

PRIROČNIK ZA RADIOAMATERJE

**DRAGO GRABENŠEK, S59AR
BAJKO KULAUZOVIĆ, S57BBA
ANDREJ SOUVENT, S51BW
JURE VRANIČAR, S57XX**

**ZVEZA RADIOAMATERJEV SLOVENIJE
LJUBLJANA 1995**

PRIROČNIK ZA RADIOAMATERJE

Avtorji: Drago Grabenšek, S59AR
Bajko Kulauzović, S57BBA
Andrej Souvent, S51BW
Jure Vraničar, S57XX

Recenzent: Jože Vehovc, S51EJ

Izdala in založila:

Zveza radioamaterjev Slovenije - ZRS
Ljubljana, april 1995

Za ZRS: Drago Grabenšek

Tisk: Tiskarna Lotos, Postojna

Naklada: 1500 izvodov

© 1995 Zveza radioamaterjev Slovenije

Po mnenju Urada vlade RS za informiranje št. 4/3-12-583/95-23/138 z dne 28.03.1995 je Priročnik za radioamaterje proizvod informativnega značaja iz 13. točke tarifne številke 3 tarife prometnega davka, po kateri se plačuje davek od prometa proizvodov po stopnji 5 %.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

379.826:621.396

PRIROČNIK za radioamaterje / avtorji Drago Grabenšek ... (et al.).
- Ljubljana : Zveza radioamaterjev Slovenije, 1995

ISBN 961-90200-0-6

1. Grabenšek, Drago
48862720

PRIROČNIKU NA POT

Pred vami je prvi slovenski priročnik za radioamaterje-operaterje. Leta 1949 je bil sicer tiskan priročnik za radioamaterje pod naslovom Osnove radiotehnike, avtorja prof. Andréa Leopolda, vendar takrat aktivno operatorsko delo še ni bilo dovoljeno. Isti avtor je že leta 1927 izdal knjigo Radio, dve leti pozneje knjigo Radioaparati in še tri leta pozneje knjigo z naslovom Sedaj vem, kaj je radio. Ta aktivnost kaže, kakšno zanimanje je v času, ko se je iz Slovenije prvič oglasil Radio Ljubljana, vladalo med Slovenci za tedaj novo tehniko in radijske komunikacije. Vmes so minevala leta in radiotehnika je doživljala neslutni razvoj, česar tiskana beseda v slovenskem jeziku v poljudni obliki ni spremljala. Že omenjeni priročnik Osnove radiotehnike iz leta 1949 je služil kot gradivo na mnogih tečajih radiotehnike, ki so tedaj potekali v Sloveniji v radioamaterskih klubih, ki jih je že povezovala Zveza radioamaterjev Slovenije. Njen Izvršni odbor je knjigo kot pomagalo pri tečajih posebej priporočil.

Že leta 1950 so bile organizirane prve sprejemno-oddajne sekcije v radioklubih in število aktivnih radioamaterjev je hitro rastlo. Segali smo po tuji strokovni literaturi in koristili tisto, kar nam je nudilo prostovoljno članstvo v Zvezi radioamaterjev Jugoslavije. Še danes je Radio priročnik dr. Boža Metzgerja cenjen pripomoček pri organizaciji tečajev in dnevnih praksi radioamaterjev, ki še kdaj primejo v roke spajkalo.

Priročnik za radioamaterje-operaterje, ki ga imate pred seboj, je tako prvenec po slovenski osamosvojitvi in vključitvi ZRS v Mednarodno radioamatersko zvezo - IARU. Je tudi logična posledica razvoja naše organizacije in izrednega porasta članstva, ki danes šteje preko 6.300 radioamaterjev - operaterjev. Tehnični del je usklajen s standardi HAREC (evropski usklajeni izpitni programi), ki omogočajo bodoče koriščenje ugodnosti iz sporazumov CEPT. Iz tega usklajevanja izvira tudi nekaj zamude pri izdaji, ker je bilo treba vse gradivo primerjati z omenjenimi standardi in ga tako prilagoditi evropski praksi.

Priročnik so pripravili naši člani in operaterji Drago Grabenšek, S59AR, Bajko Kulauzović, S57BBA, Andrej Souvent, S51BW, in Jure Vraničar, S57XX. Delo je najprej koordiniral Drago Grabenšek, S59AR, zadnje pol leta pa Jože Vehovc, S51EJ, ki je opravil tudi tehnično recenzijo. Tem našim članom, ki so vložili v nastajanje priročnika na tisoče ur izredno skromno nagrajenega dela, gre zahvala, da je le-ta zdaj tu in na razpolago članstvu in drugim ljubiteljem radia. O tehničnih vidikih govorijo avtorji sami v nadaljevanju te popotnice... Ni dvoma, da so si s tem delom postavili pomnik v naši organizaciji in v imenu vsega članstva se jim za vloženo delo iskreno zahvaljujem.

Želim, da se priročnik znajde ob radijski postaji vsakega radioamaterja, da služi kot pripomoček pri tečajih in pripravah za operaterske izpite, pa tudi vrhunski radioamaterji bodo našli v njem kaj koristnega. Avtorjem še enkrat vse priznanje in zahvala, radioamaterjem in tistim, ki bodo s pomočjo priročnika to postali, pa najboljše želje, da bi še bolj obvladali tisto, kar so vzljubili - radiotehniko in radijske zveze.

Toni Stipanič, S53BH
predsednik ZRS

Ljubljana, april 1995

BESEDA AVTORJEV

Generacije naših radioamaterjev so za priprave na operaterske izpite in tudi v vsakdanji praksi uporabljale tujo strokovno literaturo. Starejši radioamaterji dobro poznajo publikacije, kot so na primer The ARRL Handbook for Radio Amateurs, Amateurfunk Handbuch, Priručnik za radio-amatere operatore, Radio priručnik za amatere i tehničare, Amaterske radio-komunikacije idr. Pomembno izobraževalno vlogo so imele tudi različne skripte, izdane ob tehničnih seminarjih ZRS in v organizaciji radioklubov. Kljub velikim željam in potrebam je bila radioamaterska tiskana beseda izredno skromna - vse do danes, ko smo slovenski radioamaterji ob 100-letnici radia in ob skorajšnji 50-letnici ZRS dobili prvi slovenski priročnik za radioamaterje - operaterje.

Ko smo se obvezali, da pripravimo priročnik, smo imeli na voljo tudi gradivo, ki ga uporabljajo za operaterske izpite v Kanadi. Kanadska radioamaterska zveza je ljubeznivo dovolila, da ZRS uporabi njihov priročnik oziroma da ga lahko prevedemo v slovenščino. In del tega smo tudi opravili. Medtem smo na ZRS dobili besedilo CEPT priporočila T/R 61-02 (HAREC-Harmonized Amateur Radio Examination Certificate). Po pregledu le-tega in ponovnem pregledu kanadskega gradiva smo ocenili, da je najbolje, če vsebino priročnika povsem uskladimo s HAREC priporočili. Po dogovoru z upravnim odborom ZRS smo napravili novo konstrukcijo priročnika. Tu je priskočil na pomoč Jože Vehovc, S51EJ, ki je bil z nami vse do konca opravljenega dela.

Priročnik je vsebinsko razdeljen na dva glavna dela:

I. RADIOAMATERJI IN RADIJSKE KOMUNIKACIJE

Poglavja Radioamaterstvo-ljubiteljstvo, gibanje, organizacija, Radijske komunikacije, Predpisi za amaterske radijske komunikacije ter Pravila in praksa v amaterskih radijskih komunikacijah je napisal Dragó Grabenšek, S59AR. Podpoglavje Amaterske digitalne komunikacije sta pripravila Andrej Souvent, S51BW in Bajko Kulauzović, S57BBA, podpoglavje Amaterske SSTV in FSTV (ATV) zveze pa Mijo Kovačević, S51KQ.

II. ELEKTROTEHNIKA IN RADIOTEHNIKA

Poglavja Električni tok, napetost in upornost, Ohmov zakon in moč, Tuljave in kondenzatorji, Valovanje, Razširjanje radijskih valov,

Antene, Napajanje anten, Motnje in Nevarnost pri delu z električnim tokom je napisal Jure Vraničar, S57XX.

Poglavja Filtri, Radijski valovi in prenos informacij, Radijski oddajniki in Radijski sprejemniki je napisal Andrej Souvent, S51BW.

Poglavja Polprevodniki, Elektronske cevi, Mikrofoni in zvočniki, Ojačevalniki, Napajalniki in Meritve in merilni inštrumenti je napisal Bajko Kulauzović, S57BBA.

Pri nekaterih podpoglavjih iz osnov elektrotehnike je sodeloval Srečo Vrčon, S53VS, za kar se mu najlepše zahvaljujemo. V dodatku so priloge k besedilu priročnika in tudi nekaj drugih koristnih podatkov za vsakdanjo radioamatersko prakso. Slike v tehničnem delu priročnika je narisal Jure Vraničar, S57XX. Grafične prikaze in obrazložitve frekvenčnih pasov v 1. regionu IARU so pripravili Branko Zemljak, S57C, Herman Kaplja, S57BUM in Robert Vilhar, S53WW.

Priročnik je rezultat teamskega dela, v katerega smo skušali vnesti čimveč lastne ustvarjalne besede ob pomoči virov, ki so navedeni na koncu priročnika. Upamo, da je besedilo napisano privlačno in razumljivo. Vemo pa tudi, da je o radioamaterski dejavnosti veliko težje pisati, kot pa se z njo ukvarjati. Avtorji poznamo oboje - kako nam je uspelo, ocenite sami!

Besedilo smo pred tiskom skrbno pregledali, spodili tiskarske (računalniške) skrate, vendar je verjetno kakšen še ostal - za vse morebitne napake se opravičujemo.

Zahvaljujemo se Jožetu Vehovcu, S51EJ, za vse nasvete in opravljeno tehnično recenzijo. Zahvala tudi lektorici Nini Grabenšek, ki je s skrbnim očesom postavila marsikatero besedo ali ločilo na pravo mesto, in Tatjani Šoštarič, ki je v računalnik spretno vnašala naša besedila, popravke, dopolnila... Prav tako iskrena hvala vsem drugim, ki so kakorkoli pomagali pri pripravi in zaključnih delih S5 priročnika.

Avtorji

Ljubljana, marec 1995

KAZALO:

PRIROČNIKU NA POT	3
BESEDA AVTORJEV	5

I. RADIOAMATERJI IN RADIJSKE KOMUNIKACIJE**1. RADIOAMATERSTVO - LJUBITELJSTVO, GIBANJE, ORGANIZACIJA**

1. ZGODOVINA, RAZVOJ IN POMEN RADIOAMATERSTVA	14
2. MEDNARODNA RADIOAMATERSKA ORGANIZACIJA - IARU	21
3. ZVEZA RADIOAMATERJEV SLOVENIJE - ZRS	23

2. RADIJSKE KOMUNIKACIJE

1. OSNOVNI POJMI O RADIJSKIH KOMUNIKACIJAH	25
2. MEDNARODNA RAZDELITEV RADIJSKIH FREKVENC	29

3. PREDPISI ZA AMATERSKE RADIJSKE KOMUNIKACIJE

1. MEDNARODNI PREDPISI	32
2. SLOVENSKI PREDPISI	33
3. PRIPOROČILI CEPT T/R 61-01 IN T/R 61-02	35

4. PRAVILA IN PRAKSA V AMATERSKIH RADIJSKIH KOMUNIKACIJAH

1. VZPOSTAVLJANJE AMATERSKIH RADIJSKIH ZVEZ	39
- Načini vzpostavljanja zvez	
- Klicni znaki	
- Q - kod	
- RST sistem (RST-kod)	
- Kratice	
2. AMATERSKE ZVEZE V TELEGRAFIJI	55
- Morse-kod	
- Vsebina zveze	
3. AMATERSKE ZVEZE V TELEFONIJI	64
- Vsebina zveze	
- Mednarodna in slovenska tablica črkovanja	
4. AMATERSKE DIGITALNE KOMUNIKACIJE	67
- RTTY	
- AMTOR	
- PACTOR	
- PACKET RADIO	
5. AMATERSKE SSTV IN FSTV (ATV) ZVEZE	78
- SSTV in FAX	
- FSTV (ATV)	
6. DNEVNIK DELA RADIJSKE POSTAJE	82
7. QSL KARTICA	83
8. ČASOVNE CONE IN KOORDINIRANI UNIVERZALNI ČAS	86
9. UNIVERZALNI LOKATOR	87
10. RADIOAMATERSKA TEKMOVANJA	89
11. RADIOAMATERSKE DIPLOME	91
12. RADIOAMATERSKA MORALA IN KODEKSI	93
13. AKTIVNOSTI RADIOAMATERJEV OB NESREČAH IN NEVARNOSTIH	94

II. ELEKTROTEHNIKA IN RADIOTEHNIKA

5. ELEKTROTEHNIKA

5.1 ELEKTRIČNI TOK, NAPETOST IN UPORNOST	98
1. OSNOVNA TEORIJA ATOMA	98
2. ELEKTRIČNO POLJE IN POTENCIAL	102
3. ELEKTRIČNI TOK	103
4. ELEKTRIČNA NAPETOST	104
5. PREVODNIKI IN NEPREVODNIKI	104
6. ELEKTRIČNA UPORNOST	105
7. MAGNETNO POLJE TRAJNEGA MAGNETA	107
8. ENOSMERNI TOK	109
9. VIRI ENOSMERNEGA TOKA	110
10. CELICE IN BATERIJE	110
11. ELEKTRIČNE SHEME	114
12. IZMENIČNI TOK	116
13. VIRI IZMENIČNEGA TOKA	118
14. OSNOVNI GENERATOR IZMENIČNEGA TOKA	118
15. SINUSNA OBLIKA SIGNALA	120
16. DRUGE OBLIKE SIGNALOV	124
17. NAPETOSTNI PARAMETRI IZMENIČNEGA SIGNALA	126
5.2 OHMOV ZAKON IN MOČ	128
1. OHMOV ZAKON	128
2. UPORABA OHMOVEGA ZAKONA	129
3. ZAPOREDNA IN VZPOREDNA VEZAVA UPOROV	131
- Zaporedna vezava uporov	
- Vzoredna vezava uporov	
4. ZAPOREDNO - VZPOREDNE VEZAVE UPOROV	134
5. PADEC NAPETOSTI IN NOTRANJA UPORNOST GENERATORJA	135
6. KIRCHHOFFOVI ZAKONI	138
7. ELEKTRIČNA MOČ	141
- Moč pri izmeničnih veličinah	
- Prenos moči	
- Izkoristek sistema	
8. ELEKTRIČNA ENERGIJA	145
9. DECIBEL	146
5.3 TULJAVE IN KONDENZATORJI	148
1. INDUKTIVNOST IN TULJAVE	148
- Zaporedna in vzoredna vezava tuljav	
- Induktivna reaktanca	
- Realna tuljava	
2. TRANSFORMATOR	156
- Vezave transformatorjev	
3. KAPACITIVNOST IN KONDENZATORJI	160
- Delovna napetost kondenzatorja	
- Vzoredna in zaporedna vezava kondenzatorjev	
- Kapacitivna reaktanca	

4. REAKTANCA, IMPEDANCA IN RESONANCA	165
- Reaktanca	
- Impedanca	
- Resonanca	
5.4 FILTRI	168
1. ZAPOREDNI NIHAJNI KROG	169
2. VZPOREDNI NIHAJNI KROG	171
3. VRSTE FILTROV	172
5.5 POLPREVODNIKI	176
1. POLPREVODNIK	176
2. POLPREVODNIK S PRIMESMI	177
- PN spoj	
3. DIODA	179
4. UPORABA DIODE V ELEKTRONSKIH VEZJIH	179
5. POSEBNE VRSTE DIOD	179
6. BIPOLARNI TRANZISTOR	183
7. UNIPOLARNI TRANZISTOR	186
8. OSTALI POLPREVODNIŠKI ELEMENTI	188
9. INTEGRIRANA VEZJA	188
10. ANALOGNA INTEGRIRANA VEZJA	190
11. OSNOVNA LOGIČNA VEZJA	191
5.6 ELEKTRONSKE CEVI	193
5.7 MIKROFONI IN ZVOČNIKI	194
1. MIKROFONI	194
- Ogleni mikrofoni	
- Kondenzatorski mikrofoni	
- Dinamični mikrofoni	
- Kristalni mikrofoni	
2. ZVOČNIKI	196
5.8 OJAČEVALNIKI	197
1. NIZKOFREKVENČNI OJAČEVALNIK	197
2. RAZREDI DELOVANJA OJAČEVALNIKOV	198
3. VISOKOFREKVENČNI OJAČEVALNIK	199
5.9 NAPAVALNIKI	200
1. USMERNIK	201
2. GLADILNIK	202
3. STABILIZATOR	202
4. ZAŠČITA	204
5. IZVEDBA NAPAVALNIKA	204
6. RADIOTEHNIKA	
6.1 RADIJSKI VALOVI IN PRENOS INFORMACIJ	206

1. SIGNALI	207
2. MODULACIJA	212
- Amplitudna modulacija (AM)	
- Frekvenčna modulacija (FM)	
- Fazna modulacija (PM)	
- Telegrafija (CW)	
 6.2 RADIJSKI ODDAJNIKI	 220
1. OSCILATORJI	220
2. RF SINTETIZATORJI	223
- PLL sintetizator	
- Direktni digitalni sintetizator (DDS)	
3. CW ODDAJNIKI	227
4. SSB ODDAJNIKI	230
5. FM ODDAJNIKI	232
 6.3 RADIJSKI SPREJEMNIKI	 234
1. ŠUM	234
- Termični šum	
- Šum okolice	
- Razmerje signal - šum	
- Šumni faktor, šumno število in ekvivalentna šumna temperatura	
2. OSNOVNI POJMI	239
- Občutljivost	
- Selektivnost	
- Dinamično območje	
- Preobremenitev	
- Intermodulacijsko popačenje	
3. DETEKTORJI	241
- Detekcija AM signalov	
- Detekcija CW signalov	
- Detekcija SSB signalov	
- Detekcija FM signalov	
4. SPREJEMNIK Z DIREKTNIM MEŠANJEM	247
5. SUPERHETERODINSKI SPREJEMNIK	248
 6.4 VALOVANJE	 253
1. ELEKTROMAGNETNI VALOVI	253
2. FREKVENČNA DELITEV	255
 6.5 RAZŠIRJANJE RADIJSKIH VALOV	 257
1. ELEKTROMAGNETNO VALOVANJE	257
- Polarizacija	
- Odboj, lom in uklon valovanja	
2. ZEMELJSKA ATMOSFERA	260
3. DELITEV RADIJSKIH VALOV GLEDE NA NAČIN ŠIRJENJA	262
4. AKTIVNOST SONCA - SOLARNI CIKLUS	264
- Vpliv aktivnosti sonca na posamezne sloje atmosfere	
- Motnje v ionosferi	

5. KRITIČNA FREKVENCA, NAJVIŠJA IN NAJNIŽJA UPORABNA FREKVENCA	266
6. FEDING	267
7. POGOJI RAZŠIRJANJA VALOV NA KV PODROČJIH	268
8. POGOJI RAZŠIRJANJA VALOV NA UKV IN VIŠJIH PODROČJIH	270
- Temperaturna inverzija	
- Sporadični E sloj - Es	
- Odboj od meteoritskih sledi - MS	
- Odboj od polarne svetlobe - AURORA	
- Transalpska propagacija - TAP	
- Transekvatorialna propagacija - TEP	
- Delo z odbojem od Lune - EME	
- Delo preko umetnih satelitov	
9. ZNAČILNOSTI NEKATERIH UKV PODROČIJ	275
10. VPLIV VIŠINE ANTENE NA DOSEG VALOV	275
 6.6 ANTENE	 277
1. ANTENA IN NJENA DOLŽINA	277
2. POLVALNI DIPOL	277
- Razporeditev toka in napetosti - impedanca antene	
- Sevalna upornost	
- Skrajševalni faktor	
3. OJAČENJE ANTENE IN USMERJENOST SEVANJA	280
- Karakteristike sevanja	
- Definicija ojačenja antene	
- Referenčne antene	
- Ojačenje antene, efektivna izsevana moč - ERP	
4. PRAKTIČNE OBLIKE ANTEN	284
- Polvalni dipol	
- Antena Obrnjeni V - Inverted Vee	
- Zaprt polvalni dipol	
- Dipol antene za delo na več obsegih - multiband dipoli	
- Yagi antena	
- Zanke (Loop) antene	
- Logaritmično - periodične dipol antene	
- Long wire antena (LW)	
- Vertikalne antene	
- Parabolična antena	
- Umetna antena	
5. PASOVNA PREPUSTNOST ANTEN	299
6. POSTAVLJANJE ANTEN	299
 6.7 NAPAJANJE ANTEN	 300
1. NAPAJALNI VODI	300
2. KARAKTERISTIČNA IMPEDANCA VODA	301
3. VPLIV DIELEKTRIKA PRI ANTENSKIH VODIH	303
4. VRSTE ANTENSKIH VODOV	304
- Simetrični antenski vod	
- Nesimetrični antenski vod - koaksialni vod	
5. IZGUBE V NAPAJALNIH VODIH	307
6. PORAZDELITEV TOKA IN NAPETOSTI VZDOLŽ VODA - STOJNO VALOVANJE	308
7. ELEMENTI ZA PRILAGODITEV IN TRANSFORMACIJO	310

- Prilagoditev voda na anteno	
- Transformatorji impedance	
- Transformatorji za simetriranje	
- Širokopasovni balun transformatorji	
- Prilagoditev oddajnika na antenski vod	
8. NAPAVALNI VOD KOT ELEMENT ZA UGLAŠEVANJE	317
6.8 MOTNJE	319
1. VZROKI ZA NASTANEK MOTENJ IN UKREPI ZA PREPREČEVANJE	319
- Antene	
- Priključek na električno omrežje	
- Parazitne oscilacije	
- Višje harmonske frekvence	
- Motnje zaradi preobremenitev sprejemnika	
- Motnje zaradi intermodulacijskih popačenj - IMD	
- Oklapanje in blokiranje	
2. VRSTE MOTENJ	323
- Radijske motnje - RFI	
- Televizijske motnje - TVI	
- Druge vrste motenj	
6.9 MERITVE IN MERILNI INŠTRUMENTI	325
1. MERITVE	325
- Merjenje napetosti	
- Merjenje toka	
- Napake pri meritvah	
- Merjenje upornosti	
- Merjenje moči	
- Merjenje stojnega valovanja	
- Merjenje oblike VF signala	
- Merjenje frekvence	
2. MERILNI INŠTRUMENTI	331
- Inštrument z vrtljivo tuljavico	
- Multimetri	
- Reflektometer	
- Frekvenčni merilniki	
- Grid-dip meter	
- Osciloskop	
6.10 NEVARNOSTI PRI DELU Z ELEKTRIČNIM TOKOM	342
1. UČINKI ELEKTRIČNEGA TOKA NA ČLOVEKOVO TELO	342
2. ROKOVANJE IN POPRAVILO NAPRAV	342
3. VAROVALKA	343
4. ZELO VISOKE NAPETOSTI	343
5. STRELOVOD IN OZEMLJITEV	344
III. PRILOGE	348

I. RADIOAMATERJI IN RADIJSKE KOMUNIKACIJE

1. RADIOAMATERSTVO - LJUBITELJSTVO, GIBANJE, ORGANIZACIJA

1. ZGODOVINA, RAZVOJ IN POMEN RADIOAMATERSTVA

Radio - amaterstvo - radioamaterstvo. Radio in amaterstvo sta vsak svoj pojem, združena pa pomenita radioamaterstvo.

RADIO dandanes vsi poznamo. Velika dobrina je postala sestavni del našega vsakdanjega življenja in le malokdaj pomislimo, da je to eno največjih odkritij človeškega uma v relativno kratkem času korenito spremenilo civilizacijo (leto 1995 je stoletnica radia). Na ta fenomen so posledično vezani odkritje televizije, prodor človeka v vesolje, preko razvoja komponent tudi računalništvo in danes skoraj ni človeške dejavnosti, ki bi ne bila tako ali drugače povezana z njim.

AMATERSTVO pomeni nepoklicno dejavnost - ljubiteljstvo (ukvarjanje s čim iz veselja). To pravzaprav ni povsem isto kot "hobby" (najljubše delo v prostem času, konjiček). Razliko je težko definirati, vsekakor pa jo poznajo tisti, ki se na en ali drug način ukvarjajo z določeno dejavnostjo nepoklicno, iz veselja in v prostem času.

Kaj je RADIOAMATERSTVO? Zelo poenostavljeno bi lahko rekli, da je to ljubiteljsko, nepoklicno ukvarjanje z radiom oziroma radiotehniko. Toda - radioamaterstvo je še mnogo več: aktivnost, gibanje, organizacija, izobraževanje, ljubezen, in lahko rečemo, celo način življenja ter tehničnega mišljenja skoraj treh milijonov ljudi obeh spolov, različnih starosti in poklicev v praktično vseh državah sveta. Zaradi razprostranjenosti, zgodovinskih in socialnih pogojev nastanka ter razvoja, je pojmovanje, kaj vse obsega radioamaterstvo, različno. Za nekatere je to nepoklicno ukvarjanje z radiotehniko, za druge je radioamaterstvo teorija in praksa vzpostavljanja amaterskih radijskih zvez. Oboji imajo po svoje prav, vendar pa glede na svetovni pomen radioamaterskega gibanja in njegovo organiziranost drži naslednje: radioamaterstvo v ožjem smislu pojmuje kot organizirano dejavnost, katere namen je izobraževanje, tehnično raziskovanje in vzpostavljanje amaterskih radijskih zvez med radioamaterji - ustrezno pooblaščenimi osebami, ki se s to dejavnostjo ukvarjajo ljubiteljsko, izključno iz osebnih pobud in brez pridobitniških namenov.

Nedvomno ima radioamaterstvo med različnimi ljubiteljskimi dejavnostmi posebno mesto. Na svetu pravzaprav ni ljubiteljske dejavnosti, ki ima svoj status verificiran z mednarodnim dogovorom, ki ga priznavajo praktično vse države sveta - Mednarodni pravilnik o radiokomunikacijah uvršča radioamatersko dejavnost med radiokomunikacijske službe ter določa njene pravice in dolžnosti (o tem podrobneje v poglavjih Radijske komunikacije in Predpisi za amaterske radijske komunikacije).

Poudariti je treba še eno, izredno pomembno karakteristiko radioamaterstva oziroma organizirane radioamaterske dejavnosti. Radioamaterji morajo po mednarodnih predpisih opraviti ustrezen izpit, kar pomeni, da imajo določeno tehnično (elektronika in radiotehnika) in operatersko znanje (pravila in predpisi za amaterske radijske komunikacije). Če upoštevamo sodobne naprave in opremo, ki jo radioamaterji uporabljajo vsak dan, podnevi in ponoči, njihovo željo po neprestanem eksperimentiranju, raziskovanju in proučevanju ter dejstvo, da radioamaterji uporabljajo praktično vse vrste radijskih komunikacij v širokem spektru frekvenc, dobimo pravo predstavo o znanju in sposobnosti množice ljudi, ki se s tem ukvarjajo. To svoje znanje in sposobnost so radioamaterji že nešteto dokazali, ko so med prvimi priskočili na pomoč pri zaščiti in reševanju človeških življenj ter materialnih dobrin ob elementarnih nesrečah in drugih nevarnostih. To je tudi dokaz, da radioamaterska skupnost ni zaprta, na osebnih interesih zasnovana in hobistična skupnost, temveč pravo svetovno gibanje ljudi z visoko moralo ter globoko privrženostjo principom humanizma, prijateljstva in pomoči med ljudmi vsega sveta ne glede na spol, starost, socialni položaj, raso, nacionalnost, vero in politično pripadnost.

Kdaj, kje in zakaj se je začelo radioamaterstvo?

V drugi polovici 19. stoletja se je v večini razvitejših držav izredno povečalo zanimanje širokega kroga ljudi za "čudežne" uporabne lastnosti elektrotehničnih dosežkov. Pojav najrazličnejših baterijskih členov, žarnic in naprav, zgrajenih na osnovi elektromagnetizma (induktorji, releji, električni zvonci, motorji idr.), je povzročil veliko zanimanje tisočev ljudi vseh starosti in poklicev, ki so začeli tudi sami iz radovednosti, želje po tehničnem znanju in ljubiteljsko graditi, preizkušati in uporabljati sadove nove tehnike.

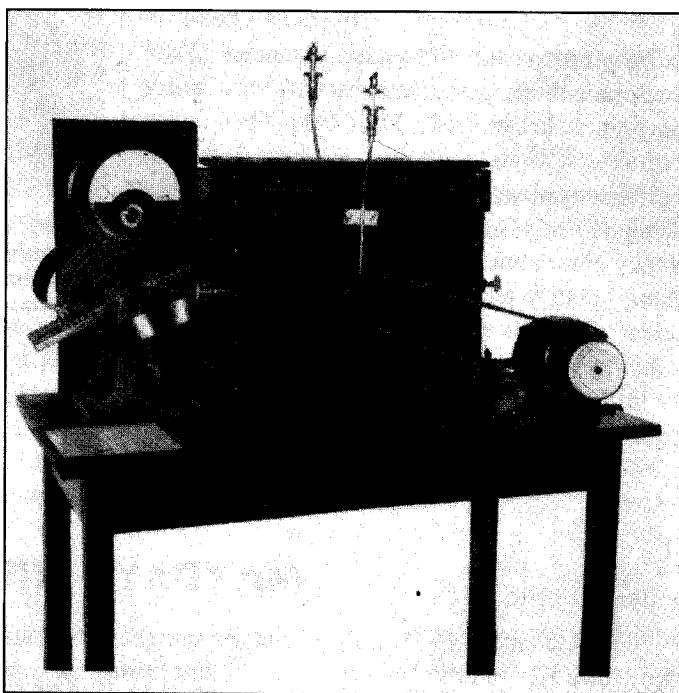
Odkritje uporabnosti električne energije je prineslo tudi elektrokomunikacije - žično signaliziranje (svetlobno, zvočno, telegrafsko in

telefonsko). Leta 1844 je bila v ZDA vzpostavljena prva telegrafska zveza, ki je omogočila žični prenos signalov na daljavo (Morzejev telegraf). Malo kasneje, leta 1876, je Američan g. Bell izumil telefon in s tem se je preko žičnih linij že prenašal človeški glas. Te komunikacije so sicer lahko premostile precejšnje razdalje, vendar še niso bile brezžične, kar je omogočilo šele odkritje radijskih valov - radio. V zgodovino radia je zapisano veliko znamenitih imen (Tesla, Marconi, Popov in drugi), ki so vsak zase in vsi skupaj soustvarjali to veliko iznajdbo, ki je konec prejšnjega stoletja začela povezovati svet in ljudi. Od prvih prenosov sporočil preko radijskih valov (leta 1895) naprej je radio doživel nesluten razvoj in začelo se je obdobje velikega napredka visokofrekvenčne tehnike in brezžičnih zvez. Leta 1899 je bila vzpostavljena prva radijska zveza Francija - Anglija in leta 1903 je bilo poslano prvo sporočilo preko radijskih valov iz Evrope v Severno Ameriko. Letnica 1904 in ime Fleming pomenita iznajdbo prve elektronke (dioda), iznajdba triode (L. de Forest, leta 1907) pa je omogočila konstruiranje prvega oscilatorja z elektronsko cevjo.

In prav na začetku tega stoletja so pognale prve korenine radioamaterstva. Telegraf, telefon in druge naprave, povezane z električno energijo in elektromagnetizmom, so sicer že prej vzbujale velik interes, pojav radia pa je povsem razvnel fantazijo množice ljudi. Radio je bil takrat skoraj neverjetna zadeva in o njem so pisali z navdušenjem in dvomom hkrati. V taki psihozi je nastal izraz "skrivnost radijskih valov", ki se je tedaj in še dolgo za tem uporabljal v ljudski govoric, za amaterje pa je bil to izziv, ki je dal dotedanjim električnim eksperimentom novo smer in nov polet. Rodilo se je gibanje iskalcev fizikalnih resnic in nepomirljivih nasprotnikov kakršnihkoli skrivnosti radijski valov - imenovali so se RADIOAMATERJI. Njihov izreden entuziazem se je bliskovito širil med ljudmi ter vzpodbujal strast po eksperimentiranju, raziskovanju, konstruktorstvu in novatorstvu. To nepoklicno ukvarjanje z radiotehniko so pričeli imenovati RADIOAMATERSTVO, ki je temeljilo, kot že ime pove, na ljubezni in vnemi za raziskovalno delo, brez težnje po gmotni stimulaciji svojih dosežkov.

V tem pionirskem obdobju (prvem desetletju tega stoletja, vse do iznajdbe elektronk) delo radioamaterjev ni bilo lahko. Tehnični material je bil izredno redek in težko dosegljiv. Ker tovrstne industrije še ni bilo, so iznajdljivi radioamaterji sami izdelovali ali priredili kritične elemente (iskrne induktorje, kondenzatorje, kristale, slušalke in druge

sestavne dele svojih naprav). Kljub vsem težavam pa so jim v tem času že uspeli brezžične zveze celo na razdaljah do 150 km.



Radijski oddajnik na iskrišče iz leta 1903

Iznajdba elektronke-triode je omogočila izdelavo prave oddajne in sprejemne opreme. Radioamaterji so bili prvi, ki so popolnoma opustili oddajnike na iskrišče in spet so želi nove uspehe.

Sožitje znanstvenikov in radioamaterjev je kmalu postalo neizbežno, saj je bil napredek nove tehnike tako neizprosno hiter, da fiziki, inženirji in tehniki niso mogli sproti, teoretično in praktično pojasnjevati pojavov, ki pa jih je bogata radioamaterska praksa že kar podrobno poznala. To še posebno velja za takrat "nekoristne" kratke valove, ki jih strokovnjaki niso obvladovali in katerih praktično uporabnost (še posebno za daljše, medkontinentalne radijske zveze) so dokazali prav radioamaterji. Univerzalnost njihovega ustvarjanja ni bila le v tehničnem izpopolnjevanju naprav in pripomočkov za radijske zveze, temveč tudi v raziskovanju "prostora", v katerem se razširjajo radijski valovi. Z neumornim in vsakodnevnim vzpostavljanjem radijskih zvez, podnevi in ponoči, v vseh letnih časih, na različnih frekvencah in oddaljenostih, so radioamaterji

hkrati raziskovali atmosferske, površinske, vremenske in druge pogoje za razširjanje radijskih valov. Istočasno pa so postali pravi virtuozni v rokovanju z radijskimi postajami in vzpostavljanju zvez.

