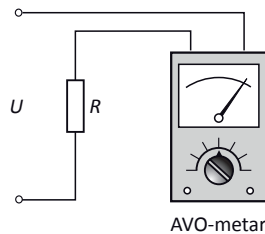


12. Koji tranzistor je točno opisan (9)?



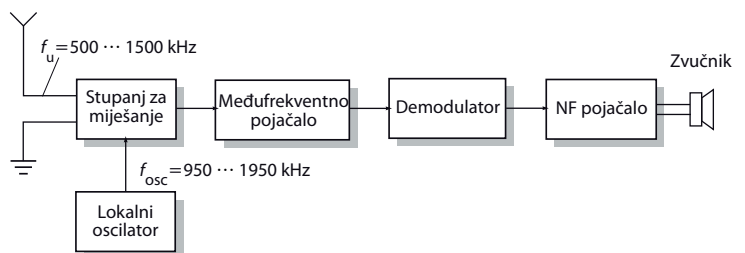
13. Univerzalni mjerni instrument spojen je tako da mjeri (18):

- a) otpor
- b) struju
- c) napon
- d) snagu



14. Na slici je blok-shema (14):

- a) odašiljača
- b) ispravljača
- c) direktnog prijmnika
- d) superheterodinskog prijmnika



20. Susjed se žali da smetamo radu njegova televizora. Smetnju ćemo pokušati ukloniti (19):

- a) promjenom susjedova antenskoga kabela
- b) ugradnjom mrežnog filtra u naš odašiljač
- c) ugradnjom antenskog pretpojačala susjedu na naš trošak
- d) oglušiti se na susjedove prigovore

4. SKUPINA

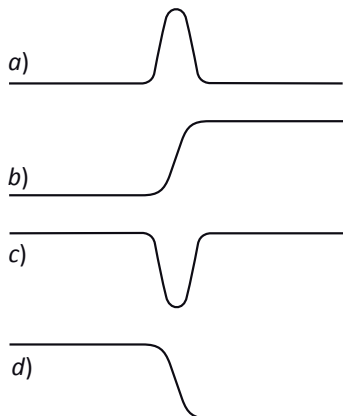
1. Jedan Herc (Hz) je jedinica za (1):

- a) samoindukciju
- b) kapacitet
- c) izmjenični napon
- d) frekvenciju

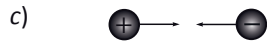
2. Jedna period traje 0,004 sekunde. Frekvencija iznosi (1):

- a) 2500 Hz
- b) 2,5 Hz
- c) 250 Hz
- d) 25 Hz

3. Zaokruži karakteristiku niskopropusnog filtra (NPF)(11):



4. Označi pogrešan prikaz ponašanja električnih čestica (3):



5. Na otpornik od 120Ω priključen je napon od 40 V . Kolika struja teče kroz taj otpornik (3)?

a) $0,3 \text{ A}$

b) 3 A

c) $0,33 \text{ A}$

d) $0,48 \text{ A}$

6. Zaokruži netočno rješenje (3):

a) $13,3 \text{ k}\Omega = 13\,300 \Omega$

b) $1,2 \text{ M}\Omega = 1200 \text{ k}\Omega$

c) $770 \Omega = 0,77 \text{ k}\Omega$

d) $0,47 \text{ M}\Omega = 47 \text{ k}\Omega$

7. Na otporniku su četiri prstena u boji. Prve tri boje su zelena, modra i žuta. Njegov otpor je (3):

a) $56 \text{ k}\Omega$

b) $5,6 \text{ k}\Omega$

c) $560 \text{ k}\Omega$

d) $5,6 \text{ M}\Omega$

8. Otpornik ima vodljivost od $G = 0,25$ siemensa. Njegov je otpor (3):

a) $0,4 \Omega$

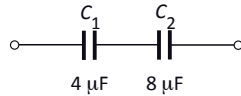
b) 4Ω

c) 1Ω

d) 40Ω

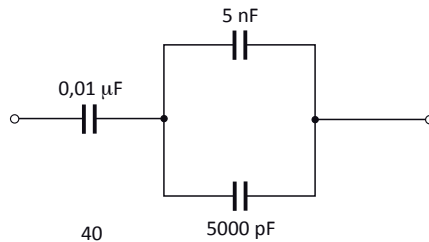
9. Dva su kondenzatora C_1 i C_2 vezana serijski. Njihov je ukupan kapacitet (5):

- a) $12 \mu\text{F}$
- b) $4 \mu\text{F}$
- c) $2,66 \mu\text{F}$
- d) $6 \mu\text{F}$