Pionirska doba radijskih komunikacij ni poznala mednarodnih pravil. Vsakdo je imel enake pravice v "etru" in v tem obdobju je bilo mnogo večje število amaterskih radijskih postaj kot drugih (npr. obalnih, ladijskih). Razvoj in masovna uporaba radijskih valov za prenos, oddajo in/ali sprejem je zahtevala ureditev teh telekomunikacij na mednarodnem nivoju. In prav vse opisano (univerzalnost, znanje, sposobnost radioamaterjev in namen radioamaterstva) je seveda pogojevalo odločitev mednarodne skupnosti, da je z Mednarodnim pravilnikom o radio-komunikacijah opredelila tudi status radioamaterske dejavnosti: radio-komunikacijska služba (leta 1924 so bila radioamaterjem dodeljena v uporabo določena kratkovalovna področja in sicer 80, 40, 20, 10 in 5m).

Radio in radioamaterstvo sta torej vrstnika. V nadaljevanju pogledjmo razvoj organiziranega radioamaterstva v svetu, ki je le nekaj let mlajše.

V ZDA je bila leta 1914 ustanovljena prva radioamaterska organizacija ARRL - The American Radio Relay League, ki ima takšno ime še danes. Imela je okrog 4000 članov, ki takrat še niso imeli omejitev za svoje delovanje - spoštovati so morali le zakon iz leta 1912, ki jim je določal uporabo vseh valovnih dolžin izpod 200m, torej kratke valove, ki so jih druge službe smatrale za praktično neuporabne. V Evropi so bili subjektivni in tehnični pogoji izpolnjeni, vendar so bile politične razmere tako zaostrene, da bi organizirano radioamaterstvo zaradi svoje, takrat delikatne dejavnosti, težko našlo zagovornike in prijatelje. Sicer pa je leta 1914 prva svetovna vojna zavrla pohod in razvoj te popularne dejavnosti. Celo v ZDA so morali radioamaterji leta 1917 prekiniti z delom (nadaljevali so lahko šele leta 1919).

Leta 1920 je začela v ZDA delovati prva radiodifuzna postaja, isto leto v Veliki Britaniji in v naslednjih nekaj letih tudi drugod po Evropi (v Sloveniji je bila postavljena prva radiodifuzna postaja leta 1928). Leta 1923 so začeli tudi v Evropi ustanavljati radioamaterske organizacije. Najprej v Angliji, na Nizozemskem in Švici, naslednje leto na Norveškem, Avstriji, Poljski, Češkoslovaški in Nemčiji. V Franciji, Švedski in Sovjetski zvezi so se radioamaterji organizirali leta 1925, v Španiji leto kasneje, na Danskem in Portugalski pa leta 1927. Čeprav je bilo dovoljeno ustanavljanje radioamaterskih organizacij, to še ni povsod pomenilo tudi

legaliziranega dela na amaterskih (oddajnih) napravah. Tedanji predpisi glede dela z oddajniki (vzpostavljanje zvez v telegrafiji in telefoniji) so bili v posameznih državah različni. Marsikje so bila krila radioamaterjem prstrižena, zato se ne smemo čuditi ilegalnemu delu. Tako je bilo tudi v Kraljevini Jugoslaviji, kjer radioamaterska dejavnost (vzpostavljanje radijskih zvez) ni bila dovoljena. Sredi dvajsetih let je bilo sicer ustanovljeno nekaj radio-društev (v Zagrebu in Beogradu leta 1924, v Ljubljani leta 1925), vendar je bil njihov namen popularizacija radia na splošno in do formiranja radioamaterske organizacije ni nikoli prišlo. To pa ne pomeni, da pri nas ni bilo radioamaterjev - prve radioamaterske zveze (ilegalne-unlis) datirajo prav na začetku tridesetih let. Še zdaj sta aktivna veterana iz tega obdobja Ivan Mihev, S57FS in Ivo Bricel, N7AY, ki živi v ZDA. Znan in izreden radioamater je bil pokojni Oto Hudeček (ex YU3AB), ki je bil eden od ustanoviteljev Zveze radioamaterjev Slovenije (leta 1946) in njen dolgoletni sekretar.



Amaterska radijska postaja iz leta 1934
(Oto Hudeček, "unlis" YU7LX)

Kljub vsem težavam je bilo ustanovljeno že veliko nacionalnih radioamaterskih organizacij in leta 1925 so se v Parizu zbrali radioamaterji iz 26. držav (med njimi tudi iz tedanje Jugoslavije), ki so obravnavali

problematiko svojega delovanja in ustanovili Mednarodno radioamatersko zvezo - IARU (International Amateur Radio Union), ki obstaja še danes. Od tu naprej radioamaterska organizacija združeno nastopa na svetovni sceni (kaj to pomeni za radioamaterje, bomo v nadaljevanju še govorili).

V obdobju od začetka tridesetih let do druge svetovne vojne se je radioamaterstvo razvijalo skladno s sodobnim napredkom tehnike, še posebno elektronike. Radioamaterji so pričeli osvajati vse višje frekvence in spoznavati njihove značilnosti, posebnosti in uporabnosti. Ultra kratki valovi so bili prav tako neraziskani kot prej kratki valovi, seveda s to razliko, da so na kratkih valovih orali ledino sami, na UKV frekvencah pa je bilo sodelovanje z znanostjo nujno potrebno. Tudi industrija elementov za konstruiranje naprav je izredno napredovala, kar je dalo spet nov polet in veselje radioamaterjem - konstruktorjem. Našteti in opisati vse izume, inovacije in tehnične dosežke posameznih radioamaterjev ali skupin v teoriji in praksi, je praktično nemogoče. Omeniti pa je treba vsaj nekaj njihovih stvaritev iz tega obdobja:

“Single signal superheterodyne” (za tedanje čase najbolj dovršen sprejemnik za telegrafijo) je nastal v radioamaterski delavnici leta 1932. Tudi “noise limiter” (elektronski sklop za omejitev motenj v sprejemniku) je izum radioamaterjev iz leta 1936. Cela vrsta različnih in uporabnih povratnih vezav v sprejemnikih, mnoge vrste modulatorjev, oscilatorjev in tehničnih pripomočkov so rezultat eksperimentiranja ter znanja radioamaterjev; prav tako najrazličnejše antene, ki jih še danes uporabljajo radioamaterji (ime so dobile po klicnem znaku radioamaterja-iznajditelja) npr. W8JK, W3DZZ, G5RV, VS1AA idr. Leta 1938 so radioamaterji odkrili uporabnost izkoriščanja polarne svetlobe za vzpostavljanje radijskih zvez (AURORA). Letnica 1939 pomeni vzpostavitev prve zveze na 235 MHz (v ZDA); leta 1940 je bil premoščen tudi Atlantski ocean na 56 MHz.

Ponovna vojna vihra (druga svetovna vojna) tudi radioamaterjem ni prizanesla in z delom so nadaljevali po letu 1945. Obdobje naslednjih dvajsetih let pomeni resničen razcvet radioamaterske dejavnosti. Delo amaterskih radijskih postaj je bilo dovoljeno v skoraj vseh državah sveta. Razvoj elektronskih komponent in industrija le-teh sta omogočala tudi radioamaterjem konstruiranje sodobnih naprav in Zemlja je postala premajhna za uresničitev vseh ciljev, teženj, zamisli in možnosti, ki jih nudijo radio, elektronika ter sodobna tehnika na splošno. V letih 1950-1953 so radioamaterji odkrili možnost vzpostavljanja zvez z odbojem

preko meteoritskih sledi (MS) in preko lune (EME), kar so tudi uresničili - prva MS zveza je bila vzpostavljena leta 1955, prva EME zveza pa leta 1960. Tudi pri prodoru človeka v vesolje radioamaterji niso stali ob strani - leta 1961 je začel delovati prvi radioamaterski telekomunikacijski satelit OSCAR.

V začetku šestdesetih let je število radioamaterjev tako naraslo, da je tudi industrija začela masovno izdelovati radijske postaje, prirejene za radioamatersko dejavnost (sodobne, za različne radioamaterske frekvenčne pasove in različnimi vrstami dela). To je sicer zmanjšalo radioamatersko konstruktorsko dejavnost, omogočalo pa je resnično kakovostne komunikacije v vseh sodobnih vrstah prenosa. To pa ne pomeni, da radioamaterji ne gradijo več, saj izobraževanje, medsebojno komuniciranje in tehnične raziskave nudijo široke možnosti za nove ideje ter konstruiranje različnih naprav in tehničnih pripomočkov. Leta 1969 so radioamaterji uspešno izvedli prvi amaterski prenos televizijske slike preko Atlantika, osemdeseta leta pa so prinesla razvoj amaterskih digitalnih komunikacij in računalniki so postali vsakodnevni spremljevalci amaterskih radijskih postaj.

In danes? Radioamaterji so velika skoraj trimilijonska mednarodno priznana skupnost ljudi, ki jih združuje ta radio in amaterstvo ter vse, kar je s tem povezano.

Navdušenost, požrtvovalnost, strast po eksperimentiranju, raziskovanje in konstruktorstvo so še naprej pomembna karakteristika radioamaterstva, ki se nenehno obnavlja in dokazuje v različnih radioamaterskih aktivnostih, ki seveda niso samo tehnične narave, temveč so pravo ambasadorstvo dobre volje, prijateljstva in razumevanja med ljudmi vsega sveta.

2. MEDNARODNA RADIOAMATERSKA ORGANIZACIJA - IARU

Aprila 1925 so se v Parizu srečali radioamaterji iz 26. držav Evrope, Severne in Južne Amerike in Azije (med njimi tudi iz tedanje Jugoslavije). To je bilo prvo mednarodno srečanje ("Amateur Radio Congress"), na katerem so obravnavali problematiko delovanja radioamaterjev in ustanovili MEDNARODNO RADIOAMATERSKO ZVEZO - IARU (INTERNATIONAL AMATEUR RADIO UNION). Organizacija naj bi skrbela za koordinacijo in razvoj amaterskih radijskih zvez, v njo pa so se lahko včlanili tudi radioamaterji iz držav, kjer še niso bile ustanovljene

nacionalne organizacije. Leta 1928 so bila pravila spremenjena in IARU je postala mednarodna zveza nacionalnih radioamaterskih organizacij. Prve aktivnosti IARU so bile priprava in izmenjava informacij o delu na radioamaterskih frekvencah, izmenjava QSL kartic ipd., pri čemer je precej pomagala ameriška radioamaterska organizacija ARRL preko svojega glasila QST. Prvi organizirani nastop IARU je bil na ITU konferenci leta 1947 (World-Wide Telecommunication Conference, Atlantic City, ZDA), kjer je bil radioamaterjem dodeljen nov frekvenčni pas 21 MHz. Od takrat dalje je bila IARU vedno prisotna na vseh ITU konferencah in mednarodnih srečanjih, kjer so bile obravnavane radijske komunikacije, se pravi, tudi radioamaterska dejavnost, radioamaterski frekvenčni pasovi in mednarodni status radioamaterjev. To pa je tudi ena izmed najpomembnejših nalog IARU.

V IARU je danes včlanjeno preko 130 radioamaterskih organizacij iz velike večine držav. IARU ima sedež v ZDA, organizacijsko pa je razdeljena na tri regione IARU, ki pokrivajo ista področja, določena z razdelitvijo sveta na ITU regione (prikaz te razdelitve je v poglavju Mednarodna razdelitev frekvenc). Članstvo v IARU seveda ni obvezno, pač pa lahko postane članica vsaka nacionalna radioamaterska organizacija, ki izpolnjuje določene pogoje, vendar samo ena iz vsake države. Zveza radioamaterjev Slovenije je postala polnopravna članica IARU (1. region IARU) decembra 1992 in je leta 1993 že sodelovala na konferenci 1. regiona IARU (De Haan, Belgija).

IARU po regionih in tudi skupno deluje po določenih pravilih, njeno delovno področje pa je seveda vse, kar je povezano z radioamatersko dejavnostjo. Še posebno aktiven in po članstvu največji je 1. region IARU (februarja 1995: 75 članic), v okviru katerega delujejo stalne ali občasne delovne skupine npr. za HF, VHF, UHF in SHF, IARU MS (Monitoring sistem), CEPT WG (skupina za problematiko CEPT priporočil - mednarodne radioamaterske licence), STARS (skupina za razvoj radioamaterstva, kjer je manj razvito oziroma še ni radioamaterske organizacije), ARDF (amatersko radiogoniometriranje), IPHA (program za pomoč invalidnim osebam, ki se želijo vključiti v radioamatersko dejavnost), EMC (elektromagnetna kompatibilnost) idr.

Še posebno pomembne so resolucije in priporočila, ki jih sprejemajo regioni IARU (ali IARU) za različna področja radioamaterskih dejavnosti. Ko jih članice IARU - nacionalne organizacije potrdijo (običajno je tako), so te "radioamaterske predpise" dolžni spoštovati vsi radioamaterji - člani teh nacionalnih organizacij (npr. za organizacijo različnih tekmovanj,

izmenjavo QSL kartic, UL lokator, tehnični standardi za radioamaterske naprave, procedure za posamezne vrse dela, razdelitev in uporaba radioamaterskih frekvenčnih pasov idr.

3. ZVEZA RADIOAMATERJEV SLOVENIJE - ZRS

Zgodovina radioamaterstva v Sloveniji sega prav v sredino dvajsetih let tega stoletja. V Ljubljani je bilo leta 1925 ustanovljeno radio-društvo, vendar je bil njegov namen popularizacija radia na splošno. Radio je tudi pri nas razvnel fantazijo ljudi, še posebno tistih, ki so že prej poznali uporabnost naprav na osnovi elektromagnetizma. Ti so začeli eksperimentirati z radijskimi valovi, se osebno povezovati, izmenjavati izkušnje in vzpostavili so prve slovenske radioamaterske zveze. Iz vzrokov o katerih smo že govorili, do formiranja radioamaterske organizacije v Kraljevini Jugoslaviji ni nikoli prišlo, delo radioamaterjev (vzpostavljanje radijskih zvez) pa ni bilo dovoljeno. Kljub temu je od leta 1930 do druge svetovne vojne v naših krajih delovalo kar nekaj radioamaterjev - pionirjev radioamaterske dejavnosti v Sloveniji. Povsem normalno je bilo, da so po končani drugi svetovni vojni le-ti bili tudi pobudniki za ustanovitev slovenske radioamaterske organizacije.

Zveza radioamaterjev Slovenije - ZRS je bila ustanovljena leta 1946 in je do leta 1991 delovala kot sestavni del Zveze radioamaterjev Jugoslavije - SRJ. Decembra 1991 je ZRS izstopila iz članstva SRJ in se decembra 1992, s sprejetjem v Mednarodno radioamatersko organizacijo - IARU, uveljavila tudi na mednarodni sceni.

Zveza radioamaterjev Slovenije je danes (1995; ob skorajšnji 50-letnici delovanja) urejena in priznana organizacija, ki združuje preko 6300 radioamaterjev-operaterjev različnih starosti in poklicev, včlanjenih v 98. radioklubih po vsej Sloveniji. ZRS sestavljajo radioklubi, ki so združeni v ZRS zaradi uresničevanja skupnih interesov. Radioamaterji imajo status člana radioamaterske organizacije urejen s članstvom v enem od radioklubov ZRS.

Cilji in naloge radioamaterske organizacije so zapisane v statutu ZRS, med katerimi so najpomembnejše naslednje:

- razvoj radioamaterstva v Republiki Sloveniji v skladu s priporočili Mednarodne radioamaterske organizacije IARU in mednarodnim radioamaterskim kodeksom;
- popularizacija tehnične kulture, izobraževanje, usposabljanje in vzgoja

- članstva na področju elektronike in telekomunikacij, vzpodbujanje veselja do konstruktorstva, dela na amaterskih radijskih postajah in drugih radioamaterskih dejavnosti;
- skrb za množičnost in popularizacijo radioamaterstva, še posebej med mladino, ter za nenehen razvoj vseh radioamaterskih dejavnosti v organizacijskem in tehničnem smislu;
 - sodelovanje v humanitarnih in patriotskih akcijah in nalogah v primerih naravnih ali drugih nesreč;
 - vzpostavljanje prijateljskih odnosov z radioamaterji in radioamaterskimi organizacijami po svetu;
 - vzgoja članstva v radioamaterskem duhu, v duhu humanosti, miru, medsebojnega spoštovanja in sodelovanja;
 - sodelovanje z drugimi organizacijami pri dejavnostih, ki so pomembne za organizacijo, popularizacijo in razvoj radioamaterstva.

ZRS uresničuje svoje cilje in naloge z organizacijo takšnega dela in akcij, ki so v interesu njenega članstva ter prispevajo k organizacijskemu in tehničnemu napredku celotne organizacije.

Tako ZRS organizira izpite za amaterske operaterje, ureja izdajo diplom in potrebne postopke za pridobitev dovoljenj za delo amaterskih radijskih postaj, vodi evidenco amaterskih operaterjev, nudi pomoč pri ustanavljanju in delovanju radioklubov, vzdržuje tehnična sredstva skupnega pomena, spremlja zakonodajo, ki zadeva pravne, organizacijske in tehnične pogoje za delo radioamaterjev - skratka vse, kar je potrebno za delovanje slovenske radioamaterske organizacije.

ZRS izdaja glasilo CQ ZRS, s katerim je zagotovljeno informiranje s področja organizacije, operaterstva, konstruktorstva, amaterskega radiogoniometriranja in drugih radioamaterskih aktivnosti doma in po svetu. Prav tako je izredno pomembna organizacija QSL biroja ZRS (o tem bomo v nadaljevanju še govorili).

Delovanje radioamaterjev v Republiki Sloveniji je urejeno z zakonom in posebnim pravilnikom (več o tem v poglavju Predpisi za amaterske radijske komunikacije).

Slovenski radioamaterji se uspešno vključujejo v vse mednarodne radioamaterske aktivnosti, kjer imajo lepe in odmevne rezultate. Signali slovenskih amaterskih radijskih postaj vsakodnevno segajo na vse kontinente... in to ni samo promocija naše domovine, temveč stalna prisotnost Slovenije v svetu!

2. RADIJSKE KOMUNIKACIJE

1. OSNOVNI POJMI O RADIJSKIH KOMUNIKACIJAH

Telekomunikacije so postale sestavni del vsakdanjega življenja in o točnem pomenu te besede le malo kdaj razmišljamo. Zelo poljudno pravimo, da so komunikacije "zveze na daljavo" (beseda je sestavljanka iz grške predpone tele = daleč in latinske besede communicatio = obvestilo, zveza). Radioamaterji moramo poznati točno definicijo, ki je tudi mednarodno prepisana:

TELEKOMUNIKACIJE so vsak prenos, oddaja ali sprejem znakov, signalov, pisanih besedil, slik in zvokov ali kakršnihkoli drugih sporočil po žičnih, radijskih, optičnih ali drugih elektromagnetnih sistemih.

Nekatere komunikacije omogočajo izmenjavo zvoka, slike in drugih sporočil v obe smeri med udeleženci, ki so vključeni v komunikacijski sistem (npr. telefonski, telegrafski, radijski), pri drugih komunikacijah pa se prenos vrši samo v eni smeri za neomejeno število koristnikov (poslušalcev, gledalcev) - to se imenuje **DIFUZIJA** (npr. radiodifuzija).

Celotno področje komunikacij je seveda za ves svet izredno pomembno. Ena izmed mednarodnih organizacij, ki delujejo v okviru Združenih narodov (sedež ima v Ženevi, Švica), se ukvarja s tehničnim napredkom in razvojem komunikacij, mednarodnim sodelovanjem z namenom koordinacije, izboljšanja in nacionalne uporabe vseh vrst komunikacij - to je **MEDNARODNA ZVEZA ZA TELEKOMUNIKACIJE** - ITU (angl. **INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION**; franc. **UIT - UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS**). ITU je ena najstarejših mednarodnih organizacij, saj je bila ustanovljena že leta 1865.

ITU sprejema konvencije, pravilnike, resolucije in druge podobne mednarodne dokumente s področja komunikacij, ki jih države - članice ITU praviloma v celoti sprejmejo (ratificirajo) in vključijo v svojo zakonodajo (Republika Slovenija je postala članica ITU leta 1992).

Nas seveda najbolj zanimajo RADIJSKE KOMUNIKACIJE - to so telekomunikacije s pomočjo radijskih valov. RADIJSKI VALOVI so elektromagnetni valovi, ki imajo frekvence nižje od 3THz oziroma valovne dolžine večje od 0.1 mm. Praktično se uporabljajo radijski valovi v frekvenčnem spektru od 9 kHz do 300 GHz (o elektromagnetnem valovanju in o radijskih valovih je podrobneje napisano v poglavjih Valovanje in Razširjanje radijskih valov).

ITU PRAVILNIK O RADIOKOMUNIKACIJAH - ITU RADIO REGULATIONS (ITU RR) ureja kompletno področje radijskih komunikacij: vrste radiokomunikacijskih služb, razporeditev radijskih frekvenc, definicije moči in anten, vrste oddaj, pravila za vzpostavljanje radijskih zvez, klicne znake radijskih postaj, dokumenti za radijske postaje v mednarodnih telekomunikacijah in še veliko drugega.

Poglejmo nekaj osnovnih pojmov, ki jih definira ITU RR in ki jih morajo poznati tudi radioamaterji.

Najpomembnejša tehnična naprava v radijskih komunikacijah je vsekakor radijska postaja. Mednarodna definicija zanjo se glasi:

RADIJSKA POSTAJA je en ali več oddajnikov oziroma sprejemnikov ali kombinacija enega ali več oddajnikov oziroma sprejemnikov s pripadajočimi napravami na enem mestu, ki so potrebne za opravljanje radiokomunikacijske službe.

Iz navedenega lahko ugotovimo naslednje:

- radijsko postajo lahko sestavljajo samo oddajniki ali samo sprejemniki (en ali več oddajnikov oziroma sprejemnikov);
- sprejemnik (radiokomunikacijski; ne običajni, namenjen neposrednemu sprejemu radiodifuzije) je radijska postaja;
- pripadajoče naprave so sestavni del radijske postaje (to so ena ali več anten, merilni instrumenti in druga oprema, ki je potrebna za delo radijske postaje);
- oddajnik in sprejemnik (ločeno) lahko sestavljata eno radijsko postajo; radijska postaja pa je tudi kombinacija oddajnika in sprejemnika v enem ohišju: oddajnik/sprejemnik oziroma TRANSCEIVER - sestavljanica iz angleških besed TRANS(mitter re)CEIVER.

ITU RR definicija za radijsko postajo je malce drugačna od vsakdanjega, poljudnega pojmovanja, vendar je natančnejša, saj se za

različne radiokomunikacijske službe uporabljajo različne radijske postaje s pripadajočimi napravami.

Omenili smo radiokomunikacijsko službo - kakšna služba (po ITU RR: Radiocommunication Service) je pravzaprav to? RADIO-KOMUNIKACIJSKA SLUŽBA je služba, ki vključuje prenos, oddajo in/ali sprejem radijskih valov v posebne telekomunikacijske namene. Zakaj je poudarjeno "v posebne telekomunikacijske namene"? Zato, ker vsako oddajanje radijskih valov namreč ni radiokomunikacijska služba (npr. uporaba radijskih valov v medicini je namenjena zdravljenju, ne pa za telekomunikacije; tudi uporaba mikrovalovne pečice v gospodinjstvu niso telekomunikacije).

ITU RR točno definira radiokomunikacijske službe ter predpisuje njihove nazive in načine uporabe radijskih valov v telekomunikacijske namene. Vseh radiokomunikacijskih služb je preko 35 - naštejmo le nekaj najbolj znanih:

- radiodifuzna služba in radiodifuzna satelitska služba (Broadcasting and Broadcasting-Satellite Service),
- zrakoplovna mobilna služba in zrakoplovna mobilna satelitska služba (Aeronautical Mobile Service and Aeronautical Mobile-Satellite Service),
- pomorska mobilna služba in pomorska mobilna satelitska služba (Maritime Mobile Service and Maritime Mobile-Satellite Service),
- kopenska mobilna služba in kopenska mobilna satelitska služba (Land Mobile Service and Land Mobile-Satellite Service),
- ... in
- amaterska služba in amaterska satelitska služba (Amateur Service and Amateur-Satellite Service).

Da, prav ste prebrali - ITU RR verificira mednarodni status radioamaterske dejavnosti in jo uvršča med radiokomunikacijske službe! Poglejmo, kakšna je ITU RR definicija:

AMATERSKA SLUŽBA (AMATEUR SERVICE) je radiokomunikacijska služba, s katero se ukvarjajo amaterji - ustrezno pooblaščen osebe, ki se izključno iz osebnih pobud in brez pridobitniških namenov zanimajo za radiotehniko, in katere namen je samoizobraževanje, medsebojno komuniciranje in tehnične raziskave.

AMATERSKA SATELITSKA SLUŽBA (AMATEUR-SATELLITE SERVICE) je radiokomunikacijska služba, ki uporablja vesoljske postaje na zemljinih satelitih za iste namene kot amaterska služba.

ITU RR je pri definicijah radiokomunikacijskih služb zelo natančen in govori o amaterski in amaterski satelitski službi. Prav tako je pojem služba (angl. Service) po naše treba smiselno razumeti kot dejavnost (še posebno zato, ker pri radioamaterjih ne gre za službo oziroma delovno dolžnost). Zato bo v nadaljevanju uporabljeno skupno ime: RADIOAMATERSKA DEJAVNOST.

Mednarodna definicija radioamaterske dejavnosti, ki je sprejeta v vseh državah sveta, vsebuje nekaj pomembnih določil:

- Radioamaterska dejavnost ima mednarodni status radiokomunikacijske službe in amaterske radijske postaje smejo uporabljati le pooblašcene osebe, ki so opravile ustrezen izpit.
- Čeprav je v definiciji uporabljeno ime amater, je razumljivo, da gre za radioamaterja - osebo, ki se iz veselja in nepoklicno ukvarja z radiotehniko ter radijskimi zvezami, in ki mora svojo operatersko in tehnično usposobljenost dokazati na izpitu.
- Radioamaterji se z radioamatersko dejavnostjo ukvarjajo ljubiteljsko, izključno iz osebnih nagibov in brez materialnih koristi.
- CB postaje (Citizen Band) in druge podobne radijske postaje, ki se uporabljajo za osebne pogovorne zveze ali pa ob različnih prireditvah (npr. športnih) ne spadajo v radioamatersko dejavnost - delo takšnih postaj je regulirano s predpisi v posameznih državah in nima mednarodnega statusa radiokomunikacijske službe.

Poglejmo še, kakšna je ITU RR definicija za amatersko radijsko postajo:

AMATERSKA RADIJSKA POSTAJA je radijska postaja v radioamaterski dejavnosti, namenjena za medsebojno komuniciranje, samoizobraževanje in tehnično raziskovanje, ki ga opravljajo radioamaterji izključno iz osebnih nagibov, brez materialnih koristi in imajo za to opravljen predpisan izpit.

2. MEDNARODNA RAZDELITEV RADIJSKIH FREKVENC

Tako kot vse telekomunikacije so se tudi radijske komunikacije v različnih delih sveta različno razvijale. Uporaba radijskih valov v telekomunikacijske namene je bila povezana z razvojem tehnike, ekonomske moči in političnega sistema v posameznih državah. Zato so bile tudi razlike pri uporabi radijskih valov, predvsem pri uporabi različnih radijskih frekvenc za sicer istovrstne radiokomunikacijske službe (npr. v ZDA se niso nikoli uporabljali dolgi valovi za radiodifuzijo, pomorske radijske postaje v Evropi so uporabljale frekvence okrog 2000 kHz na drugačen način kot v Aziji itd).

Z velikim razvojem in masovno uporabo vseh vrst radijskih komunikacij širom sveta je bil nujen mednarodni dogovor za koordinacijo in racionalno uporabo radijskih frekvenc - to je urejeno z ITU pravilnikom o radiokomunikacijah (ITU RR).

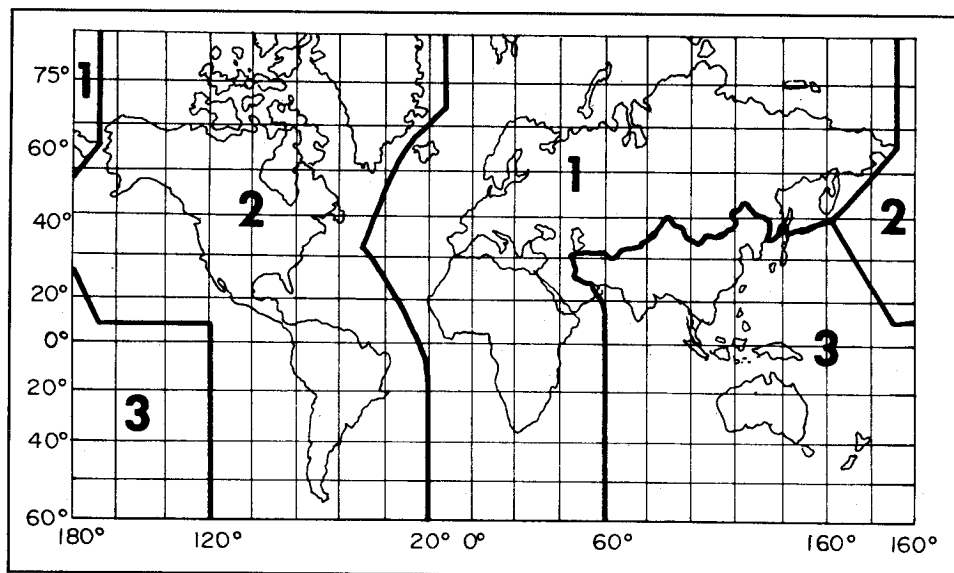
Svet je razdeljen na tri ITU REGIONE:

REGION 1 obsega Evropo, Afriko in del Azije - Bližnji vzhod, Arabski polotok in države do meje z Iranom, azijski del Rusije, novonastale države v azijskem delu bivše Sovjetske zveze in Mongolijo ter vse otoke, ki pripadajo Evropi in Afriki.

REGION 2 obsega Severno Ameriko z otokom Grenlandom, Karibskim otočjem, Havaji in drugimi otoki ter Južno Ameriko z otoki.

REGION 3 sestavlja ostali del sveta: vse države južno od meja azijskega dela Rusije, novonastalih držav in Mongolije, Iran in Srednji vzhod, jugovzhodna Azija, Avstralija, Nova Zelandija in otoki v Tihem oceanu.

Za predstavitev ITU regionov pogledjte naslednjo sliko:



ITU REGIONI

ITU RR razdelitev radijskih frekvenc natančno določa, kateri radiofrekvenčni pasovi so namenjeni posameznim radiokomunikacijskim službam v vseh ITU regionih.

Radiofrekvenčni pasovi so lahko namenjeni eni ali več različnim službam, ki so razdeljene v tri kategorije: primarne, dopuščene in sekundarne službe. Uporaba teh pasov, pravice in dolžnosti posameznih služb so podrobno določene z ITU RR. Povejmo le najvažnejše: radijske postaje, ki pripadajo službi, ki uporablja določen pas na sekundarni osnovi, v nobenem primeru ne smejo motiti delo postaj primarne službe. To si dobro zapomnimo, saj radioamaterji uporabljamo nekaj pasov na sekundarni osnovi.

Nas zlasti zanimajo radiofrekvenčni pasovi, ki so namenjeni radioamaterski dejavnosti. Za informativno predstavitev "radioamaterskih pasov" po ITU regionih poglejmo tabelo v nadaljevanju. Seveda pa je potrebno posebej poudariti, da za naše radioamaterje veljajo slovenski predpisi (poglavje v priročniku: Predpisi za amaterske radijske komunikacije) in tudi spoštovanje razporeditve frekvenčnih pasov v 1. Regionu IARU (prikaz in obrazložitev v prilogi priročnika).

Radiofrekvenčni pasovi za radioamatersko dejavnost - po ITU regionih:

REGION 1	REGION 2	REGION 3
1810-2000kHz*	1800-2000kHz	1800-2000kHz
3500-3800kHz	3500-4000kHz	3500-3900kHz
7000-7100kHz	7000-7300kHz	7000-7100kHz
10100-10150kHz	10100-10150kHz	10100-10150kHz
14000-14350kHz	14000-14350kHz	14000-14350kHz
18068-18168kHz	18068-18168kHz	18068-18168kHz
21000-21450kHz	21000-21450kHz	21000-21450kHz
24890-24990kHz	24890-24990kHz	24890-24990kHz
28000-29700kHz	28000-29700kHz	28000-29700kHz
50-52MHz*	50-54MHz	50-54MHz
144-146MHz	144-148MHz	144-148MHz
-	220-225MHz	-
430-440MHz*	430-440MHz	430-440MHz
-	902-928MHz	-
1240-1300MHz	1240-1300MHz	1240-1300MHz
2300-2450MHz	2300-2450MHz	2300-2450MHz
3300-3400MHz*	3300-3400MHz	3300-3400MHz
5650-5850MHz	5650-5925MHz	5650-5850MHz
10-10.5GHz	10-10.5GHz	10-10.5GHz
24-24.25GHz	24-24.25GHz	24-24.25GHz
47-47.2GHz	47-47.2GHz	47-47.2GHz
75.5-81GHz	75.5-81GHz	75.5-81GHz
142-149GHz	142-149GHz	142-149GHz
241-250GHz	241-250GHz	241-250GHz

Opomba: Navedeni radiofrekvenčni pasovi so le za okvirno informacijo razdelitve radijskih frekvenc za radioamatersko dejavnost po ITU regionih. V ITU Regionu 1 so pasovi, ki so označeni z zvezdico (*), v navedenem obsegu dovoljeni pod posebnimi pogoji!

3. PREDPISI ZA AMATERSKE RADIJSKE KOMUNIKACIJE

1. MEDNARODNI PREDPISI

Vemo že, da ITU pravilnik o radiokomunikacijah (ITU RR) mednarodno ureja kompletno področje radijskih komunikacij (vrste radijskih služb, razdelitev radijskih frekvenc, pravila za vzpostavljanje radijskih zvez, vrste oddaj, klicni znaki radijskih postaj idr.)

ITU RR je najpomembnejši dokument, saj med drugim verificira mednarodni status radioamaterske dejavnosti (Amateur Service and Amateur-Satellite Service). V tem pravilniku so za radioamaterje še posebno pomembne naslednje določbe:

- definicija radioamaterske dejavnosti;
- razdelitev radijskih frekvenc, s katero so odrejeni frekvenčni pasovi za radioamatersko dejavnost;
- pravila za dodeljevanje klicnih znakov za amaterske radijske postaje;
- posebna pravila za radioamatersko dejavnost.

Definicijo amaterske dejavnosti (Amateur Service and Amateur-Satellite Service) in frekvenčne pasove, ki jih smejo uporabljati radioamaterji, že poznamo, o klicnih znakih bomo govorili v nadaljevanju, zdaj pa pogledjmo posebna pravila za radioamatersko dejavnost po 32. členu ITU RR (povzetek v šestih točkah):

1. ITU RR predpisuje, da sme amatersko radijsko postajo uporabljati le oseba, ki opravi ustrezen izpit - preizkus operatorskega in tehničnega znanja, ki vključuje tudi obvezno znanje Morse-koda (oddajanje Morzejevih znakov z ročnim tipkalom in sprejemanje Morzejevih znakov na sluh). Preizkusa znanja Morse-koda so lahko oproščene osebe, ki bodo uporabljale frekvenčne pasove iznad 30MHz - o tem odločajo državni organi posameznih držav.

2. Preko amaterskih radijskih postaj se sme oddajati samo sporočila tehnične narave, ki se nanašajo na eksperimente in preizkuse ter osebna sporočila, ki so vsebinsko neposredno povezana z radioamatersko

dejavnostjo. Oddaje amaterskih radijskih postaj morajo biti odprtega tipa - v preprostem, vsakodnevem jeziku (uporaba šifer in kodov, razen mednarodno dogovorjenih kodov, ni dovoljena). Strogo so prepovedane amaterske radijske komunikacije za tretjo osebo (to pomeni, da se amaterske radijske postaje ne sme uporabljati v komercialne in druge uslužnostne oziroma neradioamaterske namene). Takšne amaterske radijske komunikacije so dovoljene samo v izrednih primerih in na osnovi medsebojnega dogovora posameznih držav (več o tem v poglavju Aktivnosti radioamaterjev ob nesrečah in nevarnostih).

3. Maksimalne moči amaterskih radijskih postaj določajo državni organi posameznih držav, ki morajo pri tem upoštevati tehnično usposobljenost operaterjev (operaterski razredi) in pogoje, v katerih bodo radijske postaje delovale.

4. Amaterske radijske postaje morajo pri oddajanju svoj klicni znak ponavljati v kratkih presledkih (pri časovno daljših zvezah to pomeni, da se mora klicni znak oddati vsaj vsakih deset minut).

5. Državni organ posamezne države lahko radioamaterjem v tej državi prepove vzpostavljanje radijskih zvez z radioamaterji druge države ali s tujimi radioamaterji na splošno (takšnih primerov je v preteklosti bilo nekaj, danes pa jih praktično ni).

6. Vsa splošna določila ITU konvencije in splošna določila ITU RR veljajo tudi za amaterske radijske postaje. Še posebno velja to za oddajne frekvence postaj, ki morajo biti toliko stabilne in s takšnimi nivoji stranskih produktov, kolikor to omogoča stanje tehničnega razvoja za takšne vrste radijskih postaj.

2. SLOVENSKI PREDPISI

Republika Slovenija je postala članica Mednarodne unije za telekomunikacije leta 1992 in je tudi z zakonom ratificirala ustavo ITU, konvencijo ITU in druge potrebne dokumente (Uradni list RS, štev. 67/94, 27. oktober 1994 - mednarodne pogodbe).

Do sprejema Ustavnega zakona za izvedbo temeljne ustavne listine o samostojnosti in neodvisnosti Republike Slovenije je tudi v Sloveniji

področje telekomunikacij urejal Zakon o sistemih zvez. Z ustavnim zakonom se do sprejema nove zakonodaje smiselno uporablja omenjeni Zakon o sistemih zvez oziroma določeni predpisi in splošni akti - to določa Pravilnik o uporabi predpisov s področja telekomunikacij (Uradni list RS števil. 66/94, 21. oktober 1994). Med temi predpisi je tudi pravilnik, ki ureja status radioamaterske dejavnosti v Republiki Sloveniji.

Tako je za slovenske radioamaterje najpomembnejši dokument PRAVILNIK O VRSTAH AMATERSKIH RADIJSKIH POSTAJ IN TEHNIČNIH POGOJIH ZA NJIHOVO UPORABO (Uradni list RS števil. 49/92, 10. oktober 1992).

Pravilnik je usklajen z mednarodnimi predpisi, o katerih smo malo prej govorili (ITU RR - Amateur Service and Amateur-Satellite Service). Po sprejemu nove slovenske zakonodaje (Zakon o telekomunikacijah je v zaključni pripravi - stanje marec 1995) bo treba tudi ta pravilnik ustrezno spremeniti oziroma uskladiti, zato besedila le-tega ni v priročniku. Radioamaterji, ki uporabljajo radijske postaje v Republiki Sloveniji, ga morajo dobro poznati. Za predstavitev pogledimo le glavna poglavja v sedaj veljavnem pravilniku:

I. Uvodne določbe

II. Vrste amaterskih postaj

III. Tehnični pogoji za uporabo amaterskih postaj

1. Frekvenčni pasovi, vrste oddaj in moči
2. Stabilnost oddajnih frekvenc, nivoji moči za stranske oddaje in širina območij za oddaje amaterskih postaj
3. Lokacija in čas delovanja amaterskih postaj
4. Identifikacija oddaj amaterskih postaj
5. Dnevnik amaterske postaje
6. Tehnični ukrepi za odpravo motenj

IV. Dovoljenje za uporabo amaterske radijske postaje

V. Končne določbe

V prilogi pravilnika sta predpisani tablici črkovanja (slovenska in mednarodna) ter oblikovni in vsebinski izgled dovoljenja za uporabo amaterske radijske postaje.

3. PRIPOROČILI CEPT T/R 61-01 IN T/R 61-02

Običajno dovoljenje za uporabo amaterske radijske postaje je veljavno v državi, v kateri je bilo izdano. Marsikateremu radioamaterju pa je radijska postaja vsakodnevna spremljevalka in jo želi uporabljati tudi v času obiska, počitnic ali poslovnih potovanj v drugih državah. To je seveda mogoče, vendar ga čaka kar precej zamudnega dela: pozanimati se mora, kakšen je postopek in katere dokumente sploh potrebuje, dobiti mora ustrezne obrazce, jih izpolniti in poslati, še prej plačati ustrezno takso ter čakati dovoljenje. Izdaja dovoljenja je možna le, če je med državama (iz katere je radioamater in od koder želi začasno oddajati) podpisan dogovor v reprociteti in lahko se zgodi, da ga sploh ne bo dobil... in njegovega veselja in sanj o prijetnih uricah ob radijski postaji je tako konec.

Evropska konferenca poštnih in telekomunikacijskih uprav - CEPT (La Conférence européenne des Administrations des postes et des télécommunications) je z namenom, da prosilcem in upravnim organom zmanjša omenjeno administrativno obremenitev, sprejela dve priporočili: CEPT T/R 61-01 (1985, rev. 1992) in CEPT T/R 61-02 (1990). Sprejetje teh priporočil je poenostavilo postopke licenciranim radioamaterjem v mnogih (večini) državah - članicah CEPT, med katerimi so tudi že srednjeevropske države npr. Češka, Slovaška, Madžarska, Hrvatska in Romunija. Razširitev priporočila T/R 61-01 na države, ki niso članice CEPT (1992), je povzročila živahno dejavnost po celem svetu. Tako je Nova Zelandija kot prva neevropska država še istega leta uveljavila to priporočilo. Tudi v drugih državah po svetu potekajo intenzivni procesi prilagajanja nacionalnih predpisov, da bodo lahko uveljavile CEPT priporočili.

Poglejmo, za kaj pravzaprav gre:

CEPT PRIPOROČILO T/R 61-01 omogoča začasno uporabo prenosne in/ali mobilne amaterske radijske postaje v katerikoli državi, ki je to priporočilo uveljavila. Namen priporočila je, da poenostavi uporabo radijskih postaj radioamaterjem v času bivanja v državah, ki so priporočilo uveljavile in sicer za maksimalno dobo treh mesecev. CEPT priporočilo T/R 61-01 pozna dva razreda radioamaterskih licenc (dovoljenje za uporabo amaterske radijske postaje):

Razred 1 dovoljuje uporabo vseh amaterskih frekvenčnih pasov, dovoljenih v državi, v kateri naj bi radijska postaja delovala. Razred 1 se prizna radioamaterjem z licencami, za katere je opravljen preizkus znanja Morse-koda.

Razred 2 dovoljuje uporabo amaterskih frekvenčnih pasov nad 30MHz, dovoljenih v državi, v kateri naj bi radijska postaja delovala. Prizna se radioamaterjem z licencami, za katere ni potreben preizkus znanja Morse-koda.

Pooblašcene državne institucije morajo obvestiti CEPT, katere od radioamaterskih licenc (izdanih v državi) smatrajo za primerne za uvrstitev v razred 1 oziroma razred 2. Uporaba amaterske radijske postaje je vezana na spoštovanje predpisov v tej državi (omejitev moči, dovoljeni frekvenčni pasovi idr.)

CEPT RADIOAMATERSKA LICENCA je vse, kar potrebuje radioamater za uporabo amaterske radijske postaje v državi, ki je uveljavila CEPT priporočilo T/R 61-01. Ta dokument izda pooblašcana institucija v njegovi državi. Napisan je v jeziku matične države, angleščini, francoščini in nemščini ter vsebuje podatke, usklajene s priporočilom CEPT (podatki o imetniku, njegov klicni znak in operatorski razred, CEPT razred, rok veljavnosti, osnovne pravice za delo in način identifikacije). Identifikacija radijske postaje, ki dela pod pogoji CEPT licence, mora biti sestavljena na določen način: prefiks obiskane države, poševna ulomkova črta (/), klicni znak radioamaterja poševna ulomkova črta (/) in "M" za mobilne ali "P" za prenosne postaje. (npr. DL/SM3ABC/M, OE/G3AAE/P). Sufiks /M (za mobilne postaje) ali /P (za prenosne postaje) je obvezni sestavni del identifikacije in se mora vedno uporabljati. Priporočilo T/R 61-01 namreč natanko navaja, da se postaja, ki dela iz "fiksne" lokacije (npr. v hotelu) in je napajana iz električnega omrežja, smatra za "portable" postajo, saj radioamater začasno prebiva v obiskani državi.

CEPT PRIPOROČILO T/R 61-02 je bilo sprejeto kot rezultat dobrih izkušenj, pridobljenih z izdajo priporočila T/R 61-01, ugotovljenih težav s klasifikacijo različnih razredov nacionalnih licenc, kar zadeva minimalne standarde za opravljanje izpitov in želje po uskladitvi predpisov v Evropi, ki postaja vse bolj in bolj integrirana.

Priporočilo T/R 61-02 obravnava usklajene izpite za radioamaterje. Pogosto ga označujejo tudi s kratico **HAREC** (Harmonized Amateur Radio Examination Certificate). Uporaba priporočila je namenjena radioamaterjem, ki želijo ostati v tuji državi daljše obdobje (več kot tri mesece) ali tistim, ki so dobili pravico bivanja v tej državi, ker so se, na primer, tam zaposlili. Pogoj je seveda, da je ta država uveljavila priporočilo in o tem po predpisani proceduri obvestila CEPT.

V osnovi gre za naslednje: CEPT je predpisal seznam kriterijev kot primerjalni standard za opravljanje različnih nacionalnih izpitov za radioamaterje v CEPT državah. Ti kriteriji določajo minimalne zahteve za izpite A ali B razreda in tudi minimalne zahteve za preizkus znanja Morse-koda. Kriteriji za opravljanje izpitov B razreda se razlikujejo v tem, da ni potreben preizkus znanja Morse-koda, sicer so enaki kriterijem za A razred.

Ko CEPT uradno potrdi, da določen izpit v neki državi zadošča minimalnim zahtevam, predpisanim s seznamom omenjenih kriterijev, lahko pooblaščen organ te države izda HAREC radioamaterju, ki je ta izpit opravil (na njegovo zahtevo). HAREC je torej uradno dokazilo, da je radioamater uspešno opravil izpit, ki ga CEPT priznava kot zadostnega za licenco A ali B razreda. Po predložitvi HAREC in plačilu predpisane pristojbine, organ, pooblaščen za izdajanje radioamaterskih licenc v CEPT državi, ki je uveljavila priporočilo T/R 61-02, izda licenco ustreznega razreda tujemu radioamaterju, ki v času daljšega bivanja v tej državi lahko uporablja amatersko radijsko postajo in mu v ta namen ni treba opraviti nobenih dodatnih izpitov.

CEPT priporočili T/R 61-01 in T/R 61-02 sta za evropske radioamaterje zelo pomembna dokumenta, saj že danes predstavljata usklajene minimalne standarde za izdajo licenc in opravljanje operaterskih izpitov, ki jih države - podpisnice tudi formalno priznavajo. Pomenita pa tudi velik korak k vzpostavitvi sistema enotnih kriterijev za izdajo licenc, ki bo v bodočnosti pripeljal do neke skupne evropske radioamaterske licence.

Kako pa je z uveljavitvijo CEPT priporočil TR 61-01 in T/R 61-02 v Republiki Sloveniji (stanje marca 1995)?

Slovenija je postala polnopravna članica CEPT-a leta 1993. Zveza radioamaterjev Slovenije je že takrat (ne prvič!) dala pooblaščenim

državnim organom pisno pobudo in predlog za uveljavitev teh priporočil v Republiki Sloveniji. Glede na pričakovano skorajšnje sprejetje nove slovenske zakonodaje s področja telekomunikacij in še nekatere druge, bo uveljavitev priporočila T/R 61-01 v kratkem možna.

Za zagotovitev osnovnih pogojev v postopku za uveljavitev priporočila T/R 61-02 v naši državi je ta priročnik pravzaprav prvi pomemben korak, saj njegova vsebina (obravnavane teme v priročniku) v celoti odgovarja predpisanim kriterijem za opravljanje izpitov HAREC A in B razreda.

Za uveljavitev T/R 61-02 v Republiki Sloveniji bo treba urediti še ostale zadeve, ki so predpisane s priporočilom. Pri tem bo ZRS tvorno sodelovala in vsekakor ni daleč čas, ko bo dokazilo HAREC, izdano v Sloveniji, omogočalo enostavno pridobitev dovoljenja za uporabo amaterske radijske postaje izven S5.

Za zaključek strnimo vse napisano o predpisih za amaterske komunikacije v naslednje:

Za radioamatersko dejavnost (Amateur Service and Amateur Satellite Service) veljajo mednarodni predpisi (ITU RR), na osnovi katerih so v posameznih državah izdani nacionalni predpisi, ki so obvezni za radioamaterje v teh državah. Za začasno delo v tuji državi mora radioamater pridobiti dovoljenje, s katerim lahko uporablja radijsko postajo v tej državi. V državah, ki so uveljavile CEPT priporočili T/R 61-01 in T/R 61-02, je možno uporabljati amatersko radijsko postajo na osnovi določil teh priporočil.

Mednarodna radioamaterska zveza (IARU) oziroma regioni IARU sprejemajo priporočila in resolucije za različna področja radioamaterske dejavnosti, ki so polnoveljavne, ko jih tudi nacionalne radioamaterske organizacije - članice IARU potrdijo oziroma vključijo v svoje normativne akte (v veliki večini primerov je tako). Te "radioamaterske predpise" so dolžni spoštovati vsi radioamaterji - člani teh nacionalnih organizacij.

Povejmo še to, da morajo radioamaterji - člani ZRS spoštovati tudi določila statuta ZRS in pravil radiokluba ter uporabljati radijske postaje v skladu z radioamatersko moralo in kodeksi.

4. PRAVILA IN PRAKSA V AMATERSKIH RADIJSKIH KOMUNIKACIJAH

V prejšnjih poglavjih smo govorili o radioamaterjih, njihovi organiziranosti in pomenu radioamaterske dejavnosti, spoznali nekaj osnovnih pojmov o radijskih komunikacijah, frekvenčne pasove, ki so namenjeni radioamaterjem, ter predpise in priporočila, ki veljajo za amaterske radijske komunikacije.

V nadaljevanju pogledjmo, na kakšne načine radioamaterji vzpostavljajo radijske zveze in kakšna so pravila ter praksa v teh zvezah.

1. VZPOSTAVLJANJE AMATERSKIH RADIJSKIH ZVEZ

NAČINI VZPOSTAVLJANJA ZVEZ

Vsak promet ima svoja pravila in signale: avtomobil ne sme v križišče, ko je na semaforju rdeča luč, ladja z zvočnim signalom najavlja prihod v luko, v železniškem prometu veljajo določena pravila, v letalskem tudi... Prav tako imajo radijske komunikacije svoj "besednjak" znakov, signalov in kratic - določena pravila, ki se obvezno uporabljajo v vseh vrstah radijskih komunikacijah.

Za vzpostavljanje radijskih zvez v TELEGRAFIJI se uporablja Morse-kod (mednarodno dogovorjeni način kodificiranja črk, števil in ločil v obliki kratkih in dolgih elementov - pik in črt, s premorom med njimi). Morse-kod bolj poljudno imenujemo Morzejevi znaki ali Morzejeva abeceda. Pri teh radijskih zvezah gre za prenos besedila, ki se oddaja in sprejema po principu "znak za znakom". Ta način komuniciranja je precej počasen, zato se z namenom skrajševanja prenosa zelo pogosto uporabljajo kratice (okrajšave) in kodi (dogovorjena zamenjava). V teh zvezah so predpisani posebni signali za označevanje začetka in konca zveze ter druge postopke v zvezi. Ti signali so pomembni za radijski postaji, ki imata zvezo (seveda tudi za vse druge, ki poslušajo to zvezo), saj povedo, kakšno je stanje "na frekvenci" in kaj namerava postaja, ki oddaja.

Zveze v telegrafiji se vzpostavljajo na enostaven način: besedilo se oddaja v Morse-kodu s pomočjo tipkala (tasterja), sprejema pa na sluh preko slušalk ali zvočnika. Za oddajanje se uporabljajo ročna tipkala, polavtomatska in elektronska tipkala (elektronski sklopi, ki formirajo Morzejeve znake); v novejšem času je še posebno v tekmovanjih popularna uporaba računalnikov (generiranje Morzejevih znakov operater upravlja preko tastature). Na tržišču so tudi naprave, ki v povezavi z radijsko postajo in računalnikom omogočajo sprejem - prikaz znakov na ekranu.

Hitrosti oddajanja in sprejemanja telegrafije so različne: od 40 znakov v minuti za začetnike, do preko 200 znakov za vrhunske operaterje. Za telegrafijo (Morse-kod) imamo tudi krajšo oznako CW.

Radijske zveze v TELEFONIJi se vzpostavljajo z govorom, v jeziku, ki ga poznata oba sogovornika (operaterja na radijski postaji). Te zveze so zelo podobne običajnemu pogovoru, zato je za posamezne besede nesmiselno uporabljati kratice. To še posebno velja za radioamaterske zveze, v katerih se uporablja le odprto besedilo (poleg mednarodno dovoljenih signalov, kratic in kodov). V primerih motenj, in tudi sicer, se za zagotavljanje točnosti oddaje oziroma sprejema uporablja črkovanje: posamezno črko se ponazori z besedo (npr. A z besedo Alpha, B z Bravo itd.). Za mednarodne komunikacije je predpisana mednarodna tablica črkovanja, za medsebojne zveze pa naši radioamaterji uporabljajo tudi slovensko tablico črkovanja.

Zveze v telefoniji se vzpostavljajo še enostavneje: oddaja se z govorom v mikrofoni, sprejema pa preko slušalk ali zvočnika. Ta način dela radioamaterji označujejo krajše PHONE.

TELEGRAFIJA (Morse-kod) in TELEFONIJA sta najstarejša, klasična načina vzpostavljanja amaterskih radijskih zvez. Radioamaterji seveda uporabljajo še druge načine, kot so SSTV - Slow Scan Television (prenos mirujočih slik; sem spada tudi prenos pisanih sporočil ali FAX - Faksimile), FSTV - Fast Scan Television (prenos gibljivih slik; za to se uporablja tudi oznaka ATV - Amateur Television / amaterska televizija) in nekatere DIGITALNE KOMUNIKACIJE (Baudot / RTTY, AMTOR, PACTOR, PACKET RADIO idr.) - za te se uporablja skupna radioamaterska oznaka DIGIMODE.

Pri teh načinih vzpostavljanja zvez se poleg radijskih postaj uporabljajo različne audio in video naprave (kasetofoni, kamere in monitorji) ter

seveda računalniki, ki so postali že kar pogost sestavni del radioamaterske opreme. Tudi za te amaterske radijske zveze veljajo določena pravila.

Amaterska radijska postaja torej ni igrača, s katero lahko počnemo karkoli in kakorkoli, temveč je radijska postaja v mednarodnem radijskem prometu, zato je po mednarodnih predpisih za uporabo le-te potrebno določeno znanje oziroma izpit za amaterskega operaterja.

KLICNI ZNAKI

To, kar je za človeka ime, za podjetje naziv, za knjigo naslov..., je za radijsko postajo identifikacija. Tako kot se oseba pred pogovorom predstavi, se tudi radijska postaja v začetku oddaje "predstavi" - odda identifikacijo. Po ITU pravilniku o radiokomunikacijah (ITU RR) se mora radijska postaja pri oddaji identificirati. Dovoljene izjeme so le za določene radijske sisteme, pri katerih ni obvezno oziroma je tehnično nemogoče, da se pri oddaji tudi identificirajo (npr. radarji, relejni sistemi, radijske postaje v vesolju).

Za radijske postaje sta predpisana dva načina identifikacije: s klicnim znakom ali z nekim drugim priznanim znakom.

KLICNI ZNAK je oznaka, sestavljena iz črk ali črk in števil, s katero se radijska postaja identificira. Drugi priznani znaki za identifikacijo pa so lahko na primer Radio Slovenija, Radio Maribor ali kakšen drug lahko prepoznavni znak oziroma signal (npr. številka vozila, določena melodija); kar je regulirano s predpisi.

Vse radijske postaje, ki se uporabljajo v mednarodnem prometu, torej tudi radioamaterske, morajo imeti klicni znak, sestavljen na način, ki je predpisan z ITU pravilnikom o radiokomunikacijah (ITU RR). Klicni znak je sestavljen iz kombinacije črk in števil (uporablja se 26 črk latinske abecede in arabske številke 0 do 9). Po kombinaciji črk in števil v klicnem znaku lahko tudi ugotovimo, kateri državi in kakšni radijski službi pripada radijska postaja. Poglejmo, kako to izgleda.

Mednarodne serije za formiranje klicnih znakov so sestavljene iz treh črk ali iz številke in dveh črk ali iz črke, številke in črke. To nam nazorno kažejo primeri:

Serijska FAA-FZZ: Francija
Serijska 4XA-4XZ: Izrael
Serijska S5A-S5Z: Slovenija

ITU serije za klicne znake radijskih postaj za posamezne države najdemo v dodatku priročnika. Če jih podrobno pregledamo, opazimo, da je večini držav dodeljena ena serija, nekaterim državam pa več. Tako ima npr. Velika Britanija dodeljene serije GAA-GZZ, MAA-MZZ, VPA-VSZ, ZBA-ZJZ, ZNA-ZOZ, ZQA-ZQZ in 2AA-2ZZ; Združene države Amerike AAA-ALZ, KAA-KZZ, NAA-NZZ in WAA-WZZ itd. Republiki Sloveniji je bila septembra 1992 dodeljena serija S5A-S5Z. Na osnovi te serije so bili izdani novi klicni znaki za slovenske radijske postaje. Slovenski radioamaterji so začeli uporabljati klicne znake z oznako države S5 24. oktobra 1992.

V državah, ki imajo dodeljeno samo eno serijo, imajo vse radijske službe enako državno oznako, države, ki jih imajo več, pa same določijo, katere serije se uporabljajo za posamezne radijske službe.

Iz osnovne serije, ki označuje državo, se na predpisan način s kombinacijo črk in števil sestavi klicni znak radijske postaje. Za vsako vrsto radijskih postaj je obvezna določena kombinacija karakterjev (karakter v klicnem znaku pomeni črko ali številko). Tako imajo radijske postaje na letalih kombinacijo petih karakterjev, od katerih prva dva označujeta državo, naslednji trije pa so črke (npr. S5AAP je klicni znak za postajo na slovenskem letalu). Klicni znaki radijskih postaj na ladjah so sestavljeni iz kombinacij štirih, petih, šestih ali sedmih karakterjev (npr. radijska postaja na slovenski ladji ima lahko klicni znak S5KA2).

Nas seveda najbolj zanima, kakšne so predpisane kombinacije za radioamatersko dejavnost. Za amaterske radijske postaje se klicni znaki formirajo s kombinacijo treh, štirih, petih ali šestih karakterjev. Karakterji imajo v klicnem znaku določen vrstni red in pomen:

- Prvi del klicnega znaka, ki označuje državo, ima en ali dva karakterja: dve črki, črko in številko, številko in črko ali samo eno črko. Kombinacija črk in številk je odvisna od serije, ki je dodeljena državi.
- Drugi del klicnega znaka je en karakter: številka (0 do 9). Ta številka nima vnaprej predpisanega pomena, lahko pa označuje

določeno geografsko področje ali upravno enoto v državi; v povezavi s tretjim delom klicnega znaka ima lahko določen pomen npr. operatorski razred uporabnika postaje.

- Tretji del klicnega znaka ima en, dva ali tri karakterje: eno, dve ali tri črke (A do Z, AA do ZZ, AAA do ZZZ). Ta del klicnega znaka je (poleg številke v drugem delu, če ima določen pomen) glavna razlika med postajami v isti državi.

To so osnovna določila za formiranje klicnih znakov amaterskih radijskih postaj, veljajo pa še nekatere posebnosti.

Če je v prvem delu klicnega znaka samo en karakter, so to lahko samo črke B, F, G, I, K, M, N, R ali W. Takšni klicni znaki se lahko izdajajo samo v državah, ki jim je dodeljena polna serija za klicne znake (xAA-xZZ: x pomeni eno izmed navedenih črk):

Veliki Britaniji je dodeljena tudi serija GAA-GZZ, zato imajo lahko radioamaterske postaje iz Anglije klicne znake npr. G2BB, G3SXW, G8VG.

Združene države Amerike imajo serije NAA-NZZ, KAA-KZZ in WAA-WZZ, zato je lahko za oznako države uporabljena samo ena črka npr. N2AA, K1AR, W3LPL.

Podobno je za Italijo (serija IAA-IZZ: I1RC, I4LCK), Rusijo (serija RAA-RZZ: R1A) in Francijo (serija FAA-FZZ: F2MA).

Če pa je dodeljena serija z isto začetno črko različnim državam, takšen način uporabe za klicne znake ni dovoljen, ker bi sicer ne bilo razvidno, kateri državi pripada radijska postaja. Egipt ima serijo SUA-SUZ, Grčija pa SVA-SZZ, zato se za označevanje države ne more uporabljati samo črke S, temveč ima Egipt SU, Grčija pa SV.

Za amaterske radijske postaje se ne sme izdajati klicnih znakov z začetno kombinacijo v zaporedju ene številke in črke O ali I. Za klicne znake radijskih postaj se ne smejo uporabljati kombinacije QAA-QZZ in tudi ne kombinacije črk, ki bi zaradi podobnosti s signali za nesrečo, nevarnost ali nujnost, lahko povzročile zmedo.

Ob pomembnejših dogodkih in večjih radioamaterskih prireditvah v posameznih državah ali na nivoju IARU se občasno uporabljajo tudi posebni klicni znaki, kot so na primer PA6IARU, DL0WARC, W200AA,

SM7ARDF, za kar pa je potrebno soglasje ITU!

Klicni znak amaterske radijske postaje v osnovi lahko razdelimo na dva dela: prvi vsebuje informacijo o lokaciji (državi), drugi pa informacijo za razlikovanje postaj v isti državi.

Za mednarodno identifikacijo amaterske radijske postaje je najpomembnejši prvi del klicnega znaka, ki označuje državo in ga imenujemo PREFIKS (predpona v klicnem znaku). Običajno ima dva karakterja, lahko pa samo enega (npr. ZA - Albanija, C5 - Gambija, 9N - Nepal, I - Italija). Če ima številka v klicnem znaku določen pomen, sta prefiks prva dva dela klicnega znaka (npr. OH0 - otok Aland/Finska, EA6 - Balearski otoki/Španija, KL7 -Alaska/ZDA).

V isti državi se postaje razlikujejo po karakterjih v drugem delu klicnega znaka, ki ga imenujemo SUFIKS (pripona v klicnem znaku). Ta ima običajno dva, tri ali štiri karakterje (številko in črko, številko in dve črki ali številko in tri črke). Če ima številka v klicnem znaku določen pomen in je sestavni del prefiksa, pa ima sufiks eno, dve ali tri črke.

Poglejmo nekaj primerov.

LX1DF: LX je prefiks za Luksemburg,
1DF je sufiks - oznaka za določeno radijsko postajo;

OH0AA: OH0 je prefiks za določeno geografsko področje v Finski
(otok Aland),
AA je sufiks - oznaka za določeno radijsko postajo;

S59ABC: S5 je prefiks za Slovenijo,
9ABC je sufiks - oznaka za določeno radijsko postajo.

Tudi klicni znak sam ima lahko pripono, ki jo tudi imenujemo sufiks, vendar tokrat govorimo o sufiksu - priponi klicnega znaka. Sestavljen je iz enega ali dveh karakterjev; od klicnega znaka je vedno ločen s poševno ulomkovo črto (/) in je njegov sestavni del - to pomeni, da sta klicni znak in ta sufiks identifikacija radijske postaje.

Po splošnem pravilu ti sufiksi označujejo, da radijska postaja dela izven stalne (fiksne) lokacije in imajo v večini držav naslednji pomen:

- /M mobilna postaja; postaja, ki se uporablja v vozilu,
- /MM pomorska mobilna postaja; postaja, ki se uporablja na ladji ali drugem plovnem objektu,
- /AM zrakoplovna mobilna postaja; postaja, ki se uporablja na letalu ali drugem zrakoplovnem objektu,
- /P postaja, ki se uporablja na občasni lokaciji; tudi prenosna postaja.

Analizo klicnih znakov OE8TF/M, JA5APL/MM, ON4UN/AM in LZ1AB/P pa zdaj že lahko napravite sami, ali ne?

Sufiks je lahko tudi številka (npr. SM7BRO/1), kar pomeni, da postaja dela izven stalne lokacije in z določenega področja v državi (SM1 je prefiks za otok Gotland/Švedska).

Pogosto pa se sufiks uporablja za označevanje postaje, ki dela iz druge države - klicnemu znaku je dodana kombinacija oziroma oznaka države. Tako na primer DJ2BW/W3 pomeni, da nemška postaja začasno oddaja iz ZDA. V tem primeru sufiks pravzaprav pomeni tudi prefiks, zato je bolj smiselna (v Evropi pa s CEPT določili celo predpisana) identifikacija, ki se tudi drugod po svetu vse bolj uporablja npr. EA/LA3FL (iz Španije dela norveška postaja).

Povejmo še enkrat, da je ta sufiks sestavni del klicnega znaka, ki označuje lokacijo radijske postaje, zato ga moramo tudi pravilno uporabljati. Nekateri operaterji kot sufiks v klicni znak vključijo oznako članstva v raznih interesnih klubih (npr. DL1PM/HSC, OH2PM/CHC, OK3RR/DIG, S59PA/QRP), kar pa ni pravilno. Če že dajemo takšno oznako ob klicnem znaku (med radioamaterji to nekaj pomeni!), le-ta ne sme biti njegov sestavni del in ga moramo ločiti s pomišljajem: v telegrafiji je torej pravilno DL1PM-HSC, S59PA-QRP itd., v telefoniji pa preprosto ne dajemo oznake "skozi" (/).

Pravilnik o vrstah amaterskih radijskih postaj in pogojih za njihovo uporabo (Uradni list RS številka 49/92) podrobneje določa s kakšnimi klicnimi znaki se morajo identificirati oddaje slovenskih amaterskih radijskih postaj, mi pogledjmo le osnovne serije klicnih znakov:

S51A-S50Z,
S51AA-S50ZZ,
S51AAA-S50ZZZ.

Prvi del znaka je oznaka za Slovenijo - prefiks S5, drugi del je številka (0-9), tretji pa kombinacija ene do treh črk (A-Z, AA-ZZ in AAA-ZZZ). Po kombinaciji drugega in tretjega dela razpoznamo klicne znake radijskih postaj, ki jih uporabljajo operaterji različnih razredov, radioklubi, ZRS in radijske postaje skupnega pomena (repetitorji, radijski svetilniki, digitalna in specialna tehnika prenosa).

O pravilni uporabi klicnih znakov bomo v nadaljevanju še govorili, že zdaj pa si zapomnimo, da se klicni znak obvezno oddaja na začetku in na koncu vsake radijske zveze, med daljšimi zvezami pa vsaj vsakih deset minut. Klicni znak se odda tudi ob vsaki spremembi frekvence.