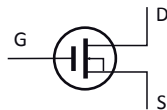
10. Ukupan kapacitet svih triju kondenzatora na slici iznosi (5):

- a) 5 nF
- b) $12,5 \text{ nF}$
- c) 2 nF
- d) $0,0015 \text{ nF}$



11. Ovaj simbol prikazuje (9):

- a) PNP-tranzistor
- b) NPN-tranzistor
- c) J-FET
- d) MOS-FET

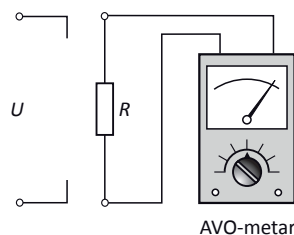


12. Trebamo pojačati slabašan signal iz antene. Za tu svrhu od raspoloživog materijala uzet ćemo (10):

- a) diodu
- b) triodu
- c) promjenljivi otpornik
- d) promjenljivi kondenzator

13. Univerzalni mjerni instrument spojen je tako da mjeri (18):

- a) otpor
- b) struju
- c) napon
- d) snagu



14. Superheterodinski prijamnik prima frekvenciju od 1000 kHz. Njegov lokalni oscilator radi na 1400 kHz, pa međufrekvencija iznosi 400 kHz. Istu međufrekvenciju proizvest će i simetrična frekvencija koja se nalazi na (14):

- a) 600 kHz
- b) 1800 kHz
- c) 2000 kHz
- d) 2400 kHz

15. Za rad na amaterskoj frekvenciji od 14,1 MHz duljina poluvalnoga dipola iznosi (16):

- a) 10,10 m
- b) 20,21 m
- c) 5,05 m
- d) 14 m

16. Repetitori na 2-metarskom području rabe vertikalne antene jer (16):

- a) pružaju manji otpor vjetru u planini
- b) zauzimaju manje mjesta i lakše ih je postaviti u ograničenom prostoru
- c) ne njišu se na vjetru pa se ne lome
- d) da bi imale vertikalnu polarizaciju i kružno zračenje u svim smjerovima

17. Mrtva zona je prsten oko odašiljačke antene unutar kojega prijam nije moguć (17):

- a) jer su površinski i prostorni val u protufazi, pa se međusobno poništavaju
- b) je površinski val potpuno oslabio, a prostorni još nije stigao nazad na Zemlju
- c) jer je površinski val toliko jak da potpuno blokira prijamnik
- d) jer je prostorni val toliko jak da potpuno blokira prijamnik

18. Amaterski odašiljač ima snažan drugi harmonik. Tu smetnju uklonit ćemo umetanjem (19):

- a) VPF
- b) NPF
- c) filtra za CW
- d) NF-filtra

19. Odašiljač koji se napaja iz gradske mreže bit će siguran za korisnika ako je (20):

- a) na drvenom stolu
- b) spojen na propisanu gromobransku instalaciju
- c) dobro uzemljen
- d) ako je pod od plastike

20. SWR-metar uključen u antenski vod pokazuje omjer 1 : 3. To znači da antena odašilje (15):

- a) 75% ukupne snage odašiljača
- b) 50% ukupne snage odašiljača
- c) 25% ukupne snage odašiljača
- d) 33,3% ukupne snage odašiljača

TEHNIČKA PITANJA - TABLICA S TOČNIM ODGOVORIMA

| Redni broj | 1. skupina | 2. skupina | 3. skupina | 4. skupina |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1. | b | c | c | d |
| 2. | d | a | b | c |
| 3. | b | b | a | d |
| 4. | b | c | c | d |
| 5. | a | a | b | c |
| 6. | b | c | c | d |
| 7. | c | b | a | c |
| 8. | a | b | a | b |
| 9. | c | d | c | c |
| 10. | b | c | c | a |
| 11. | a | c | c | d |
| 12. | a | b | c | b |
| 13. | c | b | b | a |
| 14. | c | c | d | b |
| 15. | a | d | c | a |
| 16. | b | c | c | d |
| 17. | a | d | a | b |
| 18. | b | c | a | b |
| 19. | c | b | b | c |
| 20. | b | c | b | a |

ZAKONSKE ODREDBE I PROPISI

(Brojevi u zagradi na kraju pitanja odnose se na broj članka u “Pravilniku o amaterskim radijskim komunikacijama” u 5. poglavlju gdje se obrađuje to pitanje. Tamo gdje nema broja pravilo dolazi iz nekog drugog dokumenta, pa pogledaj točno rješenje.)

1. SKUPINA

1. Uz redovito plaćanje godišnje pristojbe dozvola za radioamatersku postaju vrijedi:

- a) 3 godine
- b) 5 godina
- c) 10 godina
- d) trajno

2. Prilikom održavanja veze s drugom amaterskom postajom svoju identifikaciju operator treba ponavljati (15):

- a) svaku minutu
- b) svakih 5 minuta
- c) svakih 10 minuta
- d) samo pri završetku veze

3. Prije upućivanja općeg poziva (CQ) vlasnik dozvole mora:

- a) slušati najmanje 10 minuta na izabranoj frekvenciji
- b) uključiti odašiljač i bez oklijevanja započeti pozivanje
- c) provjeriti je li frekvencija slobodna
- d) ako je netko već na frekvenciji reći mu da se makne (QSY)

4. Posebnu grupu čine radioamateri slušatelji, tzv. SWL (*short wave listeners*). Oni na vlastit zahtjev dobivaju slušačku oznaku koja se sastoji od (15):

- a) 9A RS i osobnog imena
- b) 9A RS i mjesta boravka
- c) 9A RS i serijskog broja
- c) svaki je slušatelj sam sebi određuje

5. Radioamaterskom A ili P ispitu može pristupiti kandidat ako je navršio (9):

- a) 14 godina
- b) 12 godina
- c) nema propisa
- d) ako je punoljetan

6. Ako je sam izradio svoju postaju, radioamater će dobiti dozvolu za rad ako svom zahtjevu Agenciji priloži (12):

- a) preporuku jednog inženjera elektrotehnike
- b) samu postaju radi pregleda
- c) fotografiju i shemu uređaja
- d) potvrdu Hrvatskoga radioamaterskog saveza o izvršenom pregledu

7. Potrebnu suglasnost treće strane (vlasnika građevine, livade, stabla) za postavljanje antene i priključnih vodova vlasnik radioamaterske postaje (21):

- a) dobiva automatski čim je dobio dozvolu za rad
- b) može prisiliti vlasnika dovođenjem policije
- c) pribavlja sam vlasnik amaterske postaje u dogovoru s vlasnikom
- d) ima mu pravo smetati na TV dok vlasnik ne pristane

8. Preskakanje rednih brojeva u LOG-u je (20):

- a) preporučljivo radi preglednosti
- b) dopušteno u natjecanjima zbog žurbe
- c) dopušteno na privremenoj lokaciji
- d) zabranjeno

9. Maksimalna dopuštena izračena snaga amaterskog odašiljača P-razreda (ERP) smije biti najviše (16 i tema 26):

- a) 25 W
- b) 50 W
- c) 75 W
- d) 100 W

10. Prilikom P-ispita kandidat odgovara na sljedeće grupe pitanja (10):

- a) tehnička pitanja, operativna pitanja, pravila i propisi
- b) ako položi Morseove znakove, ne mora odgovarati na tehnička pitanja
- c) ako posjeduje tvorničku amatersku postaju, samo na operativna pitanja, pravila i propise
- d) ako je mlađi od 15 godina - samo na operativna pitanja

11. Prilikom posjeta radioamaterskoj postaji ovlaštena inspekcijska služba pregledava:

- a) amatersku postaju i dnevnik rada
- b) samo amatersku postaju i njezin antenski sustav
- c) dozvolu za rad, postaju i dnevnik rada
- d) samo dozvolu za rad

12. Kada radi s prenosivom (ručnom) radijskom postajom, radioamater svojoj pozivnoj oznaci dodaje (15):

- a) /M za telegrafiju ili "mobile" za telefoniju
- b) /MM za telegrafiju ili "maritime mobile" za telefoniju
- c) /AM za telegrafiju ili "air mobile" za telefoniju
- d) /P za telegrafiju ili "portable" za telefoniju

13. Kada radi s radioamaterskom postajom u zrakoplovu, radioamater svojoj pozivnoj oznaci dodaje (15):

- a) /P za telegrafiju ili "portable" za telefoniju
- b) /MM za telegrafiju ili "maritime mobile" za telefoniju
- c) /AM za telegrafiju ili "air mobile" za telefoniju
- d) /M za telegrafiju ili "mobile" za telefoniju

14. Promjenu adrese i svaku drugu promjenu podataka iz dozvole na svojoj postaji radioamater prijavljuje Agenciji (13):

- a) u roku od četiri tjedna
- b) isti dan

- c) u roku od dva tjedna
- d) prilikom dobivanja nove dozvole

15. Što je IARU?