Posebne oznake (to niso klicni znaki!) imajo amaterske sprejemne postaje, ki jih uporabljajo sprejemni radioamaterji - SWL (Short Wave Listener). SWL izhaja že iz časov, ko so radioamaterji uporabljali le kratke valove, danes pa je pravilnejša oznaka RS (Receiving Station), saj sprejemni radioamaterji poslušajo zveze na vseh radioamaterskih frekvenčnih pasovih in za potrditev "poslušanja" pošiljajo posebne kartice. Ta radioamaterska dejavnost je bila nekdanj precej razvita, danes pa precej manj, čeprav je izredno koristna za spoznavanje amaterskih radijskih komunikacij. Ker te postaje ne oddajajo, po ITU RR niso predpisani klicni znaki. Za organizirano dejavnost se za člane nacionalnih radioamaterskih organizacij uporabljajo različne oznake npr. v Veliki Britaniji BRS-1005, v Nemčiji D-2350; v Sloveniji je predvidena oznaka od S5-RS-001 naprej.

Q - KOD

V radijskih zvezah se z namenom skrajšanja prenosa informacij in premostitve jezikovnih pregrad uporabljajo različni KODEKSI ali KODI. Za vsako besedilo je uporabljena določena zamenjava, najpogosteje v obliki skupine črk. V amaterskih radijskih zvezah se seveda uporabljajo le mednarodno dogovorjeni kodi. Morse-kod že poznamo, druga dva pa sta: Q-KOD za prenos obvestil in signalov procedure in RST-KOD (RST SISTEM) za oceno kakovosti sprejema v radijski zvezi.

Z ITU pravilnikom o radiokomunikacijah (ITU RR) je predpisano, da se določene skupine treh črk, ki se začnejo s črko "Q", uporabljajo za izmenjavo vnaprej določenih sporočil v radijskih zvezah. Celotna serija je QAA do QZZ: serija QAA do QNZ je namenjena za zrakoplovno službo, serijo QRA do QUZ pa uporabljajo vse radijske službe, tudi radioamaterji.

Osnovna karakteristika Q-koda je, da ga lahko uporabljamo v obliki vprašanja in odgovora. Če skupini treh črk, ki začnejo s Q, dodamo vprašaj, dobi besedilo, ki odgovarja temu Q-kodu, vprašalno obliko, brez vprašaja pa imamo odgovor. Poglejmo nekaj primerov:

QRV? Ali si pripravljen?

QRV Pripravljen sem.

QRL? Ali si zaseden? (Imaš zvezo?)

QRL Zaseden sem. (Imam zvezo z ..., prosim, ne moti).

QRU? Ali imaš še kaj zame?

QRU Nimam (nič več zate).

Če določeni kombinaciji črk iz Q-koda dodamo skupino števil, črk ali besedo, se njen pomen še dopolni in dobimo dodatno informacijo. Takšno uporabo nam pokažejo naslednji primeri:

QRW HA5AA 3540 Obvesti HA5AA, da ga kličem na frekvenci 3540 kHz.

QSY 14050 Greva na frekvenco 14050 kHz.

QSX 1908 Poslušam na frekvenci 1908 kHz.

QTR? QTR 1245 Koliko je ura (točen čas)?

Zdaj je 12h in 45 minut.

Vidimo, da je velika prednost uporabe Q-koda pri radijskih telegrafskih zvezah v tem, da nam ni treba odtipkati celotnega besedila, če želimo predati ali sprejeti ustrezno informacijo, temveč za to uporabimo precej skrajšano obliko.

Q-kod (serije QRA do QUZ) je objavljen v prilogi tega priročnika, mi pa pogledjmo, kako ga pravilno uporabljamo.

Q-kod je mednarodno dogovorjen kod za radijske zveze v telegrafiji in se ga v telefoniji praviloma ne uporablja. Dober operater bo v govornih zvezah namesto Q-koda uporabljal ustrezne besede (odprto besedilo). Nepravilno je na primer reči "Popoldne bom QRL", kar naj bi pomenilo "Popoldne bom zaseden" oziroma "Popoldne ne morem". To je še posebno napačno zato, ker se uporaba Q-koda nanaša skoraj izključno na stanje v zvezi. Prav tako je nepravilno "pozdravljati QRA", namesto poslati pozdrave družini, saj QRA pomeni povsem nekaj

drugega. Pravi nesmisel pa je klicati QRZ? namesto splošnega klica (CQ).

Kljub temu pa radioamaterji uporabljajo Q-kod kot fraze v radioamaterskem žargonu. Tako lahko večkrat slišimo: "Delam QRP", "QSL sem dobil", "Imam velik QRN", "Imel sem QSO z..." ipd. Uporaba Q-koda na takšen način ni priporočljiva, vendar pa je v radioamaterski praksi kar pogosta.

RST SISTEM (RST-KOD)

Ocena kakovosti sprejemanja signalov je izredno pomemben sestavni del radijske zveze. Glavni elementi kakovosti sprejema so čitljivost (razumljivost) signalov, njihova moč (jakost), kakovost tona (za telegrafijo), kakovost modulacije (za telefonijo), frekvenčna stabilnost in vpliv motenj. Te elemente se lahko oceni v obliki števil, ki se dodajo Q-kodu.

Primer: QRK5 QSA4

To pomeni, da je čitljivost signalov odlična, moč signalov pa dobra. Lahko se oceni tudi ton in motnje: QRI 3 (slab ton), QRM 3 (zmerne motnje).

Takšen način ocenjevanja kakovosti sprejema signalov se je do nedavnega uporabljal v profesionalnih zvezah (v nekaterih se še danes), v novejšem času pa se za te zveze priporočata SINPO-kod (za telegrafijo) in SINPFEMO-kod (za telefonijo).

V radioamaterskih zvezah se uporablja poseben sistem poročila o kakovosti sprejemanja signalov, imenovanem RST SISTEM. To je pravzaprav kod v obliki treh števil, od katerih prva številka označuje čitljivost signalov (angl. Readability), druga moč (angl. Strength) in tretja ton (angl. Tone). Po začetnih črkah teh najpomembnejših karakteristik signalov je sistem dobil ime RST. Ocena sprejema je podana v obliki koda, zato ta sistem imenujemo tudi RST-KOD.

Ocena kakovosti sprejema (ali krajše: raport) se v telegrafiji daje v številkah, obvezno po vrstnem redu RST in sicer:

za čitljivost	(R)	od 1 do 5,
za moč	(S)	od 1 do 9,
za ton	(T)	od 1 do 9.

Poglejmo dva primera:

RST 599 pomeni, da so signali odlično čitljivi in izredno močni, ton pa je popolnoma čist.

RST 358 pomeni, da so signali težko čitljivi, moč signalov je kar dobra, ton pa čist s komaj opaznim brnenjem.

Ocena za ton (T) se nanaša samo na čistost signala in nima povezave z njegovo frekvenčno stabilnostjo ali prisotnostjo "klikov" (angl. clicks) in "čirpov" (angl. chirps). Večina signalov, ki jih slišimo na radioamaterskih frekvencah, ima T-9, saj večina radioamaterjev uporablja kakovostne naprave. Če je ocena za ton drugačna, je nekaj narobe z radijsko postajo, zato bo informacija našemu korespondentu dobrodošla. Pravilna oziroma realna ocena za kakovost tona pa je še posebno pomembna za radioamaterja, ki je oddajnik ali radijsko postajo izdelal sam in preizkuša delovanje.

Kakovost tona lahko še podrobneje opišemo tako, da raportu RST dodamo:

- X za ton, ki je izredno stabilen in "kristalno" zvoneč (karakteristike kristalnega oscilatorja) - npr. 589X,
- C za ton, ki ima "čirpe" (spreminja se višina tona - "čivkanje") - npr. 479C,
- K za ton, ki ima "klike" (slišijo se udarci tipkala) - npr. 499K.

Za ton, ki vsebuje "čirpe" in "klike", dodamo oznako CK - npr. 359CK.

Za celovito oceno sprejema signalov lahko RST raportu dodamo tudi ustrezen Q-kod npr.:

- 369QRM (če imamo motnje drugih postaj),
- 499QRN (če imamo atmosferske motnje),
- 579 QRH (če se spreminja frekvenca).

Povedali smo že, da raport dajemo v obliki treh števil, ki jih določimo odvisno od kakovosti signalov. Poglejmo, kako to izgleda opisno.

RST SISTEM (RST-KOD)**ČITLJIVOST (R)**

- R1 Nečitljivi signali (nerazumljivi signali).
- R2 Komaj čitljivi (le občasno razpoznavni signali).
- R3 Težko čitljivi signali.
- R4 Brez večjih težav čitljivi signali.
- R5 Odlično čitljivi signali.

MOČ SIGNALOV (S)

- S1 Izredno šibki (komaj zaznavni) signali.
- S2 Zelo šibki (zelo slabi) signali.
- S3 Šibki (slabi) signali.
- S4 Še zadovoljivi signali.
- S5 Že kar dobri signali.
- S6 Dobri signali.
- S7 Zmerno močni signali.
- S8 Močni signali.
- S9 Izredno močni signali.

TON (T)

- T1 Izredno grob, hreščeč in sikajoč ton, z izredno močnim brnenjem.
- T2 Zelo grob in hreščeč ton z močnim brnenjem.
- T3 Grob in nizek, že rahlo muzikalen ton z močnim brnenjem.
- T4 Precej grob, rezek, delno muzikalen ton s precejšnjim brnenjem.
- T5 Muzikalen ton s precej opaznim brnenjem.
- T6 Muzikalen ton z opaznim brnenjem.
- T7 Skoraj čist ton s še opaznim brnenjem.
- T8 Dober, čist ton s komaj opaznim brnenjem.
- T9 Odličen, popolnoma čist ton.

Kako pa ocenjujemo kakovost sprejemanja signalov v telefoniji?

Opisani sistem za raport se smiselno uporablja tudi za amaterske zveze v telefoniji (kjer se seveda ne daje ocene za ton!), čeprav se raport praviloma naj ne bi dajal v kodificirani obliki, temveč opisno.

Radioamaterji so ga osvojili zaradi univerzalnosti in enostavnosti, kar je še posebno uporabno pri zvezah v tekmovanjih, DX zvezah in pri pisanju dnevnika radijske postaje in QSL kartic.

Še pred nekaj desetletji, ko se je uporabljala AM-telefonija (amplitudna modulacija), je bila ocena signalov sestavljena iz treh števil po RSM-sistemu, pri kateri se je s črko M označevala stopnja modulacije (od 1 do 5). Takšen način ocene signalov je v uporabi še danes, le da je opuščena tretja številka (M) - imenujemo ga RS-SISTEM (RS-KOD):

za čitljivost (R)	od 1 do 5,
za moč (S)	od 1 do 9.

Tako raport 59 pomeni, da so signali povsem čitljivi (razumljivi) in izredno močni. Oceno za modulacijo dajemo opisno: odlična, lepa, zelo dobra, globoka, rezka, popačena ipd.

Ocena signalov oziroma raport je pomemben del amaterske radijske zveze, saj brez obojestranske izmenjave ni potrditve zveze. Dogovorjeni kod (RST in RS) moramo tudi pravilno uporabljati, ker se sicer lahko osmešimo in dobimo etiketo slabega operaterja. Tako na primer ne smemo dajati iz navade raport 599 (ali 59) in kasneje v zvezi, pri kateri imamo težave s čitljivostjo in slabo jakostjo signalov, kar nekajkrat prositi korespondenta, naj ponovi svoje ime. Če smo dali raport, da so signali odlično razumljivi in izredno močni, to tudi pomeni, da lahko sprejemamo brez problemov. Če pa ni tako, to sporočimo korespondentu z realnim raportom, da bo vedel pravilno ravnati. Pravzaprav tudi ni pravilno dajati raport za signale preko pretvornika (repetitorja) s pomočjo RS-koda (npr. 59), saj s tem ne opisujemo kakovost signalov našega korespondenta, temveč signale oddajnika repetitorja. Pri teh zvezah se daje ocena čitljivosti (razumljivosti) signalov v opisni obliki npr.: "100 % sprejeto", "sprejemam s precej šuma", "odlično greš preko repetitorja" ipd. Seveda pa se tudi pove, kakšna je moč signalov (repetitorja).

Sistema RST in RS dajeta osnovne napotke za ocenjevanje kakovosti signalov, presoja pa je odvisna od operaterja. Še posebno začetnikom je težje oceniti jakost signalov. Večina radioamaterskih postaj ima vgrajen poseben instrument (S-meter), ki je usmerjen na 9 S-stopenj in še za močnejše signale. S-meter je relativni instrument, ki nam lahko pokaže jakost signala S0, mi pa ga bi "na uho" ocenili S2 ali S3. Ocena signala

S0 po S-metru je nesmiselna, saj to po RST sistemu pomeni, da signala sploh ne slišimo. Več o S-metru je napisano v poglavju Radijski sprejemniki.

Še na nekaj pri dajanju raporta ne pozabimo! Radioamaterji radi eksperimentirajo z doma izdelanimi napravami, antenami in drugimi pripomočki za radijsko postajo, zato je pravilna in realna ocena signala še posebno pomembna.

KRATICE

Poleg kodov se v radijskih telegrafskih zvezah uporabljajo tudi različne okrajšave oziroma KRATICE. Že na začetku razvoja telegrafije so jih uporabljali za izmenjavo sporočil in določenih signalov za začetek in konec zveze, razna opozorila ipd. Različne službe so uporabljale različne kratice, poseben problem pa so bile tudi jezikovne razlike, zato je bilo treba njihovo uporabo mednarodno uskladiti. Tako se danes uporabljajo kratice, ki so predpisane z ITU pravilnikom o radio-komunikacijah (ITU RR). To so kratice za začetek, začasno prekinitev in konec zveze ter za prenos različnih sporočil. Glede na njihov namen jih imenujemo KRATICE PROCEDURE. Večina kratic je okrajšava angleških besed, nekatere pa so dogovorjeno izbrani znaki - to so SIGNALI PROCEDURE, ki se oddajo kot en znak (označeni so s črto nad znakom, kar pomeni, da se odtipkajo povezano kot en znak).

Nekatere kratice in signali procedure se uporabljajo tudi v radioamaterskih zvezah, zato moramo dobro poznati njihov pomen in način uporabe.

\overline{KA} je signal za začetek oddajanja sporočila. V radioamaterski praksi se \overline{KA} piše in odtipka tudi kot \overline{CT} , kar zvočno pomeni isto.

\overline{VA} je signal za konec zveze. Radioamaterji ga pišejo tudi kot \overline{SK} , kar pa, ker se odtipka povezano, pomeni isto. Postajo, ki je oddala ta signal, lahko pokličemo, ker je končala zvezo. Če pa je bila na koncu dodana kratica CL (\overline{VA} CL oziroma \overline{SK} CL), seveda ne kličemo, saj to pomeni, da je operater izključil postajo.

\overline{AR} pomeni konec sporočila. Če temu signalu sledi kratica K (\overline{AR} K), pomeni, da je operater pripravljen na sprejem (povabilo korespondentu, da začne oddajati). Radioamaterji pišejo \overline{AR} tudi kot plus (+), kar

zvočno pomeni isto. V radioamaterski praksi se signal \overline{AR} uporablja različno: nekateri ga dajejo pred klicnim znakom, drugi za njim; nekateri pa ga sploh ne uporabljajo, temveč konec sporočila oziroma relacije v zvezi označijo s kratico PSE K (Prosim, začni oddajati.) ali samo s K (Začni oddajati).

Kratico K dajemo na koncu oddaje v vseh primerih, ko želimo odgovor. Ta znak so radioamaterji še dopolnili in uporabljajo tudi kratico \overline{KN} , ki je signal procedure in pomeni "Želim odgovor samo klicane postaje, ostali ne kličite!" Postaje, ki je oddala \overline{KN} , ne kličemo, ker je to zelo nevljudno in tudi kršitev radioamaterskega bontona.

Kratici \overline{AS} in BK sta pravzaprav signala procedure, ki pa se ne uporabljata na začetku ali na koncu zveze. \overline{AS} se daje kot signal za krajšo prekinitvev oddaje in pomeni: Počakaj! Ta signal uporabimo takrat, ko moramo iz različnih vzrokov prekiniti oddajo. BK pa je signal, s katerimi želimo prekiniti oddajo postaje, s katero imamo zvezo. Pravilna uporaba tega signala je vezana na tehnične zmogljivosti radijskih postaj - le pogledjte, kaj pomeni QSK. V radioamaterski praksi se BK uporablja tudi v primerih, ko želimo vskočiti v zvezo drugih postaj (angl. break in), ali v posameznih relacijah zveze, ko se želi odgovor brez izmenjave klicnih znakov.

Poglejmo še nekaj drugih kratic, ki so predpisane za vse radijske telegrafске zveze, se pravi, da jih uporabljajo tudi radioamaterji:

CQ	Splošni klic (poziv) vsem postajam.
CFM	Potrjujem; potrdilo.
CS	Klicni znak.
DE	Od (uporablja se pred klicnim znakom postaje, ki kliče).
ER	Tukaj.
NO	Ne.
NW	Zdaj.
OK	Soglašam. To je v redu.
R	Sprejeto.
TFC	Promet.
TU	Hvala.
YES	Da.

Te kratice, in seveda še mnoge druge, morajo dobro poznati vsi radiotelegrafisti, saj so osnova za pravilno in hitro komuniciranje.

Kratice in signale procedure najdete v dodatku priročnika.

Zdaj o amaterskih telegrafskih zvezah že kar nekaj vemo. Spoznali smo klicne znake, Q-kod, RST sistem ter kratice in signale procedure v radijski zvezi. V odprtem besedilu (govorimo seveda pogojno!) bi že lahko vzpostavili zvezo s slovenskim radioamaterjem ali tujim radioamaterjem, ki govori angleško, seveda, če ta jezik znamo tudi mi. Toda - kako bi se "pogovarjali" z radioamaterji z Japonske, Finske, Nemčije, Rusije, Francije ali Argentine, ki morda ne govorijo angleščine? Jezikovne razlike so oziroma bi bile velika ovira za vzpostavljanje amaterskih telegrafskih zvez v odprtem besedilu.

In prav zato so radioamaterji iznašli poseben mednarodni radioamaterski jezik (lahko bi mu rekli tudi "radioamaterski esperanto"), ki ga uporabljajo za zveze v telegrafiji - to so RADIOAMATERSKE KRATICE, s katerimi se sporazumevajo radioamaterji širom sveta ne glede na jezikovne razlike. Vsebina radioamaterskih zvez je v bistvu določena, saj se izmenjujejo le informacije, ki so povezane z radioamatersko dejavnostjo, zato je s tem število pojmov v zvezah pravzaprav omejeno. Prav to dejstvo pa je omogočilo uporabo kratic, ki vsebinsko zadovoljujejo potrebe radioamaterjev pri komuniciranju v telegrafiji in se jih ni težko naučiti.

Radioamaterske kratice so v glavnem nastale s krajšanjem angleških besed. Poglejmo jih nekaj (navedena je kratica, angleška beseda in pomen v slovenščini):

DR	Dear (dragi, draga).
GD	Good day (dober dan).
GM	Good morning (dobro jutro).
OM	"Old man" ("stari znanec", prijatelj).
PSE	Please (prosim).
UR	Your (vaš, tvoj).
WX	Weather (vreme).

Uporabnost kratic je takoj opazna: s pravilno kombinacijo navedenih kratic radioamaterja na Japonskem zdaj že lahko pozdravimo z "dobro jutro, dragi prijatelj" (GM DR OM) in v nadaljevanju zveze celo vprašamo, kakšno je vreme (PSE WX?). Preprosto in razumljivo, ali ne?

Nekatere besede so že same kratke in se uporabljajo v originalni (angleški) obliki npr. CALL (klic, klicni znak), BEST (najbolje), NAME

(ime) idr. Kot radioamaterske kratice se uporabljajo tudi nekatere kombinacije števil, čeprav so to neke vrste kodi npr. 73 (mnogo pozdravov; daje se na zaključku zveze in nikoli na začetku!).

Povejmo še, da radioamaterji nekaterih jezikovnih področij (nemško, rusko, francosko, špansko) uporabljajo tudi posebne kratice, ki so izpeljanke iz odgovarjajočega jezika npr. HZL - nem. prisrčno, DSW - rus. na svidenje, BSR - fr. dober večer itd. Te kratice nimajo mednarodnega pomena in jih boste, če vas bodo zanimale, že sami spoznali.

Kratice, ki se uporabljajo v radioamaterskih zvezah, so zbrane v dodatku priročnika. Brez poznavanja tega "radioamaterskega jezika" praktično ni mogoče vzpostavljati mednarodnih zvez v telegrafiji, zato moramo kratice dobro poznati. Le oglejte si jih in poskusite sami sestaviti kakšno sporočilo npr. "Dragi prijatelj hvala za odlično zvezo. Mnogo pozdravov in upam, da se kmalu spet srečava." Je šlo? Seveda, saj ni težko, pa še zelo zanimivo je, kajne?!

2. AMATERSKE ZVEZE V TELEGRAFIJI

MORSE-KOD

Za prenos sporočil v telegrafiji moramo besedilo na določen način pretvoriti v električne impulze. Črke, številke in ločila so kodificirane v obliki kratkih in dolgih impulzov, s premorom med njimi: vsaki črki, številki in ločilu odgovarja točno določena sestava in vrstni red impulzov. Sistem te pretvorbe - kod mora biti znan vsem uporabnikom prenosa sporočil.

Takšen sistem prenosa sporočil si je zamislil in uresničil Američan Samuel Morse (1791-1872). Morse je leta 1835 objavil žični elektromagnetni telegraf in sistem pretvorbe besedila - kod, ki se še danes imenuje MORSE-KOD (bolj poljudno tudi MORZEJEVI ZNAKI ali MORZEJEVA ABECEDA). Zanimanja za Morzejev telegraf v začetku ni bilo in prva javna telegrafska zveza je bila vzpostavljena šele leta 1844 (Washington - Baltimore na razdalji približno 50 km).

V naslednjih desetletjih je v ZDA telegraf postal priljubljen in najhitrejši način prenosa sporočil na daljavo. Kako je to izgledalo, se

lahko spomnimo iz filmov o Divjem zahodu. Telegrafске naprave so bile povezane po žicah in prenos sporočila je potekal takole: na eni strani je operater z ročnim tipkalom (Morse key) oddal besedilo, ki ga je na drugi strani v ritmu oddanih znakov zapisal na papirnati trak pisalnik, prožen preko elektromagneta. Tako sprejeto sporočilo je operater potem prepisal v normalno obliko. Nekateri telegrafisti so sčasoma že po udarcih pisalnika (ritmu sprejemanih impulzov) vedeli, za kateri znak gre in so lahko to zapisali neposredno, brez gledanja traku. Sposobnost človeka, da prepozna in si zapomni določen ritem impulzov oziroma zvočno sliko Morzejevih znakov, je omogočila korak naprej: pisalnik so zamenjali z napravo, ki je električne impulze pretvarjala v zvočne in hitrost prenašanja sporočil se je povečala do 150 znakov na minuto.

Po odkritju elektromagnetnih valov in z razvojem radia, ki je omogočal brezžično komunikacijo, je telegrafija za prenos informacij postala izredno pomembna. Od tu naprej moramo govoriti o RADIOTELEGRAFIJI, ki se ne glede na sodobnejše vrste prenosa uporablja še danes, za radioamaterje pa je tehnično najmanj zahteven, toda izredno zanimiv način vzpostavljanja radijskih zvez.

Originalni Morse-kod je bil pozneje spremenjen, še poenostavljen in sprejet kot MEDNARODNI MORSE-KOD, ki se uporablja v vseh radijskih zvezah v telegrafiji. Poglejmo, kako pravzaprav izgleda.

Osnovni elementi so kratki in dolgi impulzi in odgovarjajoči premori med impulzi. Dolžina posameznih elementov je točno določena. S kombinacijo elementov v določenem vrstnem redu dobimo ustrezno črko, številko ali ločilo - to so Morzejevi znaki.

Kratek impulz je osnova za določitev dolžine vseh ostalih elementov Morzejevih znakov.

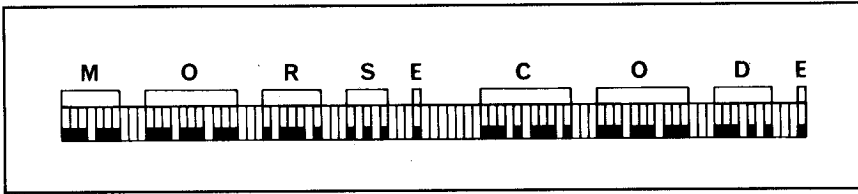
Dolg impulz traja tri kratke impulze.

Premor med impulzi v enem znaku je enak kratkemu impulzu.

Premor med dvema znakoma v eni besedi traja tri kratke impulze.

Premor med dvema besedama je dolg sedem kratkih impulzov.

Napisano je morda zapleteno, vendar ni - to nam nazorno potrjuje spodnja slika:



Trajanje posameznih elementov Morzejevih znakov glede na osnovni element - kratek impulz

Kratek impulz lahko ponazorimo grafično s piko ali zvočno "ti" (če je pika zadnji element v znaku, je ta zvočno poudarjen: "tit"), dolg impulz pa s črto ali zvočno "ta" (črta kot zadnji element v znaku se zvočno ne poudarja).

Morzejevi znaki - črke, številke in ločila:

Morzejevi znaki - črke					
A	•—	ti-ta	N	—•	ta-tit
B	—•••	ta-ti-ti-tit	O	— — —	ta-ta-ta
C	—••••	ta-ti-ta-tit	P	•— —•	ti-ta-ta-tit
D	—••	ta-ti-tit	Q	— — —•	ta-ta-ti-ta
E	•	tit	R	•—••	ti-ta-tit
F	••—•	ti-ti-ta-tit	S	•••	ti-ti-tit
G	— — —•	ta-ta-tit	T	—	ta
H	••••	ti-ti-ti-tit	U	••—	ti-ti-ta
I	••	ti-tit	V	•••—	ti-ti-ti-ta
J	•— — —	ti-ta-ta-ta	W	•— —	ti-ta-ta
K	—•—	ta-ti-ta	X	—••—	ta-ti-ti-ta
L	•—••	ti-ta-ti-tit	Y	—•— —	ta-ti-ta-ta
M	— —	ta-ta	Z	— — —•	ta-ta-ti-tit

Morzejevi znaki - številke

1	• — — — — —	ti-ta-ta-ta-ta	6	— •••••	ta-ti-ti-ti-tit
2	•• — — — —	ti-ti-ta-ta-ta	7	— — •••	ta-ta-ti-ti-tit
3	••• — — —	ti-ti-ti-ta-ta	8	— — — •••	ta-ta-ta-ti-tit
4	•••• — —	ti-ti-ti-ti-ta	9	— — — — ••	ta-ta-ta-ta-tit
5	•••••	ti-ti-ti-ti-tit	0	— — — — —	ta-ta-ta-ta-ta

Morzejevi znaki - ločila

Pika (.)	• — • — • — • —	ti-ta-ti-ta-ti-ta
Vešica (,)	— — — •• — — —	ta-ta-ti-ti-ta-ta
Vprašaj (?)	•• — — •••	ti-ti-ta-ta-ti-tit
Enačaj (=)	— •••• —	ta-ti-ti-ti-ta
Vežaj (-)	— ••••• —	ta-ti-ti-ti-ti-ta
Podpičje (;)	— • — • — ••	ta-ti-ta-ti-ta-tit
Dvopičje (:)	— — — — •••	ta-ta-ta-ti-ti-tit
Opuščaj (')	• — — — — ••	ti-ta-ta-ta-ta-tit
Narekovaj (")	• — ••• — •	ti-ta-ti-ti-ta-tit
Levi oklepaj (())	— • — — — •	ta-ti-ta-ta-tit
Desni oklepaj ())	— •• — — — ••	ta-ti-ta-ta-ti-ta
Ulomkova črta (/)	— ••• — •	ta-ti-ti-ta-tit
Plus (+)	• — ••••	ti-ta-ti-ta-tit
Minus (-) (uporablja se znak vežaja)		
Klicaj (!) (uporablja se znak vešice)		

Predstavitev Morzejevih znakov s pikami in črtami je le za lažje razumevanje njihove sestave, pravilno pa jih ponazorimo zvočno. Poskusite sami ugotoviti, kaj pomeni:

ta-ta ta-ta-ta ti-ta-tit ti-ti-tit tit.

Čeprav Morse-kod izgleda zahteven in nekateri že v naprej mislijo, da se ga je silno težko naučiti, je v resnici zelo enostaven, saj bazira na opisanih pravilih. Za mnoge radioamaterje je telegrafija najlepša melodija na radijskih frekvencah...

VSEBINA ZVEZE

Vsaka amaterska radijska zveza je sestavljena iz več relacij, ki skupaj tvorijo običajno zvezo. Relacija je del zveze, ki ga odda eden od operaterjev - udeležencev zveze, in je glede na pogoje, v katerih se vzpostavlja zveza ter želja operaterjev, lahko v številnih variantah, ki se razlikujejo po dolžini, vsebini in načinu oddajanja. Radijska zveza v telegrafiji je v osnovi sestavljena iz naslednjih relacij:

- klicanje;
- vzpostavitev zveze, pozdrav, izmenjava podatkov o kakovosti sprejema signalov, o mestu, od koder oddaja radijska postaja in imenu operaterja;
- izmenjava podatkov o radijski postaji, antenah in ostali opremi, ki jo uporablja operater; informacija o vremenu in različni drugi podatki iz radioamaterskega dela; dogovor za izmenjavo QSL kartic in zahvala za zvezo;
- zaključek zveze.

Za formiranje relacij in sporočil se uporabljajo dogovorjeni signali, kratice in kodi; poleg teh izkušeni operaterji uporabljajo tudi odprto besedilo.

Klicanje

Poznamo več načinov klicanja, ki so odvisni od želja operaterja, pogojev na frekvenčnem pasu in operaterskih sposobnosti.

Najpogostejši način je oddajanje splošnega klica. Sestavljen je iz kratic CQ, DE in klicnega znaka postaje, ki kliče: najprej dvakrat ali trikrat odtipkamo CQ, enkrat DE in potem dvakrat ali trikrat klicni znak. To lahko brez premora ponovimo in zaključimo klicanje z eno od naslednjih kratic: AR K, PSE K ali K. To izgleda takole:

```
CQ CQ CQ
DE S59XXX S59XXX S59XXX
CQ CQ CQ
DE S59XXX S59XXX S59XXX
AR K (ali AR PSE K).
```

Takšen način klicanja (CQ) pomeni, da želimo vzpostaviti zvezo s katerokoli amatersko postajo. Če pa želimo, da nas pokliče postaja iz določene države ali kontinenta, moramo za kratico CQ oddati ustrezno oznako - primera:

CQ VK CQ VK DE S59XXX... (klic za postaje iz Avstralije),
 CQ AFRICA CQ AFRICA (ali krajše: AF) DE S59XXX...
 (klic za postaje iz Afrike).

Vzpostavljanje zvez z oddaljenimi (DX) postajami je želja večine radioamaterjev. Tudi to lahko pri oddajanju splošnega klica označimo:
 CQ DX CQ DX DE S59XXX ...

Pri tem je treba povedati, da ima kratica DX (DX postaja, DX zveza) na različnih frekvenčnih pasovih različen pomen: na HF pasovih (1,8 Mhz do 28 Mhz) je DX oddaljena postaja, - za S5 so praktično to vse postaje izven Evrope. Na VHF/UHF/SHF pasovih pa se zaradi posebnosti razprostiranja radijskih valov menja tudi definicija DX postaje in DX zveze - razdalje se zmanjšujejo odvisno od frekvenčnega pasu (npr. na 144 Mhz je DX razdalja 400 - 500 km).

V zvezi s klicanjem CQ si zapomnimo še, da moramo pred začetkom oddajanja vedno preveriti stanje "na frekvenci": najprej poslušamo in če ocenimo, da ni preveč signalov oziroma postaj (da je frekvenca pravnja), lahko začnemo klicati. Dober operater še pred tem vedno odtipka QRL?, kar v radioamaterskem žargonu pomeni "Je frekvenca zasedena?", in če sliši pritrdilno QRL, seveda poišče drugo frekvenco; če sliši NO, oziroma ni nobene pripombe postaj na tej frekvenci, začne oddajati.

Splošni klic je bolje oddajati krajše in pogosteje, kot pa z nenehnim in dolgim klicanjem pravzaprav motiti druge postaje. Če po dveh ali treh klicih ne dobimo odgovora, poslušajmo..., tudi drugi kličejo!

V tekmovanjih, kjer je cilj v določenem času vzpostaviti čimveč zvez, je klicanje kratko in vsebuje informacijo, da postaja sodeluje v tekmovanju:

CQ CQ TEST
 DE S51ZZZ S51ZZZ K

Poglejmo, kako pokličemo postajo, ki je klicala CQ:

- dvakrat ali trikrat odtipkamo klicni znak postaje, ki je klicala;
- enkrat kratico DE;
- dvakrat ali trikrat svoj klicni znak in zaključimo klic z \overline{AR} K, PSE K ali K.

Primer: K1ZZ K1ZZ de S59XXX S59XXX \overline{AR} K

Na podoben način pokličemo postajo, ki je končala zvezo, kar je tudi označila s kratico \overline{SK} ; če je oddala \overline{SK} CL, pa seveda ne, saj še veste, kaj pomeni CL.

V amaterskih radijskih zvezah velja pravilo, da po končani zvezi s postajo, ki smo jo poklicali, gremo na drugo frekvenco; na tej frekvenci lahko ostanemo (kličemo CQ) le v primeru, da je ta postaja oddala CL ali po predhodnem dogovoru. Če nas je poklicala druga postaja, se na hitro odzovemo in predlagamo drugo frekvenco (QSY...). Dobro poznavanje radioamaterskega bontona pa dokažemo s tem, da prepustimo frekvenco drugim postajam, ki želijo vzpostaviti zvezo z redko DX postajo, s katero smo končali zvezo (četudi nas je ta poklicala po našem CQ).

Vzpostavitev zveze

Ko sprejmemo klicni znak postaje, ki se je odzvala našemu klicu CQ, začnemo oddajati uvodno relacijo:

Najprej dvakrat odtipkamo klicni znak postaje, ki nas je klicala, potem enkrat kratico DE in svoj klicni znak ter enkrat enačaj (=), ki se odtipka tudi kot \overline{BT} , kar zvočno pomeni isto. \overline{BT} se v radioamaterski praksi uporablja tudi za ločevanje posameznih delov v eni relaciji procedure zveze.