- a) talijansko-američko udruženje radioamaterskog prijateljstva
- b) međunarodna unija radioamatera
- c) međunarodna banka za razvoj radiodifuzije
- d) savez tvrtki koje imaju televiziju na UHF području

16. Među hrvatskim radioamaterima što znači kratica HRS?

- a) Hrvatski rukometni savez
- b) Hrvatski savez radioklubova
- c) Hrvatski raketni savez
- d) Republička udruga radioamatera-pojedinaca

17. WW lokator je (30)

- a) način za jednostavno obilježavanje zemljopisnog položaja
- b) radarski uređaj uza pronalaženje skrivene radijske postaje
- c) satelitska snimka pojedinih područja na Zemlji
- d) specijalni prijamnik za amatersku radiogoniometriju (ARG)

18. Pravilnik predviđa nekoliko vrsta amaterskih radijskih postaja. Njihov je točan broj (4):

- a) 4 (osobna, klupska, u vozilu i TV)
- b) 3 (osobna, klupska, prijenosna)
- c) 5 (osobna, klupska, relejna, pokretna i radiofar)
- d) 6 (osobna, klupska, relejna, radiogoniometrijska, radiofar i TV)

19. Neka klupska radijska postaja omogućuje rad operatora A razreda, pa ima sva odgovarajuća frekvencijska područja i maksimalnu snagu dopuštenu za A razred. Operator P razreda kada radi na njoj (14):

- a) može normalno raditi na takvoj postaji kao i operatori A razreda
- b) može na svim frekvencijama, ali mora smanjiti snagu na propisanu razinu za P razred
- c) može samo na frekvencijama za P razred bez smanjenja snage
- d) može samo na frekvencijama za P razred i uz odgovarajuću smanjenu snagu

20. CEPT dozvola može se izdati radioamateru kako bi mogao raditi i iz drugih država članica CEPT-a. Pravo na takvu dozvolu ima (12):

- a) samo operator A razreda
- b) operatori i A i P razreda
- c) operator A razreda, a operator P razreda samo na 144-146 MHz
- d) operator A razreda, a operator P razreda samo na repetitorskim frekvencijama 145-146 MHz

2. SKUPINA

1. Osim rada na amaterskim frekvencijama dozvola omogućuje i primanje (19):

- a) policijskih razgovora
- b) vozila hitne pomoći
- c) frekvencijskih normi i vremenskih signala
- d) zrakoplova u prilazu

2. Radioamaterska veza ne smije se održavati (18):

- a) dugačkim monolozima
- b) tajnim kodovima
- c) na engleskom jeziku
- d) u stihovima

3. Pri radu telefonijom (FONE) identifikacija se šalje (15):

- a) na jeziku kojim se drži veza (običnim jezikom)
- b) Morseovim znakovima
- c) obvezno na engleskom
- d) na esperantu

4. Dnevnik rada radioamaterske postaje (LOG) mora se čuvati najmanje (20):

- a) trajno
- b) do popunjenja sljedećeg dnevnika
- c) godinu dana od zadnjeg zapisa
- d) 3 godine od zadnjeg zapisa

5. Dozvolu za rad A ili P razreda može dobiti kandidat koji je položio odgovarajući ispit i koji je navršio (12):

- a) 16 godina
- b) 12 godina
- c) 14 godina
- d) ako je punoljetan

6. Ako utvrdi da radioamaterska postaja stvara štetne smetnje, ovlaštena inspeksijska služba ima pravo (24):

- a) oduzeti radijsku postaju
- b) odrediti kaznu do 10 000 kuna
- c) dati rok do mjesec dana da se smetnja ukloni
- d) dati postaju na popravak o trošku vlasnika

7. Podaci u dnevniku rada (LOG-u) ne smiju se pisati (20):

- a) crvenom kemijskom olovkom
- b) nalivperom
- c) običnom olovkom
- d) računalom

8. Dozvola za rad omogućuje vlasniku i rad na drugoj nepokretnoj lokaciji u trajanju od najviše tri mjeseca. Ako je predvidio takav rad dulji od četiri tjedna, vlasnik amaterske postaje dužan je to prijaviti Agenciji (13):

- a) prije početka rada na drugoj lokaciji
- b) nije dužan ništa prijaviti
- c) u roku od dva tjedna od početka rada
- d) a je još na drugoj lokaciji