Po pozdravu in zahvali za klic, damo oceno kakovosti sprejema (RST), povemo, od kod oddajamo (QTH) in svoje ime ter vprašamo, če je vse v redu sprejeto. Nato odtipkamo signal za konec sporočila (\overline{AR}), klicni znak postaje, kratico DE, svoj klicni znak in kratico \overline{KN} ali samo K. Kakšna je razlika med \overline{KN} ali K, vemo, ali ne?!

Na podoben način bo naš korespondent oddal smiselno iste podatke v svoji uvodni relaciji.

Izmenjava ostalih podatkov

V naslednji relaciji (ali v več relacijah; odvisno od operaterjev) se izmenjujejo podatki o radijski postaji, antenah in drugi opremi ter druge različne informacije, ki so vsebinsko ustrezne za radioamatersko zvezo. Pri tem uporabljamo kratice in kode ter tudi odprto besedilo (odvisno od znanja jezika in izurjenosti operaterjev).

Pomembnejše podatke (RST, QTH in ime) vedno odtipkamo dvakrat do trikrat; po potrebi tudi druga sporočila (odvisno od motenj in drugih pogojev v zvezi).

Te relacije se vedno začnejo z oddajanjem klicnega znaka korespondenta, kratice DE, našega klicnega znaka in enačaja (=). Ko končamo sporočilo ene relacije, oddamo signal \overline{AR} , klicne znake in kratico K ali \overline{KN} . Izurjeni operaterji uporabljajo signal BK za prekinitve oddaje oziroma relacije ali ko želijo odgovor brez izmenjave klicnih znakov - za takšen način dela je potreben predhodni dogovor operaterjev.

Zaključek zveze

V tej (zaključni) relaciji se zahvalimo za zvezo, dogovorimo za izmenjavo QSL kartice, pozdravimo in zaključimo zvezo: klicni znak postaje, kratica DE, naš klicni znak in signal \overline{SK} ; če nameravamo izključiti postajo, odtipkamo CL.

Kako to izgleda napisano s klicnima znakoma, signali, kraticami in kodi, si oglejmo na primeru običajne zveze (postaja F5AAA je klicala CQ, na katerega se je odzvala postaja S53XYZ):

CQ CQ CQ DE F5AAA F5AAA F5AAA \overline{AR} K

F5AAA F5AAA DE S53XYZ S53XYZ S53XYZ \overline{AR} PSE K

S53XYZ S53XYZ DE F5AAA = GD DR OM ES TNX FER
CALL = UR RST 599 599 = QTH PARIS PARIS ES NAME JEAN
JEAN = PSE HW? \overline{AR} S53XYZ DE F5AAA K

F5AAA DE S53XYZ = GD DR OM JEAN ES TNX FER NICE
RPRT = UR RST 589 589 = QTH LJUBLJANA LJUBLJANA ES
NAME BORIS BORIS = HR RIG KENWOOD TS-850 PWR 100W

ES ANT DIPOLE = WX FB SUNNY TEMP 25C = PSE HW? \overline{AR}
F5AAA DE S53XYZ K

S53XYZ DE F5AAA = R DR OM BORIS ES TNX FER ALL
INFO = HR HOME MADE TRX ABT 50W ES ANT 3 EL YAGI
= WX RAINING TEMP ABT 20C = DR BORIS PSE QSL VIA
BURO = HW COPY NW? \overline{AR} S53XYZ DE F5AAA K

F5AAA DE S53XYZ = ALL OK DR JEAN ES TNX FER ALL
INFO = OK QSL VIA BURO = MY QSL CRD IS SURE = MNI
TNX FER VY NICE QSO ES HPE CUAGN SN = BEST DX ES 73
= HW? \overline{AR} F5AAA DE S53XYZ K

S53XYZ DE F5AAA = OK DR BORIS TNX FER NICE QSO
ES HPE CUAGN = 73 ES GL = NW QRU \overline{AR} S53XYZ DE
F5AAA \overline{SK}

F5AAA DE S53XYZ = R DR OM JEAN TU ES GL = QRU
 \overline{AR} F5AAA DE S53XYZ \overline{SK}

Opisana zveza vsebuje relacije, v katerih so izmenjani osnovni podatki. Takšna zveza običajno traja do deset minut; dolžina zveze je odvisna od hitrosti tipkanja in morebitnih motenj, ki zahtevajo ponavljanje sporočila. Relacije so lahko poljubno dolge in vsebinsko takšne, kot jih omogočajo kratice in Q-kod. Še bolj zanimive so zveze, v katerih se operaterji "pogovarjajo" v odprtem besedilu (ne samo v kraticah)...., za kar pa moramo biti posebno pri večjih hitrostih že kar dobri radiotelegrafisti!

V tekmovanjih so zveze izredno kratke - izmenjuje se samo klicne znake, RST in ustrezne številke ali oznake, odvisno od pravil tekmovanja. Tudi zveze z redkimi DX postajami in DX odpravami so izredno kratke (izmenja se samo klicni znak in RST); pri teh zvezah se pogosto uporablja poseben način dela - DX postaja oddaja na eni frekvenci, sprejema na drugi (razlika je običajno 1 - 5 kHz). Za vzpostavlanje teh zvez in pravilno ter uspešno vključevanje v PILE UP (gneča na frekvenci, kjer veliko postaj kliče redko DX postajo) je treba dobro poznati proceduro klicanja in potrjevanja zveze.

Za zaključek še nekaj nasvetov za dobro CW delo:

- Pred oddajanjem vedno poslušajte in preverite stanje na frekvenci: oddajte QRL?, ponovno poslušajte in če ni odgovora QRL, lahko začnete oddajati.
- Oddajajte kratke CQ; če po treh ali štirih klicih ni odziva, spremenite frekvenco ali prisluhnite drugim.
- Oddajajte s takšno hitrostjo, kot jo lahko sprejemate. Bolje je tipkati počasneje in dobro, kot pa hitro in slabo, težko čitljivo in z napakami.
- Pravilno uporabljajte signale procedure, Q-kod in kratice ter dajajte realne ocene kakovosti sprejema.
- Če imate motnje, brez zadrege prosite za ponovitev podatkov - R ali OK uporabljajte le v primeru, če ste res vse sprejeli v redu.
- Pred klicanjem drugih postaj se postavite točno na frekvenco (razen, če postaja ne zahteva drugače).
- Na koncu zveze obvezno oddajte svoj klicni znak; med daljšimi zvezami pa vsaj vsakih deset minut.

3. AMATERSKE ZVEZE V TELEFONIJI

VSEBINA ZVEZE

Vse, o čemer smo govorili pri vzpostavljanju radijskih zvez v telegrafiji, v osnovi in smiselno velja tudi za zveze v telefoniji. Pri telegrafiji uporabljamo Morse-kod, zveze v telefoniji pa se vzpostavljajo z govorom, precej podobnemu običajnemu pogovoru, le da moramo pri tem spoštovati določena pravila, predpisane procedure za klicanje, začetek in konec zveze ter dovoljeno vsebino radioamaterskih zvez. Tu se pogovarjamo "v živo" - z našimi radioamaterji v slovenščini, s tujimi v jeziku, ki ga poznamo. Radioamaterji širom sveta vzpostavljajo zveze večinoma v angleščini. Seveda vedno dobimo sogovornika za zvezo v drugih jezikih (nemško, francosko, špansko, italijansko, rusko idr.), na vseh kontinentih pa so tudi radioamaterji, ki jim je pri srcu slovenska beseda.

V teh zvezah ni potrebno skrajševanje sporočil, saj človek hitreje govori, kot pa oddaja Morzejeve znake. Pogovarjamo se z običajno pogovorno hitrostjo in pri tem pazimo na razločno izgovorjavo. Q-kod

in kratic praviloma ne uporabljamo, saj v običajni zvezi lahko sporočilo povemo z besedami. Kljub temu so nekatere okrajšave in kombinacije iz Q-koda kar precej udomačene in se uporabljajo tudi v teh zvezah - o tem smo že govorili (QRB, QRM, QRP, QRX, QRZ, QSL; CQ - splošni klic idr.).

Radijska zveza v telefoniji je, podobno kot v telegrafiji, sestavljena iz več relacij. V osnovi vse poteka na smiselno isti način, le da se tu sporočila prenašajo z govorom. Podrobneje moramo poznati način klicanja in besede procedure, ki se uporabljajo v telefoniji (namesto signalov in kratic procedure v telegrafiji).

Splošni klic (CQ) oddamo takole:

CQ, CQ, kliče S51XXX, S51XXX, S51XXX poslušaj.

Postajo, ki je klicala CQ, pokličemo takole:

S53YYY, S53YYY, kliče te S51XXX, S51XXX poslušaj, prosim, pridi.

Pri zvezah v telefoniji (namesto signala \overline{AR} in kratice K v telegrafiji) torej preprosto povemo, da gremo na sprejem oziroma povabimo korespondenta, da začne oddajati. Isti način uporabljamo tudi med posameznimi relacijami v zvezi. Za konec (namesto signala \overline{SK} v telegrafiji) povemo, da zaključujemo zvezo.

Kako pa smiselno uporabljamo CW kratice oziroma signala \overline{AS} in BK v PHONE zvezah? Za krajšo prekinitvev oddaje povemo korespondentu, da naj počaka; če pa želimo vskočiti v zvezo drugih postaj, počakamo na pravnji trenutek in enkrat povemo svoj klicni znak - nikakor pa ne kričimo v mikrofonski "break, break"!

To so osnovni napotki za pravilno vzpostavljanje običajnih PHONE zvez. Zveze v tekmovanjih, z DX postajami in DX odpravami zahtevajo poseben način dela (podobno kot pri CW zvezah). Tudi nasveti za dobro PHONE delo so precej podobni tistim za CW delo (smiselno seveda). Zapomnimo si, da moramo v teh zvezah uporabljati normalen in lep pogovorni jezik (brez raznih popačenih izrazov, ki so pogosti v osebnih razgovorih), in ne pozabimo, da naš pogovor poslušaj širok krog radioamaterjev, pa tudi drugi...

MEDNARODNA IN SLOVENSKA TABLICA ČRKOVANJA

V radijskih zvezah v telefoniji se za zagotavljanje točnosti oddaje oziroma sprejema uporablja črkovanje: vsaki črki se doda določena beseda, ki se začne prav s to črko. To je še posebno pomembno v primeru motenj, kjer se na primer črka B zelo lahko zamenja z D; če pa B ponazorimo z besedo BLED ali BRAVO in D z DRAVA ali DELTA, ta zamenjava seveda ni možna.

Za mednarodne radijske komunikacije je predpisana MEDNARODNA TABLICA ČRKOVANJA, za zveze v našem jeziku pa SLOVENSKA TABLICA ČRKOVANJA. Obe moramo dobro poznati, saj se obvezno uporabljata v radioamaterskih zvezah v telefoniji: za zveze s tujimi radioamaterji mednarodna tablica, za zveze s slovenskimi radioamaterji pa slovenska. V zvezah z našimi radioamaterji lahko uporabljamo tudi mednarodno tablico, vendar ne mešano (uporabljamo samo slovensko ali samo mednarodno).

Slovenska tablica črkovanja

A	ANKARAN	O	ORMOŽ
B	BLED	P	PIRAN
C	CELJE	R	RAVNE
Č	ČATEŽ	S	SOČA
D	DRAVA	Š	ŠMARJE
E	EVROPA	T	TRIGLAV
F	FALA	U	UNEC
G	GORICA	V	VELENJE
H	HRASTNIK	Z	ZALOG
I	IZOLA	Ž	ŽALEC
J	JADRAN	Q	QUEEN
K	KAMNIK	W	DVOJNI V
L	LJUBLJANA	X	IKS
M	MARIBOR	Y	IPSILON
N	NANOS		

Mednarodna tablica črkovanja

A	ALPHA	N	NOVEMBER
B	BRAVO	O	OSCAR
C	CHARLIE	P	PAPA
D	DELTA	Q	QUEBEC
E	ECHO	R	ROMEO
F	FOXTROT	S	SIERRA
G	GOLF	T	TANGO
H	HOTEL	U	UNIFORM
I	INDIA	V	VICTOR
J	JULIET	W	WHISKEY
K	KILO	X	X-RAY
L	LIMA	Y	YANKEE
M	MIKE	Z	ZULU

Poglejmo, kako pravilno črkujemo klicni znak S59AGO (po slovenski in mednarodni tablici):

SOČA PET DEVET ANKARAN GORICA ORMOŽ

SIERRA FIVE NINE ALPHA GOLF OSCAR

Klicni znak oddamo oziroma črkujemo vedno v celoti - razne kombinacije npr: 59AGO, 9AGO... niso klicni znak radijske postaje! V zvezah, kjer je več udeležencev, se preprosto pove, kdo je na vrsti za oddajo, na vsakih nekaj minut pa se postaje predstavijo s polnim klicnim znakom (obvezno vsakih deset minut!).

4. AMATERSKE DIGITALNE KOMUNIKACIJE

RTTY

Že od samega začetka so radioamaterji iskali možnosti za nove, boljše in hitreje načine izmenjave informacij. Prvi korak v tej smeri je bila povezava teleprinterja in radijske postaje. Nastal je radijski teleprinter (RTTY). Na ta način sta lahko dva radioamaterja na velike daljave prenašala informacije hitreje kot pa s pomočjo Morzejevih

znakov. Logične enice in ničle se pretvarjajo v dve neodvisni frekvenci, ki se razlikujeta za 170 Hz (odvisno od kode pa tudi 200 Hz, 425 Hz ali 850 Hz). Podobno kot pri Morse-kodu tudi tu kodificiramo črke, številke in ločila. Standardiziranih je več različnih kodov. Poglejmo dva, ki sta najpogostejša:

BAUDOT kod je star, petbitni kod, ki se je uporabljal pri mehanskih napravah. Vsak znak je sestavljen iz enega začetnega bita, petih podatkovnih bitov ter enega in pol stop bita. Ker je podatkovnih bitov pet, lahko tvorimo le 2^5 (32) kombinacij, kar pa je še vedno dovolj za celoten nabor črk. Manjkajo seveda še številke, ločila in kontrolni znaki. Zato je ena od kombinacij petih podatkovnih bitov rezervirana za preklon črk v znake in druga kombinacija za preklon znakov v črke.

Poglejmo primer: kod 11000 je tako črka "A" kot tudi znak "-"; kod za preklon na črke je 11111 in kod za preklon na znake 11011. Zaporedje "A-AA" bi torej zapisali kot 11111 11000 11011 11000 11111 11000 11000. Slabost Baudot koda je med drugim tudi to, da nimamo malih črk. Manjkajo nam tudi nekatera ločila in v določenih primerih, ko je poslana informacija vsebovala veliko ločil, številčk in črk, je prenos trajal precej dolgo, saj je pošiljatelj veliko časa potreboval za preklon med znaki in črkami.

ASCII (American Standard Code for Information Interchange) je kod, razvit za izmenjavo podatkov med elektronskimi napravami. Novejši RTTY vmesniki (skoraj vse sedanje komunikacije v obliki RTTY potekajo preko računalnikov) uporabljajo osembitni ASCII kod. Ker je podatkovnih bitov sedem (osmi se uporablja za kontrolo prenosa - paritetni bit), imamo lahko do 128 različnih znakov, kar pa je dovolj za vse črke, številke, ločila in ostale potrebne znake.

Za RTTY delo potrebujemo (če seveda ne najdemo starega mehanskega teleprinterja) le majhen vmesnik (namenjen pretvorbi in prilagoditvi signalov), ki ga priključimo med radijsko postajo in računalnik, ter program, ki obdeluje sprejete podatke. Vsebina RTTY zveze je podobna CW zvezi; sporočil seveda ne sprejemamo zvočno, temveč so vidna na monitorju. Za RTTY delo se uporabljajo dogovorjene frekvence (na HF npr. 3575 kHz, 7035 kHz, 14075 kHz, 21075 kHz in 28075 kHz).

AMTOR

Velik problem pri prenosu so napake. Pošiljatelj pač pošilja informacije, na drugi strani pa eden ali več prejemnikov sprejemajo tako informacije kot vse motnje. Napake so zato neizbežne, včasih jih je celo več kot koristnih informacij. Treba je torej uporabiti način prenosa, pri katerem motnje ne vplivajo več toliko na sam prenos. Tu smo se radioamaterji zgledovali po profesionalnih uporabnikih RTTY, predvsem po sistemu, ki so ga uporabljali za komunikacijo med ladjami in kopnim (prenos telegramov). V osnovi je to protokol prenosa (zbirka predpisov, ki opisujejo določen način prenosa), kjer se na sprejemni strani preverja sprejeto sporočilo in po potrebi zahteva ponovitev določenega dela teksta. Seveda to opravlja naprava sama in ne operater ročno. Za radioamatersko uporabo se je tako privzelo ime AMTOR. Obstajajo tri vrste AMTOR komunikacij:

- ARQ (AMTOR A) z avtomatičnim zahtevkom (Automatic ReQuest),
- FEC (AMTOR B) z vnaprejšnjo odpravo napak (Forward Error Correction),
- SEL-FEC/B (AMTOR B with SElective Broadcast), kjer pošiljatelj pošilja sporočilo hkrati le enemu prejemniku.

FACTOR

Kljub vsem ugodnostim, ki jih je prinesel AMTOR, so bile pri prenosu podatkov vseeno še težave, saj je pri slabih zvezah močno prisoten šum in druge motnje. Občasno so motnje celo močnejše od koristnega signala. V takšnih primerih potrebujemo vrsto komunikacije, ki je kljub težkim pogojem sposobna vzdrževati zvezo.

Če radioteleprinterski AMTOR komunikaciji dodamo stiskanje (kompresiranje) podatkov med prenosom, spreminjanje hitrosti prenosa v odvisnosti od kvalitete zveze, dodatne podatke za večjo zanesljivost prenosa ter vse skupaj oblikujemo v ne prevelik paket podatkov, dobimo FACTOR.

Seveda za vse omenjene postopke obdelave podatkov majhno vezje ni več dovolj. V ta namen uporabljamo zmogljive DSP računalnike in programe, ki pomagajo obdelovati podatke. FACTOR je sodoben način komuniciranja, ki ga uporabljamo na kratkem valu za dolge zveze v oteženih pogojih. Pasovna širina (kljub povečanemu pretoku informacij

in uporabi FSK modulacije) ustreza zahtevam za delo na KV (500Hz). Razvoj PACTOR-ja se še ni ustavil. Leta 1994 je DL2FAK predstavil nadaljevanje projekta, imenovanega PACTOR-2, ki omogoča še zanesljivejši in hkrati hitrejši prenos podatkov.

PACKET RADIO

Računalniki so hitro našli svoje mesto v radioamaterski praksi. Radioamaterji jih uporabljamo kot pripomoček pri svojem delu. Ponudba radioamaterskih računalniških programov je izredno pestra. Računalnik nam na primer pomaga pri učenju telegrafije, pri vodenju operatorskega dnevnika, omogoča nam delo z RTTY, izračunava tirnice umetnih satelitov itd. Da lahko naš računalnik res dobro izkoristimo, nam kljub pestri ponudbi programov še vedno nekaj manjka. Tako na primer za dokaj točen izračun tirnic satelitov potrebujemo vsak mesec sveže Keplerjeve elemente, ki jih lahko sicer najdemo v različnih radioamaterskih glasilih, vendar je vnašanje števil v računalnik zelo duhamorno opravilo. Kako lepo bi bilo, če bi si te podatke lahko kar presneli na naš računalnik, tako kot si na primer presnamemo kakšen program iz diskete. Izmenjava disket v takšnem primeru ni najbolj posrečena, sploh pa ne hitra rešitev. Kaj pa, če bi se lahko s svojim računalnikom povezali na kakšen drug računalnik, ki zelene podatke ima in nam jih "dovoli" presneti?

Tò je že razmišljanje, ki vodi v pravo smer! Seveda se takoj postavi vprašanje, kako tehnično izvesti povezavo med dvema računalnikoma. Najprej se je treba odločiti za ustrezen komunikacijski kanal, preko katerega si bosta računalnika izmenjevala podatke. Ker smo radioamaterji, si lahko za komunikacijski kanal izberemo radijski kanal. Povezava bo torej potekala preko radijske postaje. Zopet naletimo na problem, ker podatki iz računalnika niso primerni za prenos preko radijske postaje. Ta problem rešimo z uporabo MODEMa, ki nam računalniški signal pretvori v signal, primeren za prenos preko radijske postaje. Seveda potrebujemo tak modem tudi na drugi (sprejemni) strani, kjer mora opraviti obratno operacijo. Računalniške signale tako na nek način pred oddajo moduliramo, po sprejemu pa demoduliramo; od tod tudi ime MODEM (MODulator-DEModulator). Z izbiro modema je določena vrsta modulacije in hitrost prenosa podatkov. Za uspešen prenos moramo definirati še obliko podatkov in komunikacijski PROTOKOL, ki predpisuje, kako naj računalnika vzpostavita zvezo, kako si izmenjata podatke in kako zvezo prekineta. Za to skrbi ustrezen računalniški program.

Povezava samo dveh računalnikov med sabo nam ne zadostuje. Pestro izbiro raznih podatkov, njihovo učinkovito iskanje in še kaj lahko zagotovi le več računalnikov, ki so med seboj povezani v računalniško OMREŽJE. Radioamatersko računalniško omrežje se imenuje PACKET RADIO (PR). Omogoča zanesljiv prenos podatkov, delitev komunikacijskega kanala med več postajami in avtomatsko usmerjanje po omrežju. Uporabnikom ponuja možnost uporabe različnih storitev, kot so na primer dostop do specializiranih baz podatkov, oglasne deske (BBS), izmenjava elektronske pošte, vzpostavljane zvez, prehodi med različnimi omrežji itd.

Packet radio omrežje je zelo veliko in pokriva praktično cel svet. Da tako veliko omrežje lahko deluje, je potrebna določena infrastruktura, ki omogoča povezovanje računalnikov na zelo velikem geografskem področju. Osnovno infrastrukturo tvorijo vozlišča. VOZLIŠČE je računalnik, ki je preko radijskih postaj povezan z drugimi vozlišči. Njegova naloga je usmerjanje podatkov oziroma prenos podatkov od predhodnih vozlišč ali od uporabnikov do naslednjih vozlišč v tem smislu, da vsak podatek prispe na pravi cilj - do pravega končnega vozlišča oziroma do končnega računalnika. Uporabnik mora tako zagotoviti samo povezavo z najbližjim vozliščem, kateremu pove, kam naj ga poveže naprej po omrežju. Ko vozlišče preko omrežja vzpostavi navidezno zvezo z zelenim vozliščem ali zelenim-klicanim računalnikom, to sporoči uporabniku in prenos podatkov med uporabnikovim računalnikom in ciljnim računalnikom se lahko prične. Poleg vozlišč tvorijo infrastrukturo omrežja še posebni računalniki, ki nudijo uporabnikom različne storitve (baze podatkov, poštni nabiralniki za elektronsko pošto ipd).

Zaradi nazornosti si pogledjmo primer: uporabnik - radioamater iz Ljubljane se s svojim računalnikom poveže preko UKV radijske postaje za vozliščem na Krvavcu in mu pošlje zahtevo, da naj vzpostavi zvezo z bazo podatkov v Mariboru. Vozlišče na Krvavcu preko vozlišč na Kumu in na Pohorju vzpostavi zvezo z bazo podatkov v Mariboru in uporabniku sporoči, da je povezava vzpostavljena. Prenos podatkov se tako lahko začne.

V dobrem omrežju uporabniku ni potrebno poznati poti do cilja. Za to mora poskrbeti omrežje samo. Vsaka postaja v omrežju mora imeti svoj NASLOV. V primeru packet radia so naslovi kar klicni znaki. Klicnih znakov torej nimajo samo uporabniki - radioamaterji, temveč tudi vozlišča in drugi računalniki, ki tvorijo infrastrukturo omrežja.

Če želimo preko packet radija poslati določene podatke, na primer tekst, ki je dolg nekaj strani, računalnik ne pošlje vsega teksta v eni oddaji, temveč ga razdeli na več manjših delov, ki poleg delov teksta vsebujejo še nekatere druge podatke. Tak del imenujemo PAKET podatkov. Od tod tudi ime PACKET RADIO. Paket sestavljajo OKVIRJI. Število, vsebino in vrsto okvirjev predpisuje KOMUNIKACIJSKI PROTOKOL. Radioamaterski komunikacijski protokol, ki se uporablja pri packet radiu, se imenuje AX25 (AX25 Amateur Packet-Radio Link Layer Protocol). Protokol tudi točno določa postopke za vzpostavljanje, vzdrževanje in prekinitev povezave med računalniki. Za te namene predpisuje protokol posebne nadzorne okvirje. Poleg nadzornih okvirjev pa poznamo tudi informacijske okvirje, v katerih se prenaša informacija-podatki (v našem primeru deli teksta). Vsak okvir vsebuje naslov ciljnega računalnika (ciljni klicni znak) in naslov računalnika, ki ta okvir pošilja (pošiljateljev klicni znak). Okvir vsebuje tudi informacijo, preko katere lahko računalnik, ki paket sprejme, ugotovi, ali je pri prenosu prišlo do napake. Če je bilo vse v redu sprejeto, računalnik potrdi pravilen sprejem, sicer pa od pošiljatelja zahteva, da ponovno odda nepravilno sprejet oziroma nepravilno sprejete okvirje. Tako je zagotovljen zanesljiv prenos podatkov.

Prej smo omenili, da omogoča packet radio delitev komunikacijskega kanala med več uporabniki. To pomeni, da si na eni frekvenci podatke lahko izmenjuje več packet postaj (računalnikov). Vsaka postaja lahko oddaja le nekaj časa (kolikor traja paket), potem pa mora malo počakati, da lahko odda še kakšna druga. V primeru, da dve postaji oddata paket hkrati, pride do TRKA paketov, kar ima za posledico, da na primer tretja postaja, ki ji je bil paket namenjen, le-tega ne more sprejeti. Postaji morata zato oddajo paketov ponoviti (seveda ne spet obe hkrati). Nadzor nad tem, kdaj lahko kakšna postaja odda paket, je zato pri packet radiu nujen. V ta namen se večinoma uporablja poseben algoritem za nadzor dostopa do komunikacijskega kanala, ki se imenuje CSMA (Carrier Sense Multiple Access). Algoritem CSMA lahko v grobem opišemo takole: vsaka postaja, ki želi oddati paket, najprej posluša, če je kanal prost (če že ne oddaja kakšna druga postaja) in če je, še malo počaka, spet preveri in nato odda paket. V primeru, da je kanal zaseden, paketa seveda ne odda in posluša ter čaka, dokler kanal ni prost. Čas, ko postaja pred oddajo še malo počaka, je zelo pomemben. Lahko je konstanten, še boljše pa je, da se naključno spreminja (kar še dodatno zmanjša verjetnost trkov). Do trkov v praksi seveda pride, če je na kanalu veliko uporabnikov. To pa

predvsem zaradi tega, ker se vse postaje, ki delajo na isti frekvenci, med sabo ne slišijo, kar pa zelo zniža učinkovitost CSMA algoritma.

Oprema za packet radio

Ko se človek prvič sreča s PR, se kar malce ustraši vseh novih pojmov, ki jih sliši, zato pogledjmo lepo po vrsti, kaj je kaj. Ker se lahko pri PR opravlja direktna komunikacija, je torej domača oprema osebna oprema za PR. V to sodi računalnik (prevladuje predvsem PC računalnik, seveda pa so v uporabi še Commodore 64, C128, Amige, Atariji; za delo so primerni tudi malce večji "kalkulatorji" ali pa najobičajnejši terminali), ki je povezan na vmesnik - največkrat TNC (Terminal Node Controller), ki poleg mikroračunalniškega dela vsebuje še modem.

Delo TNC-ja lahko opravlja tudi sam računalnik, seveda ob pomoči ustreznega programa, tako da potem potrebujemo le še modem. V Sloveniji sta najbolj razširjena dva vmesnika. Eden je TNC2 (v izvedbi S53MV) in vsebuje digitalni del, kjer se opravlja komunikacija z računalnikom, obdeluje tako sprejemne kot oddajne podatke ter služi tudi kot poštni nabiralnik z lastnim pomnilnikom, zato lahko deluje tudi brez pomoči računalnika. Nanj lahko priključimo različne modeme, odvisno od potrebe in zahtev. Druga vrsta je BayCom modem, ki deluje brez TNC-ja, zato mora biti za njegovo delo računalnik vklopljen. BayCom modem je poceni, njegova pomanjkljivost pa je v tem, da nanj ne moremo priklapljati drugih modemov; zato smo omejeni le na hitrosti, ki jih sam lahko obdeluje. Radijska postaja je običajno ročna UKV postaja, vendar pa PR promet poteka tudi na kratkem valu.

V zadnjem času je vedno več radioamaterjev, ki jim ne zadostuje počasni packet radio, saj TNC-ji in BayCom modemi ne morejo delovati pri višjih hitrostih. Zato je bila razvita SCC kartica, prirejena specifičnim razmeram v Sloveniji. To je kartica, ki jo vtaknemo v razširitveni konektor PC računalnika in vsebuje SCC (Serial Communications Controller) vezja. Na kartici je modem za 300/1200 b/s in Manchester modem za hitrosti med 2400 in 76800 b/s.

Delo na packet radiu

Kaj vse lahko počnemo s PR? Najprej so tako imenovane direktne zveze: zveza tipkovnica-tipkovnica, kjer se dva radioamaterja "pogovarjata" preko tipkovnice. To je najenostavnejša oblika zveze, vendar pa zahteva,

da sta ob istem času prisotna oba.

Če eden od korespondentov ni prisoten, mu drugi lahko pusti sporočilo. To lahko naredi na več načinov. Če ima klicani priključen TNC, mu lahko sporočilo pusti v njegovem internem poštnem predalu. Če le-tega nima, se priključi na najbližnji BBS in mu napiše sporočilo; vedeti mora le (poleg njegovega klicnega znaka), na katerem BBS-u se največ oglašata naslovnik (matični BBS). Sporočilo bo samo našlo pot do naslovnega BBS-a. Lahko pa se seveda priključi na njegov matični BBS in sporočilo bo tam počakalo naslovnika. Lastnost BBS-ov je, da so 24 ur na dan priključeni na omrežje, kar nam seveda olajša delo v omrežju. Njihova naloga je, da hranijo sporočila za naslovnike, da sami odkrijejo pot, kam bodo poslali kakšno sporočilo, in da posredujejo naprej javna sporočila - biltene.

Vprašanje je seveda še, kako dejansko priklicati sogovornika. Če poznamo njegovo frekvenco in vemo, da nas lahko sliši direktno, ga pokličemo direktno. Poglejmo primer: mi smo S57YYY in želimo poklicati S59ZZZ; vemo, da je na frekvenci 144.625 MHz (ki je hkrati tudi frekvenca vozlišča S55YLJ). Naš klic je: C S59ZZZ in nič drugega. TNC se bo sam trudil vzpostaviti zvezo. Če pa S59ZZZ ne slišimo direktno, potem se najprej povežemo z vozliščem in preko njega pokličemo uporabnika: C S55YLJ ter ko se vozlišče javi s Connected to S55YLJ, odtipkamo C S59ZZZ. No, ko smo že pri direktnih zvezah, lahko omenimo še zveze preko več vozlišč. Recimo, da nas zanima, kdo je trenutno prisoten v Parizu na PR omrežju. Preko množice vozlišč se priključimo na enega izmed pariških vozlišč in si tam najdemo sogovornika. Vedeti moramo le, da vsako dodatno vozlišče doda nekaj časovne zakasnitve k zvezi, kar pomeni, da lahko za vsako naše vprašanje čakamo na odgovor kar precej časa.

Za delo z vozlišči moramo poznati osnovne ukaze. V Sloveniji sta trenutno v uporabi dve vrsti vozlišč. Starejša, sestavljena iz množice TNC-jev in modemov ter vezja za povezavo le-teh, imajo vgrajen program TheNet. Ukazi, ki jih moramo tu poznati, so: **Connect**, **CQ**, **Info**, **Nodes**, **Users in Quit** (za pravilno razumevanje ukaza je dovolj, če vpišemo le tisti del ukaza, ki je napisan z velikimi črkami). **Connect** je namenjen klicanju druge postaje - ko se enkrat priključimo na vozlišče, se vsi odtipkani ukazi obnašajo tako, kot da bi pisali ukaze na vozlišču in ne doma. **CQ** je namenjen pozivanju vseh, **Info** pa nam da informacije o vozlišču (frekvenca, hitrost, nadmorska višina...). **Nodes** je spisek vseh

vozišč, BBS-ov in MailBox-ov, ki so avtomatično dosegljivi preko tega vozišča. **Users** nam izpiše vse uporabnike, ki so trenutno priključeni na vozišče, in s **Quit** zaključimo delo (izklop iz vozišča).

Druga vrsta vozišč pa se imenuje "SuperVozelj". To je projekt, ki ga je razvil S53MV in je izključno domači izdelek. Tu niso več med sabo povezani TNC-ji, temveč je vse skupaj združeno v zmogljiv računalnik, zgrajen okoli procesorja Motorola 68010, ki trenutno omogoča priključevanje do šest različnih modemov in postaj. SuperVozelji so zamenjali stara vozišča TheNet, saj so zmogljivejši in prepotrebni za hitrejša omrežja. SuperVozelj ima v glavnem slovenske ukaze, zato se razlikujejo od ukazov v TheNet-u: **Avtomat** izpiše vse postaje, katerim lahko avtomatično posreduje klic (v TheNet-u ima to vlogo **Nodes**). **Connect** kliče drugo postajo, **Info** pa nam da spisek kanalov, frekvenc in hitrosti ter osnovne podatke o vozišču. **Novice** so tekst, kjer se uporabnike obvešča o vsem mogočem. **Poslušaj** vam javi, koga vse je v zadnjem času slišalo vozišče, **Sporočila** pa je uporabljen zato, da uporabniku, ki je tudi priključen na to vozišče, sporočite kratek tekst (namenjen je pogovorom med uporabniki). **Uporabniki** izpiše listo trenutno prisotnih uporabnikov, **Zapusti** pa zaključí zvezo.