9. Radioamater mora posjedovati shemu električne instalacije svoga odašiljača i antenskog sustava (22):

- a) samo u slučaju samogradnje
- b) mora uvijek, čak i ako je kupio tvornički uređaj
- c) ako ima tvornički uređaj dovoljne su blok-shema i fotografija uređaja
- d) ako uređaj ne stvara smetnje, dovoljan je VF vatmetar u antenskom dovodu

10. Rad radioamatera na amaterskim postajama u nekoj državi može biti zabranjen:

- a) odlukom Međunarodne telekomunikacijske unije ITU
- b) odlukom Međunarodne radioamaterske unije IARU
- c) odlukom administracije te zemlje
- d) odlukom radioamaterskog saveza te zemlje

11. Radioamater posjeduje dozvolu za rad na nepokretnoj, stalnoj lokaciji. U dozvoli je upisana i prenosiva radijska postaja za 2 metara. Dozvola mu omogućuje (13):

- a) rad i u pokretu
- b) za rad u pokretu mora tražiti posebnu dozvolu
- c) rad i u pokretu ako sa sobom nosi kopiju dozvole
- d) rad u pokretu samo na 2-metarskom području

12. Kada radi pokretnom radioamaterskom postajom ugrađenom u motorno vozilo ili plovilo (na jezeru ili rijeci), radioamater svojoj pozivnoj oznaci dodaje (15):

- a) oznaku /M za telegrafiju ili "mobile" za telefoniju
- b) /P za telegrafiju ili "portable" za telefoniju
- c) /MM za telegrafiju ili "maritime mobile" za telefoniju
- d) /AM za telegrafiju ili "air mobile" za telefoniju

13. Kada radi s radioamaterskom postajom na plovilu (na moru) ili na preoceanskoj sportskoj brodici, radioamater svojoj pozivnoj oznaci dodaje (15):

- a) /M za telegrafiju ili "mobile" za telefoniju
- b) /MM za telegrafiju ili "maritime mobile" za telefoniju
- c) /P za telegrafiju ili "portable" za telefoniju
- d) /AM za telegrafiju ili "air mobile" za telefoniju

14. Što je ITU?

- a) međunarodno udruženje taksista
- b) međunarodni sud za prekršitelje na radijskim područjima
- c) međunarodna telekomunikacijska unija
- d) međunarodno udruženje radioamatera telegrafista

15. Kako glasi zakonom utvrđena definicija riječi "radioamater" (2)?

- a) To je osoba koja zna popraviti radioaparatus.
- b) To je osoba koja skuplja radijski materijal radi daljnje prodaje.
- c) To je fizička osoba koja se bavi radijskom tehnikom i radiooperatorstvom isključivo iz osobnih razloga i bez novčane naknade.
- d) To je osoba koja redovito prati radiotehničku literaturu.

16. Budući radioamater odlučio je nabaviti prijamnik kojim će slušati radioamaterske frekvencije. Za to mu treba (12):

- a) posebno odobrenje Agencije za telekomunikacije
- b) pozivna RS oznaka radioamatera slušatelja bez koje ne smije rabiti prijamnik
- c) prijamnik smije rabiti samo uz okvirnu antenu promjera najviše 1 metar
- d) ne treba mu ništa

9. DODATAK

17. Radioamater P razreda čuje poziv za pomoć izvan frekvencijskog pojasa dopuštenog za P razred. Tehnički, njegova postaja ima mogućnost rada i na toj frekvenciji. On je dužan (19):

- a) odmah isključiti svoju postaju
- b) uspostaviti vezu s osobama u nevolji i odmah obavijestiti odgovarajuće organe
- c) ne upuštati se u vezu, ali obavijestiti odgovarajuće organe o tome što je čuo
- d) poslati e-mail Agenciji za telekomunikacije

18. Može li klupska amaterska radijska postaja biti ugrađena u vozilo i raditi iz njega (14)?

- a) može ako se ide na natjecanje
- b) može samo na 2-metarskom području
- c) ne može ni u kojem slučaju
- d) može samo za rad telefonijom

19. Operator P razreda održava veze na klupskoj radijskoj postaji. Pritom on (15):

- a) rabi svoju pozivnu oznaku koja je navedena u njegovoj osobnoj dozvoli
- b) rabi klupsku pozivnu oznaku koja je navedena u klupskoj dozvoli
- c) rabi svoju osobnu pozivnu oznaku iza koje dodaje i klupsku pozivnu oznaku
- d) rabi klupsku pozivnu oznaku iza koje dodaje i svoju osobnu pozivnu oznaku

20. Ako smetnja koju uzrokuje amaterska radijska postaja nije uklonjena ni nakon danog roka od 30 dana, inspekcija ima pravo (24):

- a) presjeći antenski dovod
- b) zapečatiti radijsku postaju
- c) odrediti vlasniku ograničenja u pogledu sati rada, snage i uporabe određenih frekvencija
- d) odrediti kaznu do 5000,00 kuna

PREGLED TOČNIH ODGOVORA - PRAVILA I PROPISI

| Pitanje | 1. SKUPINA | 2. SKUPINA |
|---------|------------|------------|
| 1. | a | c |
| 2. | c | b |
| 3. | c | a |
| 4. | c | c |
| 5. | b | c |
| 6. | d | c |
| 7. | c | c |
| 8. | d | c |
| 9. | d | b |
| 10. | a | c |
| 11. | c | c |
| 12. | d | a |
| 13. | c | b |
| 14. | c | c |
| 15. | b | c |
| 16. | b | d |
| 17. | a | b |
| 18. | d | c |
| 19. | d | b |
| 20. | b | c |

Kako učiti Morseove znakove

Velik broj radioamaterskih veza održava se još uvijek Morseovim znakovima. Oni prate radioamaterizam cijelo dvadeseto stoljeće - sve od njegova rođenja. Pa iako je taj način prijenosa podataka za suvremeno poimanje elektroničkih komunikacija “spor i primitivan”, on se nevjerojatno uporno drži, i to ne bez razloga. Telegrafski predajnici su nekoliko puta jednostavniji od fonijskih, a telegrafski signali uspješno se probijaju i kroz najveće smetnje, a sam telegrafski signal zauzima vrlo uzak pojas frekvencija, tako da se u prijamniku mogu primijeniti vrlo selektivni filtri, pa se tu može smjestiti mnogo telegrafskih postaja u uskom frekvencijskom opsegu. “Uz jednaku snagu, CW dopire triput dalje nego SSB, a SSB triput dalje nego AM”, kažu iskusni radioamateri. Stoga nije čudno da QRP-entuzijasti (oni koji rade snagom ispod 10 W i izrađuju vlastite uređaje) rabe gotovo isključivo CW, tj. Morseove znakove.

Osim toga, operator koji radi telegrafijom ne mora govoriti strani jezik, već samo poznavati kratice. Zato se vještina primanja na sluh i odašiljanja Morseovih znakova još uvijek smatra nekom vrstom “temeljne radioamaterske pismenosti”. Pa iako se u Hrvatskoj, kao i u većini drugih zemalja, više ne traži na ispitu polaganje Morseovih znakova kao uvjet za dobivanje dozvole za rad, mnogi početnici uče te znakove, jer vide da im njihovo poznavanje znatno širi mogućnosti rada i rezultata na amaterskim frekvencijama. U početku oni samo slušaju i prate CW-veze drugih radioamatera. Naime, uobičajena brzina tipkanja na amaterskim područjima nije manja od 60 slova u minuti, pa je potrebno neko vrijeme da se ta brzina postigne.

Nepisano je pravilo da na poziv odgovarate onom brzinom kojom je drugi operator tipkao; zato nikada nemojte tipkati brže nego što možete primati. Početnik se neće ustručavati reći: “PSE QRS HR HAMLET”, tj. molim tipkajte sporije, ovdje je početnik.

Morseova abeceda sastoji se od kombinacije duljih i kraćih tonova iste visine. Popularno se oni nazivaju “točke” i “crte”. Odnosi između njih točno su propisani:

- jedna crta traje koliko tri točke;
- vremenski razmak između impulsa unutar istog slova iznosi jednu točku;
- stanka između dva znaka (slova) iznosi tri točke (tj. jednu crtu);
- stanka između dvije riječi iznosi 7 točaka (tj. približno dvije crte).

O pridržavanju tih omjera ovisi **čitljivost** vašega tipkanja (prvo slovo u RST raportu). Za slabu čitljivost dobiva se slab raport i poruka QSD - vaše kucanje je loše. Čitljivost se naročito smanjuje ako je operator navikao tipkati crtu kraću od tri točke, ili ako mu je razmak između pojedinih znakova

manji od jedne crte, jer je tada teško prepoznati slovo i razlučiti jedno slovo od drugoga. Suvremena poluautomatska tipkala savršeno poštuju te omjere; ali, i ručno tipkanje dobrih operatora teško se može razlikovati od poluautomatskoga. Kod njih se osobito ističe stabilan ritam tipkanja koji olakšava prijam.