Ker pa so na PR tudi BBS-i in MailBox-i, si pogledjmo, kaj lahko počnemo z njimi. Ko se priključimo na kateregakoli od njih, lahko sprejemamo in pošiljamo sporočila, beremo biltene iz vsega sveta ter prenašamo datoteke. Programi, na katerih tečejo BBS-i v Sloveniji, so TheBox, BayBox, FBB in JNOS.

Osnovni ukazi, ki so ne glede na vrsto BBS-a enaki, so **Read**, **Send**, **List** in **Bye**. Z **Read** preberemo sporočilo, s **Send** ga pošljemo, z **List** listamo sporočila in z **Bye** se poslovimo (seveda tudi tu velja, da je za pravilno razumevanje ukaza dovolj prva črka besede). Pogledjmo primer:

Želimo poslati sporočilo Kenu, K1ZKM, katerega matični BBS je KA1KAM. Napišemo S K1ZKM Ž KA1KAM; sistem nas vpraša za naslov sporočila in ko ga vpišemo, lahko pričnemo pisati sporočilo. Zaključimo ga s **Control-Z**. BBS bo po svojih listah pogledal, kam (na katerega od sosednjih BBS-ov) mora najprej poslati sporočilo, da bo prišlo do ZDA. To je tako imenovano avtomatično posredovanje (automatic forward).

Ne najmanj pomembno področje dela na PR je zbiranje DX informacij. Za to služi DXCLUSTER-računalnik s programom, ki je povezan s podobnimi računalniki po vsej Evropi in si z njimi venomer izmenjuje informacije o trenutno zanimivih zvezah, frekvencah in podobnem. DXCluster je vedno bolj pomemben del "opreme" vsakega operaterja med tekmovanji, tako na kratkem valu kot tudi višje.

Ukazi, pomembni za delo z DXCluster računalnikom, so drugačni od tistih za delo z BBS-i. Omenimo jih le nekaj: **Announce** je najava vsem uporabnikom na lokalnem računalniku, **Bye** zapusti program, z **DX** napoveš zanimivo zvezo (oblika ukaza je DX frekvenca znak), **Show/DX** ti prikaže zadnjih pet najav DX-ov, **Set** je tako kot **Show** zbirka različnih ukazov - uporabimo ga za nastavljanje nekaterih podatkov (**SET/Name** za vpis imena...); **Help** je pomoč, **Talk** pa uporabimo takrat, ko želimo poslati kratko sporočilo drugemu uporabniku, ki je takrat priključen.

Zaradi lažje uporabe vozlišč, BBS-ov, MailBox-ov in DXClustra, imajo te postaje poleg klicnega znaka še svoje alternativno ime, **Alias**, ki si ga večina uporabnikov lažje zapomni. Na primer: DXCluster, ki ima klicni znak S50DXC, ima alias DXCLUS. Kličemo ga lahko torej kot C S50DXC ali pa C DXCLUS.

Parametri

Predno pričnemo z delom na PR, pravzaprav še preden prvič pričnemo oddajati paketke, je potrebno preveriti, ali imamo vse pravilno nastavljeno. Nastavitve se opravijo s parametri in dobro jih je vsaj nekaj poznati, saj lahko s pravilnimi nastavitvami izboljšamo hitrost in zanesljivost prenosa. Hkrati s pravilno nastavljenimi parametri omogočamo tudi drugim uporabnikom, da kolikor toliko nemoteno delajo na istem kanalu.

Paclen je dolžina okvirja. Krajši kot je, z večjo zanesljivostjo bo prišel skozi zasedeno frekvenco; prekratek ne sme biti, saj povzroča prepogosto oddajanje in nepotrebno zasedanje kanala.

TXDelay je zakasnitev med trenutkom, ko gre postaja na oddajo, in začetkom oddajanja koristne informacije. Nastavimo ga na minimalno vrednost, pri kateri zveza še deluje.

MAXFrame je število okvirjev v enem paketu. Večji ko je maxframe, daljši je čas oddajanja paketa in s tem večja verjetnost, da bo prišlo med oddajo do motenj in napake.

Računalnik izračunava naključno številko med 0 in 255. S parametrom **P-Persist** nastavimo prag prehoda na oddajo. Če je naključno število manjše od nastavljenega praga, gre naša postaja na oddajo, drugače pa počaka določen čas, ki ga nastavimo s **Slottime** in zopet ponovi izračun. Ta dva parametra uporabljamo zato, da ne pride do 'trkov', ko več postaj hkrati prične z oddajo. V primeru, da nastavimo **P-Persist** na 0, postaja nikoli ne bo šla na oddajo; če pa izberemo vrednost 255, bo postaja vedno šla na oddajo.

Še trije parametri so pomembni za delo na PR. **Resptime** je čas, ki ga naša postaja počaka, predno potrdi sprejete podatke, in naj bo daljši od najdaljšega paketa, saj s tem tudi drugim omogočimo delo na frekvenci.

Frack je čas, po katerem gre postaja zopet na oddajo, če ni dobila odgovora.

Retries pa je največje dovoljeno število ponovitev. Če je zveza slaba, lahko pride tudi do neskončnih ponovitev, zato je dobro ta parameter nastaviti na največ dvajset.

Še pregledna tabela priporočljivih nastavitvev, urejena za 1200 b/s, 2400 b/s, 19200 b/s in 38400 b/s ob povprečno zasedeni frekvenci (frekvence na PR so najbolj zasedene med 18:00 in 24:00, zato v tistem času omejite svoje delo na minimum):

PARAMETER	1200 b/s	2400 b/s	19200 b/s	38400 b/s
TXDELAY	300ms	220ms	20ms	10ms
MAXFRAME	2	4	7	7
PACLEN	100	100	255	255
SLOTTIME	130ms	70ms	20ms	10ms
P-PERSIST	32	32	64	64
FRACK	10s	8s	1s	1s
RESPTIME	2000ms	1000ms	180ms	150ms

In kako je s packet radiom v Sloveniji? Imamo preko dvajset vozlišč in sedem BBS-ov ter en DXCluster (stanje januarja 1995). Vhodi za uporabnike so večinoma na 2m, s hitrostmi med 1200 b/s in 2400 b/s, pa tudi na 70cm 1200 b/s, 19200 b/s, 38400 b/s in 76800 b/s. Za hitrosti do vključno 1200 b/s se uporablja AFSK modulacija, za višje hitrosti pa manchester modulacija. Hitrosti do vključno 2400 b/s lahko prenašamo preko običajnih nepredelanih ozkopasovnih FM radijskih postaj, za višje hitrosti pa so narejene posebne širokopasovne postaje (prav tako delo S53MV). Povezani smo s sosednjimi državami, tako da je možno "potovati" po celi Evropi, imamo pa tudi vstop v Internet, preko katerega se povezujemo z radioamaterji po celem svetu...

Posodobitev mreže se ne bo ustavila pri zamenjavi vozlišč, saj se že pripravlja projekt zamenjave glavnih radijskih postaj s takimi, ki bodo omogočale dosti hitrejše zveze, vsaj 1 Mb/s.

5. AMATERSKE SSTV IN FSTV (ATV) ZVEZE

SSTV IN FAX ZVEZE

SSTV - Slow Scan Television (prenos mirujočih slik na daljavo) je ena izmed oblik tehnično zahtevnejših načinov prenosa informacij. Soroden način prenosa je tudi FAX - Faksimile (prenos pisanih sporočil). Skupni lastnosti obeh sta, da oba uporabljata OZKOPASOVNI način oddaje in sprejema, torej ju lahko prenašamo na vseh frekvenčnih pasovih s SBB ali FM moduliranjem nosilca. Ker so slikovne informacije v obeh načinih dela v slišnem spektru, lahko te informacije zelo preprosto shranjujemo na navadnem magnetofonu. Pri obeh načinih prenosa nastaja slika (vrstico za vrstico) v trajanju najmanj 8 sekund pri nizkoločljivem SSTV, pa do nekaj minut pri SSTV ali FAX prenosu v visoki ločljivosti. Za oba načina dela so rezervirane posebne frekvence ali kanali v vseh amaterskih frekvenčnih pasovih: na njih ne smemo vzpostavljati fone ali drugih zvez, razen če smo v SSTV ali FAX zvezi, kjer se med posameznimi relacijami s korespondentom tudi pogovarjamo.

SSTV omogoča prenos mirujočih črno-belih ali barvnih slik od najnižje ločljivosti (120 x 120 slikovnih točk) do visokih ločljivosti v barvah. Za SSTV delo je značilno to, da sprejeta slika nastaja na ekranu monitorja. Za SSTV delo potrebujemo: običajno ozkopasovno (SSB ali NBFM) radijsko postajo s pripadajočo opremo, SSTV ali video

kamero in Scan Converter (pretvornik SSTV v FSTV in obratno), monitor in magnetofon za arhiviranje opravljenih zvez. Scan Converter lahko zelo učinkovito nadomesti DSP ali PC računalnik z ustreznim programom in vmesnikom.

FAX delo omogoča prenos mirujočih črno-belih ali barvnih pisanih sporočil in slik v višjih ločljivostih. Za FAX delo je značilno, da pri sprejemu nastaja slika običajno direktno na toplotno občutljivem papirju faksimilne naprave, razen ko se pri FAX zvezah v ta namen uporablja računalnik. Za FAX delo potrebujemo: običajno ozkopasovno (SSB ali NBFM) radijsko postajo s pripadajočo opremo, faksimile - napravo za prenos pisanih sporočil po telefonskih linijah, poseben vmesnik za povezavo na radijsko postajo in kasetofon za arhiviranje. To posebno opremo pa preprosto nadomesti uporaba DSP ali PC računalnika z ustreznim programom in vmesnikom.

Procedura SSTV ali FAX zveze je podobna drugim amaterskim zvezam, le da se tukaj sporočila prenašajo slikovno. Na sliki ali več slikah za splošni klic je z velikimi in čitljivimi črkami izpisano: CQ CQ CQ SSTV DE S59XXX PSE K. Postaja, ki je slišala naš klic, bo po naši oddaji in krajši pavzi oddala sliko z vsebino: S59XXX DE S59YYY PSE K. Sedaj S59XXX odda prvi del zveze s serijo slik, katere morajo vsebovati: S59YYY DE S59XXX, raport, ime in QTH, S59YYY DE S59XXX. Sledi prvi del zveze S59YYY in nato drugi del zveze za S59XXX. V drugem delu izmenjamo slikovne informacije o uporabljeni SSTV (FAX) opremi ter prošnjo za izmenjavo QSL kartic. Na koncu zvezo tudi ustrezno zaključimo. Med posameznimi oddajami slik se s korespondentom tudi pogovarjamo, če se vnaprej tako dogovorimo.

Pri SSTV (FAX) zvezah se seveda ne prenašajo samo tekstovna sporočila. Čar teh oblik prenosa je v slikah iz telekomunikacijskih dejavnosti in življenja radioamaterjev, katere običajno prenašamo v drugem delu SSTV (FAX) zveze. Opisani teksti so napisani čez raznovrstne slike. Sprejete slike, natisnjene na črno-belem ali barvnem Laser-Jet (Ink-Jet) tiskalniku, so lahko zelo lep in trajen spomin na opravljene zveze.

Frekvence, namenjene SSTV delu, so: 3.730 MHz, 7.040 MHz, 14.230 MHz, 21.340 MHz, 28.680 MHz, 144.500 MHz, 432.500 MHz in 1296.500 MHz. Za FAX delo na 2m pa je še posebej rezervirana frekvenca 144.700 MHz. In ne pozabimo: pred CQ klicem se vedno

prepričajmo, če je SSTV (FAX) frekvenca prosta. Med zvezo vedno tudi poslušajmo signal v zvočniku, saj se bomo le tako lahko ustrezno nastavili na frekvenco in sinhronizirali sliko ali ugotovili vzrok sivih prog - motenj v sliki.

FSTV (ATV) ZVEZE

ATV - Amateur Television (radioamaterska televizija) ali FSTV - Fast Scan Television (hitro nastajajoča slika) je oblika brezžičnega prenosa vidne informacije - gibljive slike na daljavo. Zakaj dve kratici za eno vrsto dela? Kratica FSTV nam dejansko pove za kakšno obliko dela gre, vendar pa se je, odkar obstaja prenos gibljive slike, v vseh državah uveljavila kratica ATV in kot taka predstavlja prenos gibljive slike. Osnovne lastnosti ATV oblik prenosa so: ATV signal je po svoji zgradbi zelo kompleksen in zaradi tega zasede veliko pasovno širino (od 5 do 16 MHz); poleg slike se v enem ali večjih tonskih podnosilcih (SBC - Sub Carrier) prenaša vzporedno s sliko tudi ton. Glede na pasovno širino lahko ATV signale prenašamo izključno na višjih UHF amaterskih pasovih. Standard prenosa v S5, I, OE in DL je PAL in je po kvaliteti enakovreden običajnim TV oddajam.

Osnovni nosilec ATV slike je FM moduliran z video informacijo, dodan pa mu je eden ali več tonskih podnosilcev (SBC) z zamikom 5.5 do 10.7 MHz od nosilca slike. Tonski podnosilec se modulira prav tako FM in je širokopasoven, običajno 180 KHz. Nekdaj se je uporabljal v 70cm pasu tudi AM način moduliranja slike s FM tonom, kot pri zemeljski-komercialni TV (zaradi slabih lastnosti se ne uporablja več). Prav tako 70cm frekvenčnega pasu zaradi prenatrpanosti z drugimi oblikami dela za ATV ne uporabljamo več. Za ATV delo so na vseh višjih UHF ter SHF amaterskih pasovih rezervirani deli pasu. Pri delu na tako visokih frekvencah smo v direktnih zvezah skoraj vedno omejeni z optično vidljivostjo med korespondentoma. Zaradi specifičnosti ATV zvez je temu delu dodeljena še posebna mednarodna ATV pogovorna frekvenca 144.750 MHz. Na tej frekvenci se pred zvezo, med njo ali tudi drugače koordiniramo uporabniki ATV. Ta frekvenca je običajno namenjena tudi daljinskemu krmiljenju ATV repetitorjev. Če so takšni repetitorji v soseščini, pa mora njihovo krmiljenje na isti frekvenci biti selektivno s CTCSS zaporo. ATV pogovorna frekvenca se sme uporabljati izkjučno za ATV namene.

Opremo, potrebno za ATV, sestavljajo: poseben širokopasovni ATV FM oddajnik in širokopasovni ATV FM sprejemnik s pripadajočo opremo, običajna video kamera, monitor, video-rekorder za arhiviranje; kot dodatno opremo pa uporabljamo video mešalnike, enote za video efekte in računalnike z dodatnimi video vmesniki. Slednji so v zadnjih letih naredili pravo tehnično revolucijo na tem področju in omogočajo skoraj vse, kar se da narediti s profesionalno studijsko TV opremo.

Pred pričetkom ATV zveze se najprej odločimo ali bomo delali direktno zvezo ali posredovano preko ATV repetitorja in temu ustrezno nastavimo frekvence na sprejemniku in oddajniku. 2m radijsko postajo imejmo vedno na 144.750 MHz, da nas bo morebitni korespondent ali radioamater, ki samo sprejema naše signale, lahko poklical. Pred pričetkom zveze si vedno pripravimo nekaj napisov na bel papir (video test sliko, CQ CQ CQ ATV DE S59XXX PSE K, ATV TEST DE S59XXX in druge) ali pa v spomin video računalnika oziroma v kamero. Črke morajo biti kontrastnih barv in zelo velike, da jih bo korespondent lahko videl tudi pri velikem šumu v sliki. Preverimo, če so frekvence proste, in začnemo s splošnim klicem tako, da obrnemo kamero v napis CQ CQ CQ ATV DE S59XXX PSE K. Med tem ko smo na ATV oddaji, poslušamo na 144.750 MHz Korespondent nas tam pokliče; počaka na zaključek CQ klika in gre sam na oddajo s sliko: S59XXX DE S59YYY PSE K.

Zveza se nadaljuje v obveznih dveh delih. V prvem izmenjamo raport, ime in QTH, v drugem pa podatke o opremi in druge informacije. V raportu dajemo ocene o kvaliteti tonskega podnosilca (SBC), o jakosti sprejemnega signala in oceno kvalitete barv. V prvem in vseh naslednjih delih zveze je kamera običajno na stojalu in oddaja poteka v živo, z vnaprej pripravljenimi inserti posnetkov iz traku ali digitaliziranih slik iz računalnika. Po uspešni zvezi lahko korespondentu na njegovo željo predvajamo dele njegove oddaje, posnete na našem traku, da sam vidi kvaliteto lastne oddaje.

Vsako vzpostavljeno ATV zvezo tudi vpišemo v dnevnik radijske postaje in jo potrdimo z odposlano QSL kartico. Potrjujemo lahko tudi samo sprejem ATV signalov; za sliko, sprejeto iz ATV repetitorja, QSL kartico pošljemo lastniku ali vzdrževalcu sistema. Vsaka ATV postaja (osebna ali repetitor) mora imeti vgrajen video identifikator (VID) v katerem je z dovolj velikimi in čitljivimi črkami zapisan klicni znak

postaje; lahko pa tudi QTH, lokator in ostali podatki. Repetitorske postaje imajo vgrajeno test sliko s klicnim znakom. Osebne in repetitorske postaje vključujejo svoj video identifikator na začetku in ob koncu ATV zveze; po potrebi tudi občasno med zvezo. Pri delu preko ATV repotorja upoštevajmo navodila za delo, ki so običajno objavljena na informacijski strani video spomina na ATV repetitorju, na bližnjem Packet Radio vozlišču ali BBS-u. Uporabljajmo samo tiste ukaze ATV repetitorja, katerih pomen temeljito poznamo.

6. DNEVNIK DELA RADIJSKE POSTAJE

Predpisi v večini držav vsebujejo tudi določila o obveznem vodenju dnevnika amaterske radijske postaje. Slovenski pravilnik, ki ureja delovanje amaterskih radijskih postaj, predpisuje, da se vsi podatki, ki se nanašajo na zvezo, vpišejo v dnevnik radijske postaje. Dnevnik se vodi tako, da je zagotovljena trajnost zapisa.

V dnevnik amaterske radijske postaje je treba obvezno vpisati naslednje podatke:

1. dan, mesec in leto vzpostavljenе zveze;
2. čas začetka zveze; pri daljšem oddajanju tudi čas konca oddajanja;
3. klicni znak postaje, s katero je bila vzpostavljena zveza;
4. naziv uporabljenega frekvenčnega pasu;
5. vrsta oddaje;
6. podpis operaterja (za klubske postaje).

Dan in mesec se vpisujeta v obliki skupine štirih arabskih števil; čas se vpisuje po koordiniranem univerzalnem času (UTC) kot skupina štirih arabskih števil, ki označujejo ure in minute (0000-2359).

Gornji podatki so v dnevniku obvezni, vanj pa se praviloma vpišejo tudi podatki o kakovosti signala in kakovosti sprejema, lokacija postaje, s katero je bila vzpostavljena zveza, vrsta in jakost motenj in drugo.

Dnevnik amaterske postaje moramo hraniti najmanj tri leta po zadnjem vpisu.

Prav te predpisane podatke in še nekatere druge (npr. za izmenjavo QSL kartic) vsebuje standardni dnevnik amaterske radijske postaje - radioamaterji ga imenujemo LOG. Pisanje dnevnika izgleda takole:

DATE 19. 94.	TIME	CALL-SIGN STATION	Freq Mode	SIGNAL REPORT		OTHER DATA / REMARKS		QSL	
				SENT	RECD			S	R
05.12.	2046	VK4XA	14 CW	599	599	BRISBANE	RUSS		
"	2159	VE1LT	14 CW	579	599	NR HALIFAX	DOUG		
"	2211	5V7RF	7 SSB	59	59	VIA NCGA		✓	✓
06.12.	0705	JR3AKG	21 CW	569	579	OSAKA	TAK		
"	0709	JA4FMS	21 CW	579	559	OKAYAMA	KEN		
"	1121	9L9DXG	28 SSB	59	59	FREETOWN-BOX 10	JOHN	✓	
08.12.	0547	W2LYL	7 CW	559	579	NJ	LOU	✓	
"	0549	W7EBF	7 CW	559	559	WA	ED		
09.12.	0611	HC1MD	7 SSB	59	57	VIA K8LJG-DIRECT		✓	
13.12.	2005	D44BC	14 SSB	59	59	CBA		✓	
"	2114	6Y5/W9GHY	14 CW	599	599				
"	2145	S59CW	10 CW	599	599	LJUBLJANA	STEVO		
"	2224	CN8EK	35 CW	599	599				
"	2307	KJ8M/CØH	14 CW	599	599	NA-67 (OTA)			✓
15.12.	1226	S59AR	144 FM	59	59		DRAGO		
"	1252	S57XX	144 SSB	59	59	JN76DI	JURE		
"	1256	S57GM	144 SSB	59	59	JN76DJ (SKOPEJALKA)	BORUT		
16.12.	1414	S58AM	432 CW	559	559	JN86CR			

Dnevnik amaterske radijske postaje

7. QSL KARTICA


Ko smo govorili o Q-kodu, smo rekli, da QSL pomeni "potrjujem sprejem". Kaj je pravzaprav QSL kartica? Kos kartona ali tršega papirja, ki ima podoben format kot dopisnica ali razglednica, je za radioamaterje zelo pomemben - kartice se pošiljajo in prejemajo, želijo, včasih tudi ne dobijo, pišejo, zbirajo ... QSL kartica je neločljivi del radioamaterstva in pravzaprav njegov simbol. Njen namen je potrditev vzpostavljene zveze - dokaz, da smo zvezo res imeli z radioamaterjem, ki nam jo je poslal.

Kakšna naj bo QSL kartica? QSL kartica je radioamaterska vizitka, in tako kot so te različne, se tudi QSL kartice med seboj razlikujejo (odvisno od ocene, okusa in seveda denarja). Vsekakor pa mora biti kartica formata, ki ga priporoča IARU (9 x 14 cm, s čim manjšim odstopanjem). To pa ne pomeni, da ne smemo imeti večjega formata (in biti posebnež; nekateri imajo celo format A5 ali celo večjega), vendar v tem primeru ne moremo pošiljati kartic preko QSL birojev članic IARU - takšen je dogovor in priporočilo IARU! QSL kartica naj

bo izdelana iz kartona (150-250 g), seveda poljubne barve in designa. Kovine in plastike pustimo umetnikom, ker so kartice, izdelane iz teh materialov, težke, lomljive in na njih težko pišemo. In ne nazadnje - namen QSL kartice je potrditev zveze, ne pa prikaz bogastva in ekstravagance. Lahko so tiskane enostransko ali na obeh straneh, vsebovati pa morajo naše podatke (klicni znak, naslov; po želji podatke o antenski in tehnični opreми, UL lokator idr.) ter podatke o vzpostavljeni zvezi (klicni znak korespondenta, datum in čas zveze, frekvenca, vrsta oddaje in raport). Običajno je na kartici tudi prostor za krajša sporočila naslovniku. QSL kartico lahko izdelamo kar sami - nekateri radioamaterji imajo spretno roko, pa še računalnik pomaga... Tudi razglednica domačega kraja ali s kakšnim drugim motivom bo prav zanimiva.

Kako je z reklamnimi sporočili na kartici? Radioamaterji pogosto, da rešijo problem financiranja, dajejo na QSL kartice razna reklamna sporočila, saj firme vedo, da le-te gredo po celem svetu in imajo za to interes. S tem ni nič narobe, treba je le poskrbeti, da reklama ni najpomembnejša na kartici in da je v mejah okusa; praviloma naj bi bila tudi povezana z našo dejavnostjo.

Poglejmo, kako izgleda QSL kartica:

SLOVENIA				»AMATEUR RADIO«			
S59AR							
CONFIRMING QSO WITH				AIOP FOC HSC TOPS RCC DXCC OTC			
<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>							
DAY	MONTH	YEAR	UTC				
<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>				
MHz	2-WAY	R	S	T			
<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>			
				DRAGO GRABENŠEK KUNAUERJEVA 4 61117 LJUBLJANA 73			
				MOSTLY CW 			

QSL kartica

Računalniki, ki nam tako lepo olajšajo in popestrijo delo na radijski postaji, so priskočili na pomoč tudi pri pisanju QSL kartic. Še posebno operaterjem, ki letno vzpostavijo več tisoč zvez - govorimo o nalepkah, ki jih, ko so izpisani podatki o zvezi, nalepimo na QSL kartico. Lepo je, če imamo kartico tiskano tako, da nalepka pride na ustrezno mesto, in prav, da se na nalepko podpišemo. Uporaba nalepke za že prej tiskane kartice je rešitev v sili in za tiste, ki pošiljajo res veliko kartic. Sicer pa je najlepša gesta, da jih pišemo lastnoročno, pa tudi kakšno dodatno sporočilo radioamaterju bo lep spomin na vzpostavljeno zvezo.

Pošiljanje QSL kartic po običajni pošti bi radioamaterje (posebno tiste, ki vzpostavijo veliko zvez) seveda veliko stalo. Zato imajo radioamaterske zveze po svetu za svoje člane organizirano posebno službo - QSL biro, kjer se zbirajo, razvrščajo in pošiljajo QSL kartice.

Tudi ZRS ima za člane organiziran takšen servis - QSL BIRO ZRS. QSL kartice pošiljamo ali osebno prinesemo na ZRS. Tu jih razvrščajo po državah, in ko se nabere ustrezna količina, pošiljajo na QSL biroje po svetu. V obratni smeri pa se dosepele QSL kartice razvrščajo v predale (vsak radioklub ZRS ima svojega in v njega grede kartice članov tega radiokluba). Kartice potem pošiljamo v radioklube, kjer jih prevzamejo člani - operaterji. Pri pošiljanju kartic se moramo držati navodil in priporočil biroja (kartice pravilno izpolnemo in sortiramo po državah), da omogočimo čimboljše in čimhitrejše poslovanje - letni promet QSL biroja ZRS je več stotisoč QSL kartic!

QSL kartica - da ali ne? Pravilo je, da ima vsak radioamater QSL kartico. Pošiljanje QSL kartic za vzpostavljene zveze je eno izmed osnovnih pravil radioamaterske morale. Izmenjujejo se na osnovi dogovora v radijski zvezi: preko QSL biroja, preko QSL managerjev ali pa z običajno pošto. Pošiljanje kartic preko QSL biroja je najenostavnejše, vendar moramo vedeti, da ta način velja le za člane nacionalnih radioamaterskih organizacij. Skoraj večina DX odprav in nekatere DX postaje imajo organiziran poseben način izmenjave - QSL managerje (podobno kot QSL biroji). Naslove večine amaterskih radijskih postaj po svetu najdemo v ameriški publikaciji CALLBOOK. Za izmenjavo kartic preko običajne pošte se za odgovor uporabljajo IRC kuponi (International Reply Coupon, ki se zamenja za poštno znamko). Prav je tudi, da s kartico in kuponom pošljemo kuverto z našim naslovom - SAE (Self Addressed Envelope); nekateri radioamaterji pošiljajo kuverto tudi z naslovom in poštno znamko - SASE (Self Addressed and Stamped Envelope).

8. ČASOVNE CONE IN KOORDINIRANI UNIVERZALNI ČAS

Svet je razdeljen na 24 časovnih con, od katerih ima vsaka kot osrednjo linijo en poldnevnik (meridian) - to so conski poldnevniki, ki so medsebojno oddaljeni za 15° , njihov čas pa se razlikuje za eno uro. Časovne cone so široke po 15° in se razprostirajo $7^\circ 30'$ vzhodno in zahodno od conskega poldnevnika. Za začetni conski poldnevnik (nulti meridian) je določen greenwiški poldnevnik (Greenwich, Anglija), okrog katerega je začetna (nulta) časovna cona - GMT (Greenwich Mean Time). Vzhodno od Greenwicha imajo časovne cone oznako "plus" in številke, zahodno pa "minus" in številke. Čas v posameznih conah dobimo tako, da času v začetni časovni coni prištejemo (za vzhod) ali odštejemo (za zahod) številko te cone. Za nekatere časovne cone se uporabljajo tudi kratice npr. MEZ (srednjeevropski čas: GMT plus 1 ura), AST (atlantski standardni čas: GMT minus 4 ure), EST (vzhodnoameriški standardni čas: GMT minus 5 ur), PST (pacifiški standardni čas: GMT minus 8 ur). Časovne cone so prikazane v dodatku priročnika.

Časovne cone pogosto presekajo državne meje - v manjših državah se uporablja enotni čas, v večjih (npr. ZDA, Rusija, Avstralija) pa različen čas. Mi moramo vedeti, da naš čas pomeni GMT plus 1 ura. Seveda moramo pri tem upoštevati vsakoletni prehod iz srednjeevropskega pasovnega časa na poletno računanje časa in prehoda nazaj (naš poletni čas je GMT plus 2 uri).

V radijskih komunikacijah se uporablja KOORDINIRANI UNIVERZALNI ČAS - UTC (Universal Time Coordinated); piše se kot skupina štirih arabskih števil, ki označujejo ure in minute (0000-2359). UTC je enak času nulte časovne cone (GMT) in ga moramo dobro poznati, saj se obvezno uporablja pri pisanju dnevnika radijske postaje, QSL kartic, v tekmovanjih idr. Nekateri radioamaterji uporabljajo za čas tudi oznake GMT, UT ali Z (npr. 1025 GMT, 1228 UT, 0015 Z). Vse tri sicer pomenijo čas nulte časovne cone in so razumljive, vendar takšno označevanje ni priporočljivo - uporabljajte vedno koordinirani univerzalni čas npr. 1658 UTC.

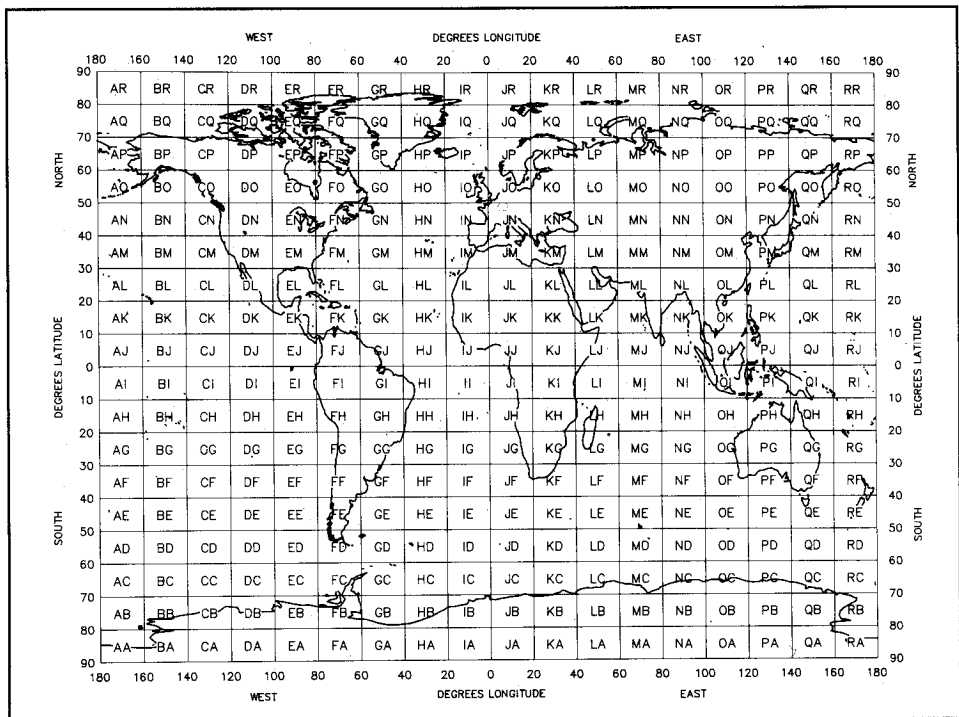
Pa še nasvet: aktivni radioamaterji imajo pri radijski postaji uro, ki je stalno naravnana na UTC čas. Na tržišču se dobijo posebne radioamaterske ure, ki kažejo čas v UTC in čase v različnih krajih po svetu.

9. UNIVERZALNI LOKATOR

Pri vzpostavljanju amaterskih radijskih zvez (na UKV frekvencah, v tekmovanjih in tudi za nekatere diplome) je pomembna oddaljenost oziroma lokacija radijske postaje. Za določevanje geografske pozicije se običajno uporablja geografske koordinate: zemljepisno dolžino (poldnevnik) in zemljepisno širino (vzporednik). Obe veličini se podajata v stopinjah, minutah in sekundah.

Za določevanje oziroma označevanje točne lokacije radijske postaje (QTH) radioamaterji uporabljajo poseben način v obliki koda, ki je sestavljen iz šestih karakterjev: dveh črk, dveh števil in dveh črk (npr. JN76FB). Imenuje se LOKATOR SISTEM ali UNIVERZALNI LOKATOR (UL) in izgleda takole:

Zemljina površina je razdeljena na $18 \times 18 = 324$ velikih polj (FIELDS), ki so velika 20 stopinj po dolžini in 10 stopinj po širini; označena so z AA do RR. Štetje velikih polj se začne na 180 stopinjah



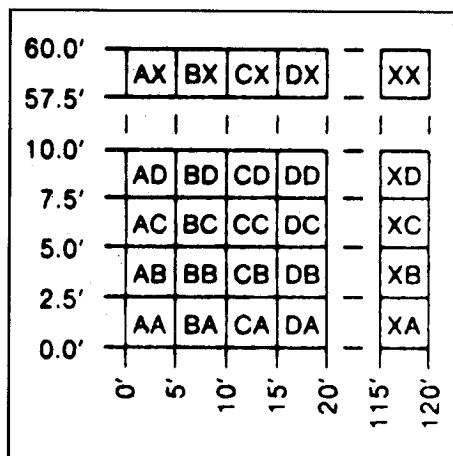
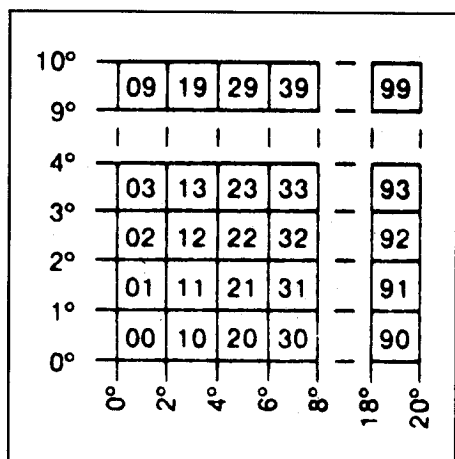
Velika polja (FIELDS)

zemljepisne dolžine v vzhodno smer od A do R (prvi karakter) in na južnem polu v severno smer od A do R (drugi karakter). To nam nazorno pokaže spodnja slika.