Običaj je da se točka pri učenju izgovara "tit", a crta "taaa". Tako se može učiti Morseova abeceda i bez tipkala i zujalice. Slovo "a" izgovorit ćemo "tit-taaa"; slovo "b" - "taaa-tit-tit-tit" itd. Pritom ne treba misliti na "crte" i "točke", nego treba uhvatiti "zvučnu sliku" tog slova u cjelini. To se postiže ponavljanjem i zapisivanjem. Zato tipkanje pojedinog slova ne smije biti presporo kako se ne bi izgubila njegova zvučna slika, već znak tipkamo kao za 50 slova u minuti. U početku možemo između slova ostavljati veće stanke, ali se slovo mora otipkati "normalnom" brzinom. Primljeni tekst zapisujemo velikim, tzv. blok-slovima. Tako se izbjegava česta zabuna između pisanja slova U i N, V i R, itd. Pri vježbanju najčešće se služimo grupama od po pet nepovezanih slova. Ako neko slovo nismo uspjeli zapisati, štetno je razmišljati "Koje je to bilo slovo?", jer ćemo za to vrijeme izgubiti barem tri sljedeća slova, nego ćemo staviti crticu i slušati dalje. Dakako, za vježbanje su potrebni ručno telegrafsko tipkalo i zujalica. Danas postoji mnogo računalnih programa za učenje Morseovih znakova, od kojih se mnogi mogu naći i na internetu.

MORSEOVI ZNAKOVI

SLOVA

| | | | |
|---|------|---|-------|
| A | .. | N | .. |
| B | | O | --- |
| C | | P | |
| D | ... | Q | ---- |
| E | . | R | ... |
| F | | S | ... |
| G | --- | T | _ |
| H | | U | ..- |
| I | .. | V |- |
| J | ---- | W | --- |
| K | ..- | X | ---- |

L Y ----

M -- Z ----

BROJEVI

1 -----

2 -----

3 -----

4 -----

5 -----

6 -----

7 -----

8 -----

9 -----

0 -----

INTERPUNKCIJE

| | | | |
|--------------------------|-------|--------------------------------|-------|
| Rastavnica (=) | ----- | Dvotočka (:) | ----- |
| Razlomak (/) | ----- | Apostrof (') | ----- |
| Upitnik (?) | ----- | Točka-zarez (;) | ----- |
| Sastavnica, minus | ----- | Navodnik ("") | ----- |
| Točka (.) | ----- | Lijeva zagrada | ----- |
| Zarez (,) | ----- | Desna zagrada | ----- |
| Pogreška, ponavljam | | (Treba ponoviti cijelu riječ.) | |

Napomena: Kada se tipkaju samo brojevi, postoji i skraćeni način. Npr. ništica je samo jedna crta (slovo T), a 9 se tipka kao slovo N. Tako će se RST 599 tipkati **RST 5NN**, a INPUT 100 W kao **INPT 1TT W**. Iako se neke interpunkcije rijetko upotrebljavaju, radioamater treba dobro uvježbati upitnik, rastavnicu i razlomak, jer su vrlo česti u amaterskim vezama.

I na kraju, kada je “pravo vrijeme” za učenje Morseovih znakova? Prema autorovu mišljenju to je vrijeme između položenog P i A ispita. Operator početnik tada je već upoznao komunikaciju na nekoliko amaterskih područja, redovito održava veze telefonijom, te čuje i telegrafske signale na CW dijelu amaterskog područja. Tako može svoju novu sposobnost primanja Morseovih znakova odmah staviti u funkciju: najprije primajući CQ i pozivne oznake raznih postaja, a s vremenom zapisujući i cijele veze. To je investicija koja će se obilno isplatiti u životu i radu radioamatera.

Matematički izrazi iz ove knjige

1. Frekvencija i perioda

$$f = \frac{1}{T}$$

$$T = \frac{1}{f}$$

Veličine: perioda T (u sekundama, s),
frekvencija f (u hercima, Hz)

2. Ohmov zakon

$$I = \frac{U}{R}$$

$$R = \frac{U}{I}$$

$$U = I \times R$$

Veličine: napon U (u voltima, V), struja I
(u amperima, A), otpor R (u
omima, Ω)

3. Snaga

$$P = U \times I ; U = \frac{P}{I} ; I = \frac{P}{U}$$

Veličine: snaga P (u vatima, W), struja I
(u amperima, A), napon U (u
voltima, V)