Vsako veliko polje je razdeljeno na $10 \times 10 = 100$ kvadratov (SQUARES), velikosti 2 stopinji po dolžini in 1 stopinjo po širini. Označevanje kvadratov z 00 do 99 se začne od zahoda proti vzhodu (tretji karakter) in od juga proti severu (četrti karakter).

Ti kvadrati so razdeljeni na $24 \times 24 = 576$ malih kvadratov (SUBSQUARES), velikosti 5 minut po dolžini in 2,5 minut po širini; označeni so z AA do XX. Začetek označevanja malih kvadratov je tudi na zahodu (peti karakter) in na jugu (šesti karakter).

Kako izgledajo kvadrati in mali kvadrati ter njihovo označevanje, vidimo na spodnjih slikah. Izraza kvadrat in mali kvadrat privzemamo pogojno, saj je njuna oblika dejansko vse prej kot kvadrat (to si lahko predstavimo na globusu).



Kvadrati (SQUARES)

Mali kvadrati (SUBSQUARES)

Za izračun lastnega UL moramo poznati zemljepisno dolžino in širino kraja oziroma lokacije radijske postaje. Točne podatke dobimo na zemljevidu (merilo 1:50.000 ali podrobnejše). Po lokator sistemu je Slovenija v velikem polju JN in kvadratih 65, 66, 75, 76 in 86, se pravi, da so prvi štirje karakterji v UL: JN65, JN66, JN75, JN76 in JN86. Ko najdemo, v katerem kvadratu je naš kraj, določimo točno lokacijo po

poziciji le-tega v malem kvadratu (peti in šesti karakter v UL). Za primer pogledajmo UL JN76FB: lokacija je Ljubljana-Šiška.

V dodatku priložnika je računalniški program za pretvorbo geografskih koordinat v UL in obratno (iz UL v koordinate) ter program za izračun razdalje med dvema UL (QRB).

10. RADIOAMATERSKA TEKMOVANJA

Čeprav radioamaterska dejavnost ni šport, imajo tudi radioamaterji kar precej tekmovalnega duha. Operatersko znanje, kakovost tehnične opreme in antenskih sistemov radi preizkušajo in dokazujejo v različnih tekmovanjih. Za vsako RADIOAMATERSKO TEKMOVANJE - CONTEST veljajo določena pravila, osnovno merilo pa je največkrat vzpostavitev čimvečjega števila zvez v predpisanem časovnem obdobju (po pravilih tekmovanja). Tekmovanja so organizirana na frekvenčnih pasovih od 1.8 MHz do 24 GHz (razen na 10 MHz, 18 MHz in 24 MHz; po dogovoru na nivoju IARU tu tekmovanj ni!) in v praktično vseh načinih dela (CW, PHONE, RTTY, SSTV). Tekmovanja so običajno ob vikendih in trajajo od nekaj ur do 48 ur; nekatera so tudi v več delih in v daljšem časovnem obdobju.

Glede na frekvenčne pasove poznamo HF tekmovanja (1.8-28 MHz) in VHF/UHF/SHF tekmovanja (50 MHz in od 144 MHz navzgor). Organizatorji tekmovanj so IARU, nacionalne radioamaterske zveze, klubi idr. Tekmuje se v različnih kategorijah: en operater (SINGLE OP.), več operaterjev (MULTI OP.), ekipe oziroma klubi; samo CW, samo PHONE ali oboje; na enem frekvenčnem pasu (SINGLE BAND) ali na več pasovih (MULTI BAND); z močjo, dovoljeno po licenci ali določeno močjo (npr. QRP - moč 5W) itd. Vse to je, kot že rečeno, določeno s pravili posameznega tekmovanja in radioamater lahko sam izbere kategorijo, za katero oceni, da bo lahko dosegal čimboljše rezultate.

Kaj pa pravzaprav privlači stotisoče radioamaterjev po svetu, da vsako leto sodelujejo v različnih tekmovanjih? Rekli smo že, da se v tekmovanjih meri operaterska večšina in preizkuša kakovost radioamaterske opreme. To je tudi priložnost za vzpostavitev zvez z redkimi in DX postajami ter osvojitve različnih radioamaterskih diplom; za radioamaterje-planince tudi izlet z radijsko postajo (npr. UKV tekmovanja); poživitev

klubske aktivnosti idr. Skratka - ob tekmovanjih radioamaterske frekvence še posebno "oživijo" in če bi bili radijski valovi vidni, bi bilo kaj videti...

V tekmovanjih poteka vzpostavljanje zvez izredno hitro (o tem smo že govorili) in na poseben način: izmenjuje se klicne znake, raporte in običajno še posebne oznake (zaporedna številka zveze, prefiks, moč oddajnika ipd., v UKV tekmovanjih UL). Če se odločimo, da bomo tekmovali, moramo dobro poznati pravila tekmovanja (objavljena so v radioamaterskih glasilih).

Tekmovanja so ena izmed pomembnejših in zanimivih radioamaterskih aktivnosti. Našteti vse je praktično nemogoče (vseh je krepko preko sto), zato omenimo le nekaj najbolj znanih:

CQ WW DX CONTEST, CQ WW WPX CONTEST, WAEDC - EUROPEAN DX CONTEST, IARU HF CHAMPIONSHIP, ARRL INTERNATIONAL DX CONTEST, ALL ASIAN DX CONTEST, SCANDINAVIAN ACTIVITY CONTEST;

VHF-UHF-SHF IARU Region 1, ALPE-ADRIA VHF-UHF-SHF, MARCONI MEMORIAL VHF.

Za konec omenimo še posebno zvrst radioamaterskega tekmovanja, kjer pa se ne vzpostavlja radijskih zvez - AMATERSKO RADIOGONIOMETRIRANJE (ARG) ali ARDF (Amateur Radio Direction Finding). To je tekmovanje, kjer radioamaterji s posebnimi sprejemniki - radiogoniometri, imenovanimi tudi "lisičarji", odkrivajo skrite oddajnike ("lisice"). Zato takšno tekmovanje imenujemo tudi "lov na lisico". Osnovna pravila tekmovanja so: na določenem terenu (običajno izven naseljenih področij) je treba v omejenem času najti lokacije skritih oddajnikov (treh ali petih, ki so med seboj oddaljeni nekaj kilometrov). Oddajniki oddajajo na vnaprej znanih frekvencah (radioamaterska pasova 3,5 Mhz ali 144 Mhz) v enominutnih časovnih intervalih CW signale, ki so identifikacija "lisic" (signali MOE, MOI, MOS, MOH in MO5). Najboljši so seveda tisti tekmovalci, ki najhitreje odkrijejo oddajnike.

Amatersko radiogoniometriranje je najbolj popularno v Evropi, drugje po svetu precej manj. V prvem regionu IARU veljajo usklajena pravila, po katerih se organizirajo nacionalna ARDF (ARG) tekmovanja in tudi prvenstvo ARDF IARU Region 1.

11. RADIOAMATERSKE DIPLOME

Poleg diplom in priznanj za dosežene uspehe v tekmovanjih poznajo radioamaterji še druge "trofeje" - to so RADIOAMATERSKE DIPLOME, ki se dobijo za vzpostavljene radijske zveze npr. za določeno število držav, za zveze z vsemi kontinenti, z določenim številom radioamaterjev v posameznih državah, pokrajinah ali mestih; z različnimi prefiksi, UL ipd.

Za vse diplome veljajo določena pravila, izdajajo pa jih IARU, nacionalne radioamaterske organizacije, klubi, skupine radioamaterjev ali posamezniki ter tudi drugi. Pravila se objavljajo v radioamaterskih glasilih; izdaja se tudi posebne publikacije o radioamaterskih diplomah. Pogoji za diplome so različni: za ene lahko vzpostavimo zahtevane zveze v enem dnevu, za druge v nekaj mesecih, za nekatere (te so največje "trofeje") pa je potrebno več let dela na radijski postaji.

Radioamaterskih diplom je ogromno. Vse so po svoje zanimive in izdajajo se za zveze na HF in VHF/UHF/SHF frekvencah ter za vse načine dela CW, PHONE, RTTY, SSTV, FSTV; za delo preko satelitov, EME idr.). Katero diplomu je najtežje osvojiti in velja največ, je težko reči, saj imajo radioamaterji različno opremo in moči oddajnikov ter tudi možnosti glede na operaterski razred. Ne glede na to, pa vsak lahko osvoji kakšno diplomu. In prav zato je diplom tako veliko...

Ko že govorimo o diplomah, moramo omeniti nekaj takšnih, ki so med aktivnimi radioamaterji najbolj popularne in tudi cenjene:

DXCC - DX CENTURY CLUB AWARD (za zveze z najmanj 100 državami po DXCC listi);

WAZ - WORKED ALL ZONES (za zveze s 40 conami po CQ razdelitvi sveta);

WAC - WORKED ALL CONTINENTS (za zveze z vsemi kontinenti);

WAE - WORKED ALL EUROPE (za zveze z evropskimi državami);

IARU REGION 1 AWARD (za zveze z radioamaterji držav, ki so članice prvega regiona IARU).

Vse omenjene diplome imajo določena pravila. Za izpolnitev pogojev za te diplome (pa tudi za nekatere druge) moramo poznati "radioamatersko geografijo", ki je malce drugačna od običajne. Ko se radioamaterji pogovarjajo o vzpostavljenih zvezah z različnimi državami po svetu, je število le-teh precej drugačno, kot jih dejansko poznamo. Na svetu je manj kot 200 držav, "radioamaterska lista držav" pa jih pozna 326 (stanje oktobra 1994). Za "radioamatersko državo" namreč štejejo tudi določena geografska področja npr. otok Aland - OH0, ki je sicer država Finska, Kanarski otoki - EA8, sicer Španija ipd.

Lista radioamaterskih držav je pravzaprav seznam držav in geografskih področij, izdelan v ameriški organizaciji radioamaterjev (ARRL), in je osnova za radioamatersko diplomu oziroma članstvo v DXCC. Ne glede na to, da je ta "lista držav" svojevrstno pojmovanje držav (ARRL po posebnih pravilih "priznava" geografsko področje za DXCC državo), je takšna razdelitev v radioamaterski praksi sprejeta in ni malo radioamaterjev, ki so že vzpostavili zveze z vsemi DXCC državami. Med njimi je kar nekaj slovenskih radioamaterjev!

Listo DXCC držav (stanje oktobra 1994) najdete v dodatku priročnika.

Površino Zemlje so radioamaterji razdelili na kontinente drugače, kot je to geografsko pojmovano. "Radioamaterskih kontinentov" je šest: Evropa, Azija, Severna Amerika, Južna Amerika, Afrika in Oceanija. Ta razdelitev velja za diplomu WAC, za razna tekmovanja, DX zveze ipd.

Radioamaterji so svet razdelili tudi na cone, ki imajo poseben pomen v tekmovanjih in za diplome. Ameriški radioamaterski časopis "CQ" izdaja diplomu WAZ za zveze z vsemi CQ-conami (skupaj 40) in organizira posebno tekmovanje. Poznamo pa tudi ITU/IARC-cone (skupaj 90). Ta razdelitev se uporablja v tekmovanjih in za izdajo diplom IARC (International Amateur Radio Club, ki deluje pri ITU v Ženevi, Švica). Slovenija - S5 je v 15. CQ-coni in v 28. ITU/IARC-coni.

Osvajanje diplom je zanimiv del radioamaterske dejavnosti in lahko rečemo, da skoraj ni aktivnega radioamaterja, ki ne bi imel vsaj ene... Nekateri so prav strastni zbiralci diplom (imajo jih nekaj sto!). Ti so večinoma včlanjeni v mednarodne klube npr. DIG (Diplom Interessen Gruppe), AHC (Award Hunters Club), CHC (Certificate Hunters Club).

Posebna zvrst diplom (še posebno med CW operaterji so zelo cenjene) so priznanja, ki jih kot dokaz za kakovostno in aktivno operatorsko delo izdajajo mednarodni klubi npr. FOC (First Class CW Operators Club), HSC (High Speed Club), VHSC (Very High Speed Club). Podobne diplome izdajajo nekatere radioamaterske organizacije npr. ARRL: A-1OP, RCC (Rag Chewers Club), OTC (Old Timers Club) ipd.

12. RADIOAMATERSKA MORALA IN KODEKSI

Vsaka skupnost ljudi ima svoje običaje, moralo in pravila obnašanja, ki niso vsa napisana, temveč so kot rezultat dolgoletne tradicije ustaljena med ljudmi s skupnimi interesi. Te moralne norme in tradicijo mora spoštovati tudi vsak novinec, ki se vključi v organizirano obliko združevanja interesov. Tako športniki poznajo "fair play" (pravilna, poštena igra), mornarji moralno obveznost pomagati v pomorskih nesrečah itd.

Tudi radioamaterji, člani velike radioamaterske skupnosti, imajo svoja pravila obnašanja, moralo in tradicijo - HAM SPIRIT (radioamaterski duh). To je pravzaprav sklop v glavnem nenapisanih pravil in vodil, ki so nastala v začetku in nadaljnjem razvoju radioamaterstva. Zakaj ime "ham spirit" sicer obstaja več razlag, vendar nobena verjetno ni izvirna. Ime je nastalo v ZDA, kjer še danes radioamaterja imenujejo tudi "ham", radioamatersko dejavnost pa "ham radio". Kakorkoli že, ham spirit poznajo vsi radioamaterji sveta in vsi se ravnaajo po njem - eni več, drugi manj, odvisno tudi od osebnih vrlin.

Spoštovanje ham spirita pomeni vse, o čemer smo že govorili pri pravilih za vzpostavljanje zvez, QSL kartici, tekmovanjih... in še veliko drugega.

Občutek za častno in pošteno delo na radijski postaji, požrtvovalnost in pomoč drugim dobimo že po krajšem času vzpostavljanja zvez. Osnovna pravila, ki veljajo za radioamaterske komunikacije poznamo, za vse situacije, v katerih se bomo znašli, pa bomo težko našli napisana navodila in odgovore. Vsekakor pa velja: po vzpostavljenih tisočih zvezah z ljudmi širom sveta, ki jih združuje plemenita ideja in poslanstvo radioamaterstva (komuniciranje preko radijskih postaj ne glede na nacionalnost, raso, vero, politično pripadnost, socialni status, poklic, starost idr.), bi vsak radioamater moral vedeti, kaj je prav in kaj ne!

Nekaj pravil je seveda napisanih - to so KODEKSI. Poznamo več kodeksov, ki veljajo za različne vrste amaterskih radijskih zvez (npr. za DX delo, za delo preko repetitorjev) ter za aktivnosti radioamaterjev ob nesrečah in nevarnostih.

13. AKTIVNOSTI RADIOAMATERJEV OB NESREČAH IN NEVARNOSTIH

Radioamaterji vzpostavljajo zveze podnevi in ponoči, lahko rečemo 24 ur dnevno, tako da ni trenutka, ko na radioamaterskih frekvencah ni vsaj nekaj radioamaterjev. Poleg tega so radioamaterski frekvenčni pasovi v širokem radijskem spektru in zveze se vzpostavljajo na različne razdalje - signali amaterskih radijskih postaj pokrivajo praktično ves svet in radioamaterji so neprestano "dežurni na frekveni".

Pomembno je tudi veliko število radioamaterskih postaj, saj praktično ni večjega kraja, kjer ni radioamaterjev. Velika večina radijskih postaj je manjših dimenzij in lahko prenosljivih. UKV postaje imajo večinoma lastno napajanje; mnogi radioamaterji jih imajo v vozilih ali pa jih dnevno nosijo kar seboj.

Z dolgoletnim delom na radijskih postajah radioamaterji dobijo velike izkušnje in se znajo prilagoditi ter hitro ukrepati v različnih situacijah. In ne nazadnje - sestavni del radioamaterske aktivnosti je tudi stalna pripravljenost za pomoč pri zaščiti in reševanju človeških življenj ter materialnih dobrin.

Ob vsem povedanem torej ni nič nenavadnega, da so radioamaterji že nešteto krat pomagali ob elementarnih, ekoloških, prometnih in drugih nesrečah. Tudi slovenski radioamaterji so te radioamaterske aktivnosti vedno dobro opravljali - od časovno že oddaljenega potresa v Skopju, Banja Luki, na Tolminskem, pa do poplav, ki so večkrat prizadele našo deželo. Še posebno pomembno pa je bilo delo naših radioamaterjev med na srečo kratko vojno v Sloveniji in velika humanitarna pomoč, ki so jo nudili z radijskimi zvezami s kruto vojno prizadetemu prebivalstvu na Hrvaškem ter v Bosni in Hercegovini.

Aktiviranje amaterskih radijskih postaj v skoraj vseh primerih ni posledica nekega ukaza, temveč je to prvenstveno rezultat somoiniciative radioamaterjev, njihove morale in odgovornosti. Zgrešeno bi bilo sklepati,

da pri teh radioamaterskih aktivnostih ni organiziranega delovanja, in da je vse prepuščeno naključju ter da so rezultati odvisni samo od dobre volje in pripravljenosti posameznih radioamaterjev. Tako kot večina radioamaterjev - članov nacionalnih organizacij po svetu, imajo tudi slovenski radioamaterji (poleg nepisanih pravil ham spirita) pravila vedenja in delovanja ob nesrečah in nevarnostih - KODEKS ARON, ki je v dodatku priročnika. Podrobno ga preglejte in ne pozabite - sodelovanje v reševalnih akcijah in spoštovanje kodeksa ARON je dolžnost vsakega člana ZRS.

Mednarodno aktivnost radioamaterjev ob elementarnih nesrečah velikih razsežnosti je verificirala ITU, ki je v zvezi s tem sprejela posebno resolucijo - ITU RESOLUTION No. 640 (The World Administrative Radio Conference, Geneva, 1979).

Z ITU resolucijo števil. 640 se radioamaterski službi (radioamaterski dejavnosti), glede na njeno svetovno razprostranjenost in sposobnost vzpostavljanja radijskih zvez tudi v primerih elementarnih nesreč, ko so normalni komunikacijski sistemi otežkočeni ali prekinjeni, priznava vse pravice in odgovornosti za komunikacije ob elementarnih nesrečah, če tako zahtevajo državni organi v prizadeti državi.

Za tovrstne mednarodne amaterske komunikacije se skladno z določilom RR ITU števil. 510 lahko uporablja amaterske frekvenčne pasove 3.5MHz, 7MHz, 10MHz, 14MHz, 18MHz, 21MHz, 24MHz in 144MHz. Če ni možnih drugih komunikacij, so dovoljene komunikacije med radioamaterskimi in drugimi postajami, vendar le, če je takšna potreba in zahteva državnih organov v prizadeti državi. To pomeni, da so ob elementarnih nesrečah in nevarnostih velikih razsežnosti dovoljene mednarodne amaterske komunikacije za "tretjo osebo", ki so sicer po ITU RR strogo prepovedane.

V tovrstnih aktivnostih je obvezna uporaba klicnih znakov amaterskih radijskih postaj, vsebina zvez pa mora biti usklajena z organizacijo akcij ob elementarnih nesrečah; te radijske zveze imajo absolutno prednost pred drugimi, normalnimi radioamaterskimi zvezami. Delovanje teh amaterskih radijskih zvez je treba organizirati tako, da je v čimmanjši meri motena normalna radioamaterska dejavnost.

Resolucija tudi priporoča vsem državam, da skladno z nacionalnimi predpisi poskrbijo za mednarodne komunikacije ob elementarnih nesrečah.

Vidimo torej, da mednarodna skupnost tudi tu priznava radioamaterjem pomembno vlogo v svetovnem merilu. To nalogo so radioamaterji že nešteto krat uspešno opravili in to moralno obveznost sprejemajo vsi radioamaterji sveta.

Z željo, da si ju zapomnite, nikoli pa ne oddate, pogledjte še mednarodna signala za nesrečo oziroma nevarnost:

- v telegrafiji $\overline{\text{SOS}}$ (tipkano povezano),
- v telefoniji MAYDAY.

Tako, zdaj vemo, kaj je radioamaterstvo, kdo so radioamaterji in kakšen je pomen radioamaterske dejavnosti. Poznamo nekaj osnovnih pojmov o radijskih komunikacijah, predpise, pravila in prakso za amaterske radijske komunikacije.

Vemo tudi, da ima radioamaterska dejavnost mednarodni status radiokomunikacijske službe in da smejo amaterske radijske postaje uporabljati le pooblaščen osebe - radioamaterji, ki opravijo ustrezen izpit, s katerim dokažejo svojo operatersko in tehnično usposobljenost.

V nadaljevanju bomo govorili o elektrotehnik in radiotehnik. Le korajžno naprej - tu ni nobenih skrivnosti ali nerazumljivih pojmov - zakonitosti veličin v elektrotehnik in osnove radiotehnik moramo seveda poznati, saj smo RADIOAMATERJI!

II. ELEKTROTEHNIKA IN RADIOTEHNIKA

5. ELEKTROTEHNIKA

Predstavljajte si, kako žalostno bi izgledal naš svet, če ne bi poznali elektrike. Bil bi brez radia in televizije, brez električnih kuhalnikov, peči luči... Tudi radioamaterjev ne bi bilo. Kakšen dolgčas!

Na našo srečo pa so ljudje odkrili, kako elektrika nastaja in kako jo koristno uporabljamo. S tem so ustvarili tudi novo vejo znanosti - elektrotehniko. Zakonitosti med različnimi veličinami, ki jih srečujemo v elektrotehniko, naj bi bile poznane vsakemu radioamaterju, zato začnimo z osnovami elektrotehniko.

5.1. ELEKTRIČNI TOK, NAPETOST IN UPORNOST

V tem poglavju se bomo seznanili z osnovnimi pojmi elektrotehniko, kot so električni tok, električna napetost, električna upornost in drugi. Ker je za poznavanje osnov elektrotehniko in v nadaljevanju radiotehniko potrebno osnovno znanje o sestavi snovi, bomo najprej govorili o zgradbi atoma.

1. OSNOVNA TEORIJA ATOMOV

Vse stvari, tako na Zemlji kot v vesolju, so zgrajene iz atomov. Sodobna slika o teh majhnih delcih se danes močno razlikuje od tistega, kar so poznali že stari Grki. Ti so atomu dali ime, ki pomeni "nedeljiv". V bistvu je ATOM najmanjši delec snovi. Snov, ki jo z običajnimi postopki (kemijske reakcije) ne moremo več razstaviti na druge snovi, imenujemo ELEMENT. V nekaterih knjigah bomo zasledili tudi izraz PRVINA. Atomi vsakega elementa se ločijo od atomov vseh drugih elementov. V praksi imamo toliko različnih atomov, kolikor je elementov. Danes poznamo preko sto različnih elementov. Večina od njih je naravnih, nekateri pa so ustvarjeni umetno. Omenimo nekaj dobro znanih elementov: kisik, vodik, dušik, natrij, klor, baker, zlato.

Atomi se povezujejo v MOLEKULE, ki so osnovni in najmanjši gradniki SPOJIN. Od načina, kako se atomi med seboj povežejo, je odvisna lastnost spojine, ki se običajno razlikuje od lastnosti, ki jih

imajo posamezni elementi. Oglejmo si trditev na primerih.

Kisik in vodik sta plina. Prvi je potreben za življenje, saj ga potrebujemo za dihanje. Drugi je dobrogorljiv plin, ki ga lahko uporabljamo za pogon raket. V primeru, da se skupaj povežejo dva atoma vodika in en atom kisika, nastane molekula vode. Kot vsi vemo, voda ne gori, uporabljamo jo celo za gašenje.

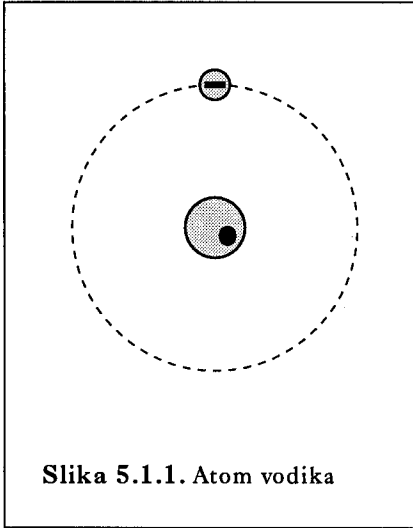
Vsem je znana kuhinjska sol, ki jo uporabljamo pri pripravi hrane. Sol ima obliko kristalov, ki jih sestavljajo atomi natrija in klora. Klor (kot element) je strupen plin, ki so ga uporabljali celo v vojaške namene. Natrij je mehka kovina. Ker so se atomi natrija in klora združili na pravi način in v pravilnem razmerju, smo dobili natrijev klorid ali kuhinjsko sol.

Kot smo že omenili, so nekoč mislili, da je atom nedeljiv in najmanjši delec. V nasprotju s tem mišljenjem je sodobna znanost ugotovila, da je atom zgrajen iz še manjših sestavnih delcev. Še več - znanstvenikom je uspelo atom razcepiti (razgraditi). Odkrili so, da je atom sestavljen iz dveh osnovnih delov: sorazmerno velikega ATOMSKEGA JEDRA in določenega števila elektronov. Ker so elektroni in jedro nosilci različnih električnih nabojev, znotraj vsakega atoma obstaja svet elektrike, zato je to tudi razlog, zakaj smo obravnavo elektrotehnike začeli ravno pri atomu.

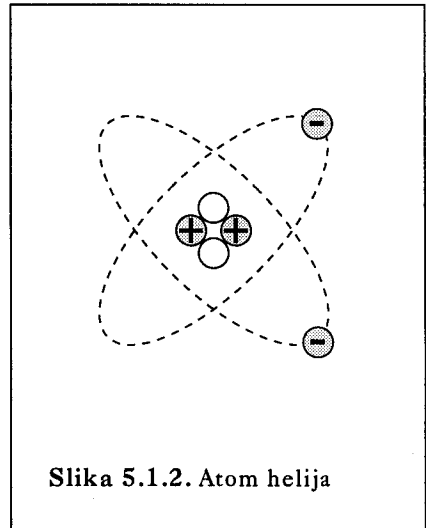
Vsak atom vsebuje majhne delce, ki nosijo dve vrsti ELEKTRIČNEGA NABOJA - POZITIVNEGA in NEGATIVNEGA. Istoimenska električna naboja se odbijata - temu pojavu v elektrotehniki pravimo ELEKTROSTATIČNA ODBOJNOST, nasprotno predznačena električna naboja pa se privlačita - govorimo o ELEKTROSTATIČNI PRIVLAČNOSTI. Običajno imajo atomi enako količino obeh elektrin, zato so navzven električno nevtralni.

Od sestavnih delcev atoma so znanstveniki najprej odkrili ELEKTRON, ki nosi eno enoto negativnega naboja. V primerjavi z atomskim jedrom je elektron zelo majhen, saj bi 2000 elektronov tehtalo toliko kot jedro najlažjega elementa - vodika. Zato je v jedru zgoščena skoraj vsa teža atoma. Tudi jedro je za naša pojmovanja zelo majhno, saj ima premer le okoli 0.000 000 000 001 metra. Jedro je običajno sestavljeno iz dveh vrst delcev. Prvi so PROTONI. Vsak proton je nosilec ene enote pozitivnega naboja. Najdemo jih v vsakem jedru. Vodik je sestavljen iz jedra, v katerem je le en proton, okoli njega pa kroži en elektron

(Slika 5.1.1). Drugi delci so NEVTRONI, ki so, kot že ime pove, električno nevtralni. Primer helija (Slika 5.1.2) nam pokaže, da jedro sestavljata dva protona in dva nevtrona, okoli jedra pa krožita dva elektrona. Proton in nevtron sta približno enako težka; vsak tehta enako kot jedro atoma vodika.

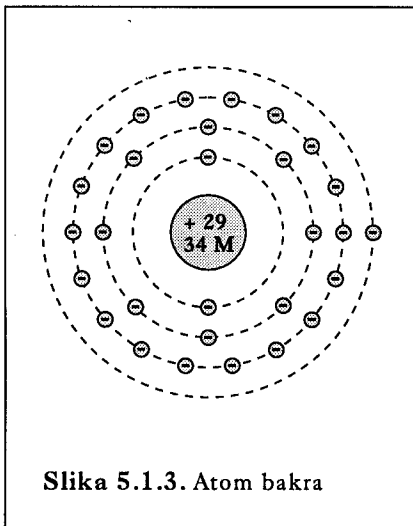


Slika 5.1.1. Atom vodika



Slika 5.1.2. Atom helija

Predstavljamo si lahko, da je atom zgrajen iz pozitivno nabitega jedra, okoli katerega kroži toliko elektronov, da nevtralizirajo njegov pozitivni naboj (Slika 5.1.3).



Slika 5.1.3. Atom bakra

Elektroni krožijo po določenih tirih, ki so razvrščeni v LUPINE ali ENERGETSKE NIVOJE. Vsak element ima značilno število elektronov, ki so razporejeni v točno določeno število lupin. Na vsaki lupini se lahko nahaja le določeno maksimalno število elektronov. Atomi imajo od ene do največ sedem lupin.

Od posameznega elementa je odvisno, koliko elektronov se nahaja na zadnji lupini. To število se giblje

med enim in osmimi elektroni. Ti elektroni nas bodo še posebno zanimali, saj sodelujejo pri povezovanju posameznih atomov. Imenujemo jih VALENCNI ELEKTRONI.

Neon in drugi žlahtni plini imajo na zadnji lupini osem elektronov. To je največje možno število, zato se ne morejo vezati z drugimi elementi in jih v naravi najdemo v elementarni obliki.

Večina atomov na zadnji obli nima največjega možnega števila elektronov. Taki atomi se združujejo z drugimi v molekule, ki so sestavni deli spojin. Vse vezi med atomi in molekulami so po svoji naravi električne. Električne sile držijo skupaj tako atom sam (elektrostatična privlačnost med pozitivnim jedrom in negativnimi elektroni), kakor tudi posamezne atome v molekuli. Predvsem tisti atomi, ki imajo na zadnji lupini en ali dva elektrona, radi oddajo te elektrone. S tem pa atom ni več električno nevtralen; postal je naelektrjen delec, ki mu pravimo tudi ION. Ker je atom oddal elektrone, je postal pozitiven ion. Elemente, ki težijo k oddajanju elektronov, imenujemo tudi elektropozitivne. Druge elemente, ki težijo k povečanju števila elektronov, imenujemo elektronegativne in tvorijo negativne ione. Postopku, v katerem nastajajo ioni, rečemo tudi IONIZACIJA. Poznamo tri vrste vezi, ki vežejo atome med seboj:

Prva in najpreprostejša izvira iz električne privlačnosti med pozitivnimi in negativnimi ioni, zato ji pravimo tudi IONSKA ali ELEKTROVALENTNA VEZ. Elektropozitiven atom odstopi svoj elektron elektronegativnemu atomu, ki je v bližini. Tako nastanejo ioni, ki se razvrstijo v kristal, podobno kot črna in bela polja na šahovnici. Natrijev klorid (kuhinjska sol) je zgrajen s pomočjo take vezi.

Druga vez nastane, ko si dva nevtralna atoma delita enega ali več elektronov. Na ta način se lahko vežejo le elektronegativni elementi. Vez, ki pri tem nastane, je zelo močna. Tako nastala spojina lahko brez posledic prene najrazličnejše "dogodivščine" (kot sta npr. topitev ali talitev). Kljub vsemu snov ostane nespremenjena in ohranja svojo obliko na ravni molekule. Tudi ta vez ima svoje ime - KOVALENTNA VEZ. Med spojinami, ki nastanejo na osnovi take vezi, omenimo le vodo in ogljikov dioksid kot zelo znani spojini, od katerih je odvisno življenje na Zemlji.

Tretja vez, ki je še posebno zanimiva za elektrotehniko, pa je tako imenovana KOVINSKA VEZ. S to vezjo se povezujejo atomi v kovinah.

V kosu žice, na primer bakrene, so atomi povezani med seboj tako, da oddajo nekaj odvečnih elektronov z zadnje lupine, nakar si jih lahko dva sosednja atoma delita. Ker vsi atomi v kovini stalno izgubljajo elektrone in jih delijo z drugimi, izgleda, kot bi med atomi plaval oblak elektronov. Če na kovino ne vplivamo od zunaj, je gibanje elektronov naključno, v posebnem primeru pa postane gibanje urejeno - pojavi se električni tok.

2. ELEKTRIČNO POLJE IN POTENCIAL

Ko se v prostoru pojavijo nosilci naboja, se hkrati pojavi tudi ELEKTRIČNO POLJE. Smer električnega polja ponazorimo s silnicami. Jakost polja je odvisna od količine naboja in razdalje od nosilca naboja. Označimo jo z E in merimo z enoto V/m (volt na meter).

Količino naboja merimo z enoto COULOMB, ki jo označimo z C . Včasih bomo opazili tudi enoto As, ki je po velikosti enaka coulombu. En coulomb je definiran kot količina električnega naboja, ki preteče skozi prečni prerez vodnika v času ene sekunde pri toku enega ampera.

Osnovne sile, ki vladajo med naboji, lahko opišemo z COULOMBOVIM ZAKONOM, ki ga podaja enačba:

$$F = k_0 \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

F - sila med nabojema (N)

Q_1, Q_2 - naboja (C)

r - razdalja med nabojema (m)

k_0 - konstanta

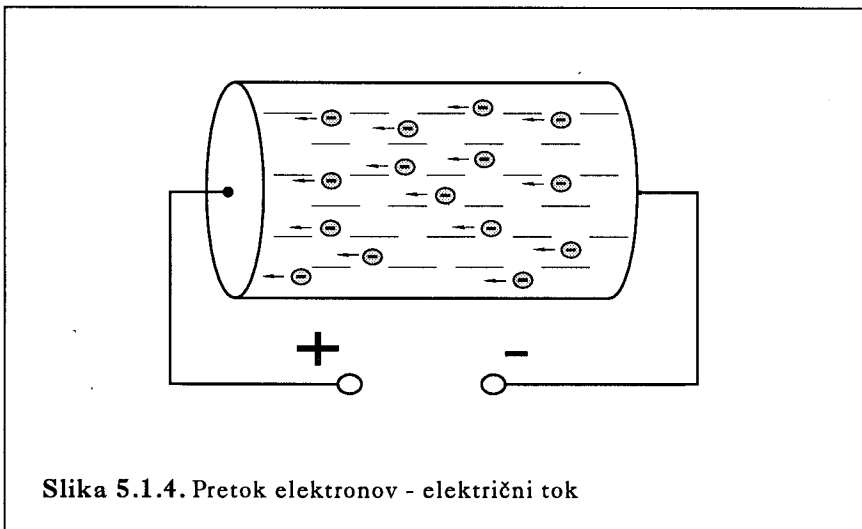
Vidimo, da je sila odvisna od količine naboja in od medsebojne razdalje.