4. Energija

$$W = P \times t ; P = \frac{W}{t} ; t = \frac{W}{P}$$

Veličine: energija W (u vat-sekundama,
Ws), snaga P (u vatima, W), vrije-
me t (u sekundama, s)

4. Serijski i paralelni spoj otpornika

Serijski spoj:

$$R_{\text{uk}} = R_1 + R_2 + R_3 \dots$$

$$\text{Paralelni spoj: } \frac{1}{R_{\text{uk}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Za dva paralelna otpornika: $R_{\text{uk}} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$

Veličine: R_{uk} = ukupni otpor

R_1 = vrijednost 1. otpornika

R_2 = vrijednost 2. otpornika

R_3 = vrijednost 3. otpornika

5. Vodljivost

$$G = \frac{1}{R} ; R = \frac{1}{G}$$

Veličine: vodljivost G (u simensima, S),
otpor R (u omima, Ω)

6. Paralelni i serijski spoj kondenzatora

Paralelni spoj

$$C_{\text{uk}} = C_1 + C_2 + C_3 \dots$$

$$\text{Serijski spoj } \frac{1}{C_{\text{uk}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Za dva konden. u seriji: $C_{\text{uk}} = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$

Veličine:

C_{uk} = ukupni kapacitet

C_1 = kapacitet 1. kondenzatora

C_2 = kapacitet 2. kondenzatora

C_3 = kapacitet 3. kondenzatora

6. Thomsonov izraz - rezonantna frekvencija titrajnoga kruga

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{L C}}$$

Veličine:

f = frekvencija (u hercima, Hz)

L = induktivnost (u henrijima, H)

C = kapacitet (u faradima, F)

Prilagođeni izraz:

$$f = \frac{159}{\sqrt{L C}}$$

Veličine: f = frekvencija (u megahercima, MHz), L = induktivnost (u mikrohenrijima, μH), C = kapacitet (u pikofaradima, pF)

7. Valna duljina i frekvencija

$$\lambda = \frac{300}{f} ; f = \frac{300}{\lambda}$$

Veličine: f = frekvencija (u megahercima, MHz), λ = valna duljina (u metrima, m)

8. Duljina poluvalnog dipola

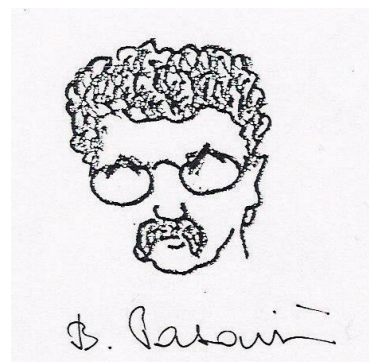
Najprije treba prema gornjem obrascu izračunati valnu duljinu λ na kojoj će dipol raditi.

Duljina poluvalnog dipola je:

$$l = \frac{\lambda}{2} \times 0,95$$

Veličine: l = duljina dipola (metara, m), λ = (valna duljina na kojoj dipol treba raditi, m) 0,95 = faktor skraćivanja. Napajanje u sredini, priključni otpor = 50 do 70 Ω

Bilješka o piscu



Božidar Pasarić, 9A2HL, rođen je 1932. u Korčuli. Gimnaziju je završio u Osijeku, a studij engleskog jezika, književnosti i hrvatskog jezika na Filozofskom fakultetu u Zagrebu 1958. godine. Godine 1976. magistrirao je na Fakultetu industrijske pedagogije u Rijeci s temom "Vrednovanje obrazovne djelatnosti", o čemu je objavio i dvije knjige. Živio je u Zadru od 1950. do 1960. godine, poslije čega trajno živi u Rijeci. Profesionalno, predavao je engleski jezik na Pomorskoj školi u Zadru, a zatim je bio direktor osnovne škole u Rijeci te poslije toga direktor Zavoda za prosvjetno-pedagošku službu u Rijeci sve do umirovljenja.

Radioamaterizmom se počeo baviti još u gimnaziji, pa je jedan od osnivača Radiokluba "Osijek" u prosincu 1947. godine. Pozivnu oznaku dobiva 1953. godine, poslije čega se intenzivno bavi konstruktorstvom, posebno izgradnjom amaterskih kratkovalnih odašiljača. Tijekom pedesetak godina držao je velik broj tečajeva, konstruktorskih i operatorskih, i objavio brojne članke u domaćem i inozemnom radioamaterskom tisku.

Za svoj rad dobio je mnoge nagrade i priznanja, pa tako i Nagradu za životno djelo Zajednice tehničke kulture grada Rijeke. Nositelj je Spomenice Domovinskog rata iz 1991. godine.