V zvezi z nastankom električnega polja nas bo zanimal še en pojem. To je POTENCIAL polja. Potencial električnega polja v neki točki je številčno enak delu, ki ga opravi zunanja sila pri premiku enote pozitivnega naboja iz prostora izven polja v dano točko. Potencial merimo z enoto VOLT, ki jo označimo z V . Električni potencial v neki točki električnega polja znaša 1V, če se iz prostora izven polja prenese v dano točko pozitiven naboj 1C in se ob tem opravi delo 1J (joule).

3. ELEKTRIČNI TOK

Na začetku so znali uporabljati elektriko kljub temu, da si niso znali pravilno razložiti, kaj elektrika v bistvu je. Danes vemo, da je ELEKTRIČNI TOK usmerjeno gibanje nosilcev naboja. Marsičesa o elektriki še ne vemo, vendar nas to pri razvijanju možnosti njene uporabe ne moti.

Spoznali smo, da je v kovinah veliko prostih nosilcev naboja, ki se gibljejo med atomi. Če na kovino vplivamo tako, da njena konca priključimo na različna napetostna potenciala, se bodo v skladu z naravnim zakonom, ki teži k izenačitvi potencialov, pričeli nosilci naboja gibati. Na sliki 5.1.4 imamo kos bakrene žice. Zaradi bolj jasne slike smo narisali le proste elektrone. Ti se bodo gibali od konca, ki je označen z znakom minus, proti koncu, ki ga označuje plus (v smeri označeni s puščicami - fizikalna smer toka).



Po mednarodnem dogovoru bomo smer toka označevali vedno od višjega proti nižjemu potencialu; od “plusa proti minusu”. Tej smeri bomo rekli pozitivna smer toka.

Kot vse druge fizikalne veličine bi radi izmerili tudi jakost električnega toka. To naredimo z instrumentom, ki mu pravimo AMPERMETER.

Enota za električni tok se po francoskem fiziku imenuje AMPER; označimo jo z veliko črko A. Električni tok (kot fizikalno veličino) označimo z veliko črko I. Tako nam izraz $I=5A$ pomeni, da govorimo o električnem toku petih amperov. Manjše tokove merimo v miliamperih (mA) ali mikroamperih (μA), večje pa v kiloamperih (kA).

4. ELEKTRIČNA NAPETOST

V prejšnjem poglavju smo govorili o električnem toku, ki je posledica razlike v potencialih na koncih žice. Razliko potencialov imenujemo drugače ELEKTRIČNA NAPETOST. Če spojimo pola baterije s kosom žice, se začno prosti nosilci naboja premikati in nastane električni tok. Baterija jih požene v gibanje, podobno kot žene črpalka vodo po centralni napeljavi.

Tudi električno napetost, ki jo označimo z črko U, lahko merimo. Za to uporabljamo instrument, ki mu rečemo VOLTMETER; enota se po italijanskem znanstveniku Alesandru Volti imenuje VOLT in jo označimo z V. Tudi tu poznamo manjše in večje enote, podobno kot pri amperih (μV - mikrovolt, mV - milivolt, kV - kilovolt).

5. PREVODNIKI IN NEPREVODNIKI

Že v poglavju o zgradbi atoma smo govorili o kovinski vezi. Atomi kovin se povezujejo med seboj tako, da oddajo nekaj elektronov, ki potem potujejo med atomi. Nadalje smo spoznali, da so ti elektroni pomembni za prevajanje električnega toka. Iz vsega naštetega lahko zaključimo, da so kovine dobri PREVODNIKI električnega toka. Podobno se obnašajo tudi nekatere druge snovi. Predstavniki dobrih prevodnikov so zlato, srebro, baker in aluminij. Svinec, na primer, pa je slabši prevodnik, kljub temu, da je kovina. Iz tega lahko sklepamo, da atomi svinca, ki se povezujejo med seboj, ne oddajo veliko elektronov. Podobno kot svinec se obnašajo tudi nekatere druge kovine ali njihove spojine. Zaradi slabše prevodnosti se pri prevajanju električnega toka segrevajo, zato jih uporabljamo v raznih grelnih telesih (kuhalniki, peči) ali v žarnicah (wolfram).

V primeru, ko se atomi spojijo tako, da ne generirajo prostih elektronov, ki bi lahko prevajali električni tok, govorimo o NEPREVODNIKI ali IZOLATORJIH. Predstavniki teh snovi so razne

gume, keramika, steklo, les, nekatere plastične mase, razne barve in laki.

Izolatorji so zelo pomemben sestavni del naprav v elektrotehniki in elektroniki. Vsako žico, ki prevaja električni tok, moramo izolirati in s tem odstraniti možnost kratkega stika. Zelo opazni izolatorji so na daljnovodnih visoke napetosti. Tudi pri antenah so pomembni, saj nam določajo dolžino antene in preprečujejo stik med posameznimi deli, kjer je to potrebno.

Posebna zvrst snovi, ki je še posebno pomembna v elektroniki, so POLPREVODNIKI. Ti imajo lastnost, da v nekaterih primerih prevajajo električni tok, v drugih ne. Zaradi takega obnašanja so tudi dobili ime. Predstavnik teh snovi sta germanij in silicij. Več o njih bomo govorili v poglavju 5.5. Polprevodniki.

6. ELEKTRIČNA UPORNOST

Nekatere snovi slabše prevajajo električni tok kot druge. ELEKTRIČNA UPORNOST je lastnost snovi, da se upirajo pretoku električnega toka. Pri žicah, ki povezujejo razne naprave med seboj, običajno želimo, da je upornost čim manjša. Drugje potrebujemo elemente, ki imajo znatno električno upornost. Pravimo jim UPORI. V električnih shemah označimo upore z veliko črko R. Pri prehodu električnega toka skozi upor se električna energija spremeni v drugo obliko energije - toplotno, ki segreva upor. Paziti moramo, da upora ne pregrejemo, saj bi v tem primeru zgorel. Govorimo o moči upora. Upori večjih dimenzij prenesejo večje moči, ker jim večja površina omogoča boljše oddajanje toplote - hlajenje.

Enota za merjenje električne upornosti se imenuje OHM, označimo pa jo z veliko grško črko omega (Ω). 1Ω je velikost upornosti vodnika, skozi katerega teče tok 1A ob napetosti na koncih 1V. Ime je dobila po nemškem fiziku, ki je preučeval električni tok v sklenjenem krogu. Ugotovil je, da so električni tok, napetost in upornost v sklenjenem krogu medsebojno odvisni. O tem bomo podrobneje govorili v poglavju 5.2 Ohmov zakon in moč. Instrument za merjenje upornosti je OHM-METER. Večje upornosti označujemo v kiloohmih ($k\Omega$) in megaohmih ($M\Omega$).

Kateri dejavniki pogojujejo lastnost vodnika, da ima večjo ali manjšo električno upornost? To so:

1. Specifična upornost snovi, ki je splošna lastnost vsakega materiala in jo najdemo v raznih priročnikih. Specifična upornost snovi je upornost vodnika narejenega iz te snovi z dolžino 1m in prečnim presekom 1mm² pri temperaturi 20°C. Specifična upornost snovi je temperaturno odvisna. Pri večini snovi z naraščanjem temperature narašča tudi specifična upornost. Pravimo, da ima snov Pozitiven Temperaturni Koeficient (PTK). Nekateri materiali (polprevodniki) pa se obnašajo ravno drugače - imajo Negativen Temperaturni Koeficient (NTK), kar pomeni, da se jim s segrevanjem upornost manjša. Specifično upornost označimo z grško črko ρ (ro). Baker ima manjšo specifično upornost kot železo, zato je tudi boljši električni prevodnik;
2. Dolžina žice: daljša žica ima večjo upornost kot krajša;
3. Debelina ali presek žice: upor tanke žice je večji kot pri debelejši žici. Zaradi tega morajo biti žice, ki vodijo velike tokove (npr. med usmernikom in postajo), čimbolj debele.

Zgornje ugotovitve lahko strnemo v sledeči enačbi:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

$$R_t = R \cdot (1 + \alpha \cdot (t - 20^\circ))$$

R - upornost pri 20°C (Ω)

R_t - upornost pri temperaturi t (Ω)

ρ - specifična upornost ($\Omega\text{mm}^2\text{m}^{-1}$)

l - dolžina vodnika (m)

S - prečni presek vodnika (mm²)

t - temperatura (°C)

α - temperaturni koeficient

Še nekaj besed o izvedbi uporov. Upore lahko delimo glede na to iz kakšnega materiala so narejeni in pa kako jih v vezjih uporabljamo.

Glede na izvedbo ločimo:

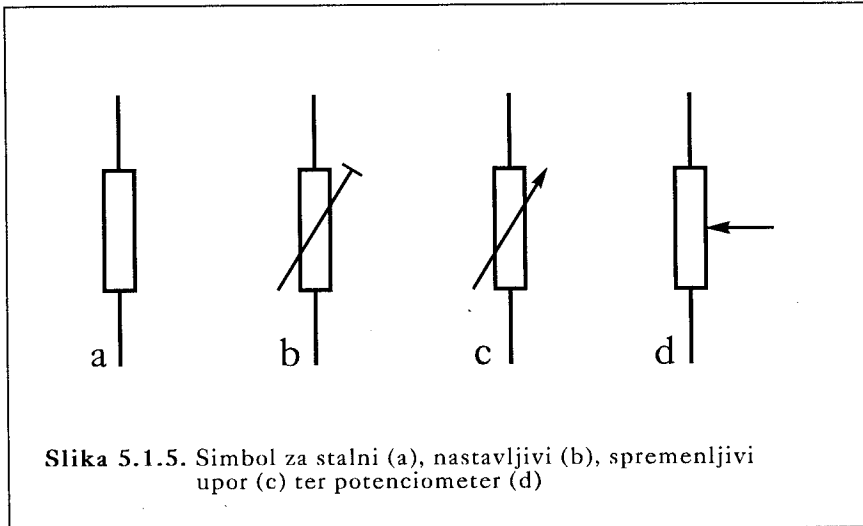
1. Žične upore: naviti so iz uporovne žice. Določena dolžina žice je navita na izolacijsko cevko, ki je običajno iz keramike. Ta vrsta uporov je primerna za večje moči, saj prenesejo močno segrevanje;
2. Slojni upori: na izolacijsko cevko je nanešena uporovna snov. Upornost elementa je odvisna od debeline nanosa in vrste snovi;
3. Polni ali masni upori: v celoti so narejeni iz uporovne mase.

Glede na možnost uporabe imamo:

1. Stalne upore: imajo stalno, v tovarni določeno vrednost;
2. Nastavljive upore: vrednost lahko sami nastavimo s pomočjo drsnika ali odcepy, nato je ne spreminjamo več. Te upore poznamo pod

imeni kot so: trimer upori, trimer potenciometri ali kar kratko trimerji;

3. Spremenljive upore: vrednost lahko stalno spreminjamo. Uporabljajo se, recimo, za spreminjanje glasnosti pri radijskem sprejemniku. Pravimo jim tudi potenciometri.

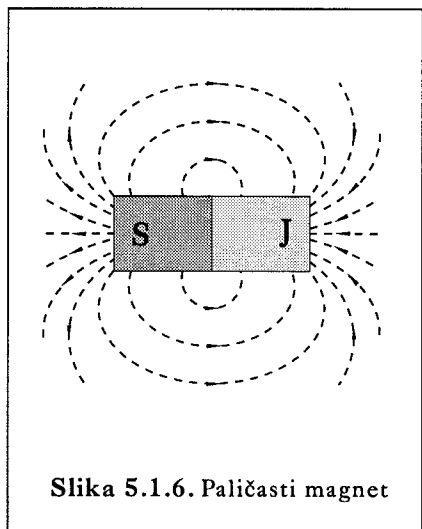


Vrednost uporov se običajno podaja s pomočjo barvnih obročkov. Več o označevanju si poglejte v dodatku na koncu knjige.

7. MAGNETNO POLJE TRAJNEGA MAGNETA

Že stari Grki so poznali nekatere materiale, ki so imeli lastnost, da privlačijo kovinske predmete. Prve take snovi so odkrili v okolici mesta Magnezija v severni Grčiji. Po tem mestu so te snovi dobile ime MAGNET. Naravnih magnetov v naravi ni ravno v izobilju, zato so ljudje kasneje spoznali, da je mogoče nekatere materiale, kot so železo, jeklo, kobalt, nikelj, nekatere zlitine in kovinske okside, umetno namagnetiti.

Če paličast magnet (Slika 5.1.6) položimo v železne opilke in ga nato dvignemo, bomo opazili, da z njegovih koncev visita grozda opilkov. Konca magneta imenujemo pola in ju ponavadi označujemo kot SEVERNI (S) in JUŽNI (J) POL. Črto, ki povezuje oba pola, imenujemo magnetna os. Istoimenska pola se odbijata, nasprotnoimenska



Slika 5.1.6. Paličasti magnet

pa privlačita; podobno kot pri elektrostatici. Naredimo še drugi poskus: pod list papirja, na katerega smo potresli opilke, postavimo paličasti magnet. Opazili smo, da se opilki razvrstijo v določenem redu. Razvrstitev sovпада z magnetnimi silnicami, ki so namišljene črte, ki povezujejo severni in južni pol magneta. Okoli magneta obstaja torej polje, ki mu pravimo **MAGNETNO POLJE**. Jakost magnetnega polja označimo z H , merimo pa z enoto A/m (amper na meter).

Arabci so prvi spoznali, da se magnetna palica, ki jo obesimo na nitko, z magnetno osjo postavi v smeri sever - jug (magnetni polji magneta in Zemlje se poravnata). Tako so iznašli kompas.

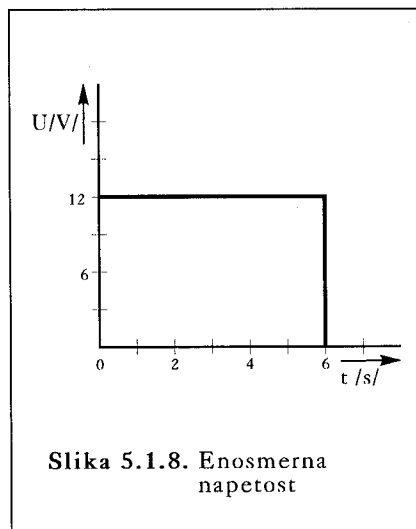
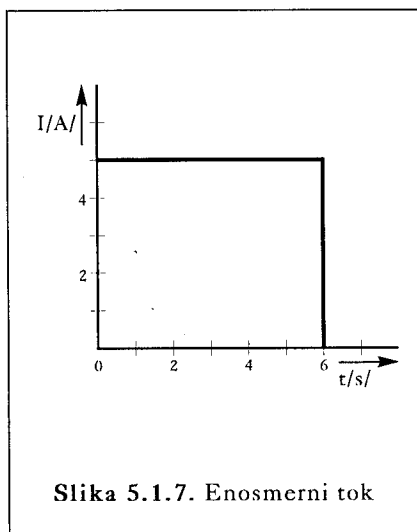
V primeru, da kos magneta prelomimo, ugotovimo, da imata oba konca ponovno svoj severni in južni pol. Postopek lahko večkrat ponovimo; vedno bomo prišli do iste ugotovitve. To nas napeljuje na domnevo, da so atomi sami majhni magneti. Magnetizem atomov izvira iz šibkih električnih tokov, ki so posledica kroženja elektronov okoli atomskega jedra. V splošnem primeru krožijo elektroni vsak v svoji smeri, zato se magnetizem nevtralizira. Če nam uspe usmeriti gibanje večine elektronov pri vseh atomih v isto smer, se magnetni učinki ojačajo in dobimo magnet.

Poleg stalnih magnetov pa v elektrotehniko poznamo tudi elektromagnete. Če skozi žico, ki je v bližini magnetne igle, spustimo električni tok, bomo opazili, da se magnetna igla odkloni. To nas pripelje do zaključka, da se tudi okoli žice ustvari magnetno polje, ki ga povzroči električni tok v vodniku. Pojav bo izrazitejši, če bomo žico navili v obliki spirale, znotraj katere bomo namestili kos železa. Tako smo naredili preprost **ELEKTROMAGNET**. Več o elektromagnetizmu bomo izvedeli v poglavju 5.3. Tuljave in kondenzatorji.

8. ENOSMERNI TOK

V poglavju o električnem toku smo povedali, da je to usmerjeno gibanje nosilcev naboja. V primeru, ko tečejo nosilci naboja le v eni smeri, govorimo o ENOSMERNEM TOKU. Z drugimi besedami: pri enosmernem toku se smer gibanja elektronov s časom ne spreminja. Namesto o toku lahko govorimo o enosmerni napetosti, ki povzroči, da steče enosmerni tok. ENOSMERNNA NAPETOST je tista napetost, ki generira enosmerni tok in se ji s časom predznak (polarizacija) ne spreminja. Kako to izgleda v praksi? Problem si osvetlimo z diagramoma na slikah 5.1.7 in 5.1.8.

Diagram na sliki 5.1.7 prikazuje potek enosmernega toka. Na vodoravno os nanašamo čas v sekundah, na navpično pa jakost toka v amperih. Predstavljajmo si, da ob času $t=0$ vključimo stikalo in s tem omogočimo, da steče tok 5A. Tok ohranja svojo velikost vse do časa $t=6$ sekund, ko stikalo izključimo. Med vklopom in izklopom stikala tok ohranja konstantno polariteto (vedno je pozitiven) in tudi amplitudo (vedno 5A). Ko stikalo izključimo, pade vrednost toka na 0A.



Podobne razmere opazimo na sliki 5.1.8, le s to razliko, da tu opazujemo potek napetosti, ki povzroča enosmerni tok. Na vodoravno os prav tako nanašamo čas v sekundah, na navpično pa velikost napetosti. Ob času $t=0$ se napetost dvigne na vrednost 12V in taka

ostane vse do časa $t=6$ sekund, ko pade na 0V.

V literaturi boste pogosto zasledili, da v primerih, ko se govori o enosmernih tokovih, to označijo z DC (Direct Current).

9. VIRI ENOSMERNEGA TOKA

Do sedaj smo spoznali enosmerni tok. Vemo, da za nastanek toka potrebujemo neko snov, ki generira proste elektrone, poleg tega pa tudi neko potencialno razliko - napetost, ki požene elektrone v gibanje. Naštejmo nekaj načinov, kako pridemo do enosmernega toka.

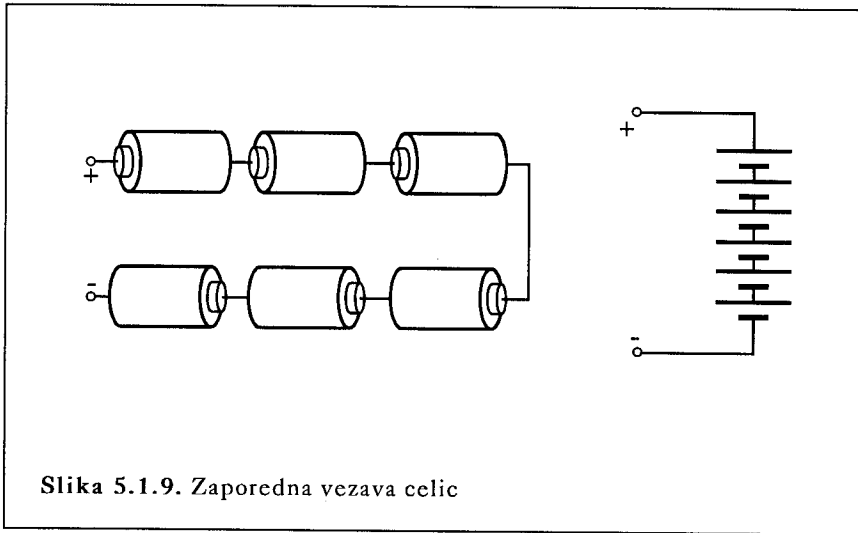
1. Gretje snovi dovaja energijo, ki je krivec za bolj živahno uhajanje elektronov iz atomov, s tem pa nastane možnost električnega toka.
2. Nekateri kristali so občutljivi na pritisk, ki lahko v njih povzroči tok elektronov.
3. Vir električnega toka je lahko tudi magnetno polje. Če vodnik premikamo v polju magneta, se v njem pojavi (inducira) električna napetost, ki požene elektrone po žici. Ta pojav izkoriščamo pri generatorjih.
4. Fotoefekt je pojav, ki je opazen pri nekaterih snoveh. Če na njih pade svetloba, se generira električna napetost, ki požene tok. Na ta način pridobivamo elektriko iz sonca s pomočjo sončnih panelov.
5. S pomočjo kemične reakcije v akumulatorjih ali baterijah se nakopičena energija pretvarja iz kemične v električno.

10. CELICE IN BATERIJE

ELEKTRIČNE CELICE so priprave, ki spreminjajo kemično energijo v električno. Več skupaj povezanih posameznih celic imenujemo BATERIJA ali AKUMULATOR. Pojem baterija ponavadi označuje element, ki ga po uporabi, ko se izprazni, odvržemo. Nasprotno s tem je akumulator obnovljiv element, ki ga je po izpraznitvi možno ponovno napolniti.

Celico sestavljata dve elektrodi, ki sta potopljeni v elektrolit. Od vrste celice je odvisna zgradba elektrod in vrsta elektrolita, kakor tudi napetost, ki jo celica daje.

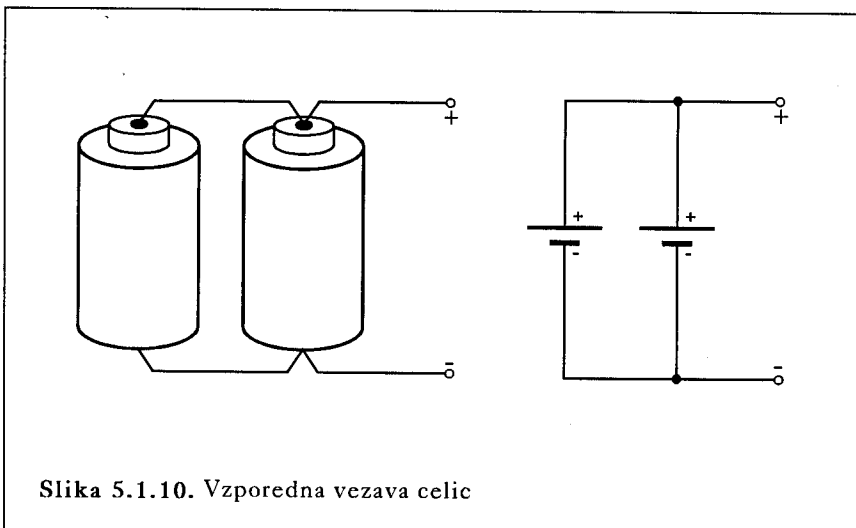
Vsem je znana suha cink-ogljikova celica, ki je sestavni del baterij za prenosne svetilke, radijske sprejemnike, igrače in podobno. Elektrodi ima narejeni iz cinka in oglja, med njima se nahaja elektrolit. Taka celica daje napetost 1.5V.



Celica, ki sestavlja avtomobilski akumulator, daje napetost 2V. Pri njej sta elektrodi iz svinca, kot elektrolit služi kislina.

Celice lahko povežemo v baterijo na dva načina: v zaporedno vezavo (Slika 5.1.9) in vzporedno vezavo (Slika 5.1.10).

Celice povežemo zaporedno tako, da negativni pol prve povežemo na pozitivni pol druge, negativni pol druge na pozitivni pol tretje in



tako naprej. Baterijo na sliki 5.1.9 sestavlja šest celic, ki so vezane na opisan način. V primeru, da ima vsaka celica napetost 2V, dobimo baterijo, ki ima napetost 12V. Na ta način je sestavljen avtomobilski akumulator. Ker so celice vezane zaporedno, teče skozi vse enak tok, zato je dopustni tok celotne baterije enak dopustnemu toku ene celice. Napetost celotne baterije je enaka vsoti napetosti posameznih celic.

Vezavo na sliki 5.1.10 uporabimo, ko potrebujemo večje tokove oziroma večjo kapaciteto. Pravimo ji vzporedna vezava. Pri njej povežemo vse pozitivne pole skupaj in vse negativne skupaj. Skupna napetost take baterije je enaka napetosti ene celice.

Strnimo ugotovitve o vezavi celic:

1. Pri zaporedni vezavi celic je skupna napetost enaka vsoti napetosti posameznih celic, dopustni tok je enak dopustnemu toku ene celice.
2. Pri vzporedni vezavi je skupna napetost enaka napetosti ene celice, dopustni tok je enak vsoti dopustnih tokov posameznih celic.

Pri celicah moramo biti pozorni na sledeče:

V nobenem primeru ne smemo kratko povezati pozitivnega in negativnega pola celice. Če bi prišlo do tega, bi stekli zelo veliki tokovi, ki bi povzročili pregrevanje celice. S tem bi celico trajno poškodovali, v najslabšem primeru bi lahko prišlo celo do eksplozije. Pred vezavo se prepričajmo, kateri pol celice je pozitiven, kateri negativen. Če poli celic niso jasno označeni, si pomagamo z voltmetrom.

Predno si ogledamo nekaj značilnih predstavnikov celic, se seznanimo še z nekaterimi pojmi, ki nas bodo zanimali pri vsaki bateriji ali akumulatorju.

Prvi je KAPACITETA, ki je izražena v amperurah (Ah). Pove nam, koliko časa je celica sposobna dajati določen tok. Zaradi jasnosti si oglejmo primer: Imamo akumulator z kapaciteto 10Ah. Koliko časa ga lahko uporabljamo? Odgovor je odvisen od tega, kakšno breme bomo priključili na akumulator. V primeru, da imamo porabnik, ki troši tok 5A, se bo akumulator spraznil v 2 urah ($5 A \times 2h = 10 Ah$). Vzemimo drugo breme, ki troši le 0.1A in ponovimo račun. Ugotovili bomo, da bo preteklo celih 100 ur, preden bo akumulator prazen.

Vsaka celica ima neko NOTRANJO UPORNOST (Rg). Ta povzroči, da se napetost obremenjene celice razlikuje od napetosti neobremenjene. Večja je ta upornost in bolj izpraznena je celica, večjo razliko bomo opazili.

KRATKOSTIČNI TOK (I_k) je tok, ki steče, če pola celice kratko spojimo z vodnikom. Njegova velikost je odvisna od napetosti celice (U_c) in notranje upornosti (R_g):

$$I_k = \frac{U_c}{R_g}$$

I_k - kratkostični tok (A)

U_c - napetost celice (V)

R_g - notranja upornost celice (Ω)

Vidimo, da bi v primeru, če celica ne bi imela notranje upornosti ($R_g=0$), stekel neskončno velik tok, kar pa v praksi ni mogoče.

NAZIVNI TOK celice je enak 1/10 vrednosti nazivne kapacitete celice. V primeru, da imamo celico z kapaciteto 5Ah, je njen nazivni tok 0.5A. Velikost nazivnega toka je pomembna pri polnjenju celic.

Celice delimo na dve veliki skupini:

1. PRIMARNE ali OSNOVNE celice so tiste, ki po spremembi kemične energije v električno nimajo možnosti obnavljanja. Predstavniki teh celic so:

- Cink-ogljikova suha celica z napetostjo 1.5V;
- Suha alkalno-manganska celica, ki ima drugačen elektrolit od cink-ogljikove. Daje napetost 1.35V, ima daljšo življensko dobo in daje večji trenutni tok;
- Živosrebrna celica daje napetost 1.4V. Je dražja, vendar je tudi njena življenska doba daljša.
- Litijeva celica ima napetost 3V.

Poleg naštetih celic, ki so v široki uporabi, poznamo tudi druge specialne celice, ki se uporabljajo za posebne namene v elektroniki.

2. SEKUNDARNE CELICE so tiste, ki se po izpraznitvi lahko napolnijo. Značilen predstavnik je avtomobilski akumulator, ki ga sestavlja šest celic. Proces polnjenja poteka tako, da skozi baterijo spustimo tok v obratni smeri, kot teče pri praznjenju. S tem pa obrnemo tudi kemični proces in regeneriramo napetost celice na vrednost pred praznjenjem. Nekateri predstavniki takih celic so:

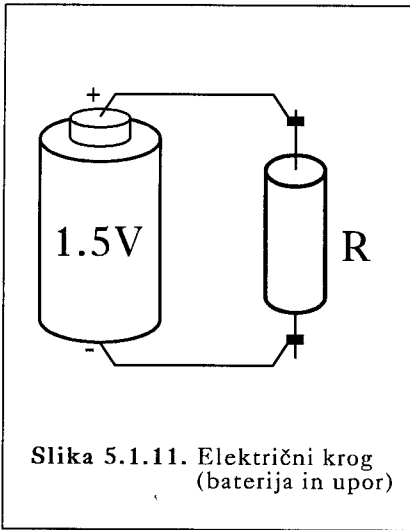
- Svinčena celica, ki jo običajno najdemo v avtomobilih. Daje napetost 2V in omogoča praznjenje z zelo velikimi tokovi. Problem predstavljata elektrolit (solna kislina, ki je zdravju nevarna, razjeda pa tudi razne

- materiale) in vzdrževanje, saj potrebuje sorazmerno veliko nege. Njeni dobri lastnosti sta nizka cena in velika kapaciteta.
- Nikelj-kadmijeva (NiCd) celica je zelo popularna. Ob pravilnem ravnanju ima zelo dolgo življensko dobo. Daje napetost 1.2V. Je dražja od svinčene celice in ni zmožna dajati tako velikih tokov. NiCd celice polnimo s tokom, ki je enak desetini vrednosti njene nazivne kapacitete. V primeru, da imamo akumulator kapacitete 1Ah, ga polnimo 14 ur s tokom 0.1A. Paziti moramo, da je akumulator pred polnjenjem izpraznjen, saj dopolnjevanje s časoma poškoduje celice. Prazna NiCd celica ima napetost 1.1V. Obstajajo tudi "hitri" polnilci, s katerimi polnimo celice z večjim tokom, tako da akumulator napolnimo v eni uri ali še prej.
 - Nikel-metal-hidridna (NiMH) je izboljšana NiCd celica. Daje napetost 1.2V. Njena prednost je večja kapaciteta (približno 2 kratna kapaciteta za iste dimenzije kot NiCd). Poleg tega ne vsebuje težkih kovin (kadmij, svinec, živo srebro)
 - Litij-ionska celica (Li-ion) je zelo lahka celica. Daje napetost 3.6V in ima trikrat večjo kapaciteto od NiCd celice pri enakih dimenzijah.
 - Gold-Cap je v bistvu majhen kondenzator z zelo veliko kapaciteto. Polnimo jo hitro z velikimi tokovi. Daje napetost 5.5V.
 - Power-Cap je izboljšana verzija Gold-Cap celice. Je še manjših dimenzij, daje napetost 3V.
 - Polimerna celica ima eno od elektrod narejeno iz polimera (Polypyroll). Je majhna in daje napetost 3.6V. Kapaciteta je primerljiva z NiMH celicami.
 - Pametna celica, ki se uporablja v nekaterih računalnikih. Narejena je na bazi NiMH celice in ima vgrajen mikročip. Preko vodila je povezana z procesorjem računalnika.

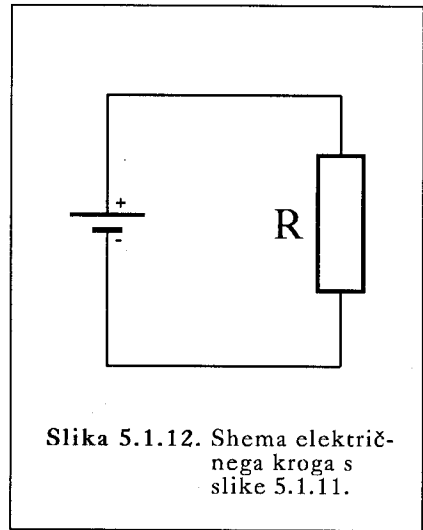
11. ELEKTRIČNE SHEME

V elektrotehnik in elektroniki želimo na čim bolj preprost in vsem razumljiv način predstaviti vsako električno vezje. Na sliki 5.1.11 imamo narisano preprost električni tokokrog, ki ga sestavljajo le baterija, upor in povezovalni žici. Risanje vezja v taki obliki je zamudno že pri tako malem številu sestavnih elementov, kaj šele v primeru, če bi hoteli podati bolj kompleksen načrt, recimo za radijsko postajo, ki jo sestavlja na stotine elementov. Zaradi tega v elektrotehnik in elektroniki rišemo načrte z mednarodno dogovorjenimi oznakami, ki jim pravimo SIMBOLI. Vsak

elektrotehniški element ima svoj simbol, s katerim ga predstavimo v načrtu, ki mu rečemo SHEMA. Na sliki 5.1.12, ki predstavlja shemo omenjenega električnega kroga, vidimo simbola za baterijo in upor, povezave so predstavljene z ravnimi črtami. Ker so ti simboli mednarodno dogovorjeni, vsakdo, ki ga ta shema zanima, ve, kaj predstavlja. Kljub dogovorom obstaja nekaj razlik v označevanju, ki so opazne predvsem pri električnih shemah japonskega in ameriškega izvora.



Slika 5.1.11. Električni krog (baterija in upor)



Slika 5.1.12. Shema električnega kroga s slike 5.1.11.

Pri risanju električnih shem obstajajo tri osnovna pravila:

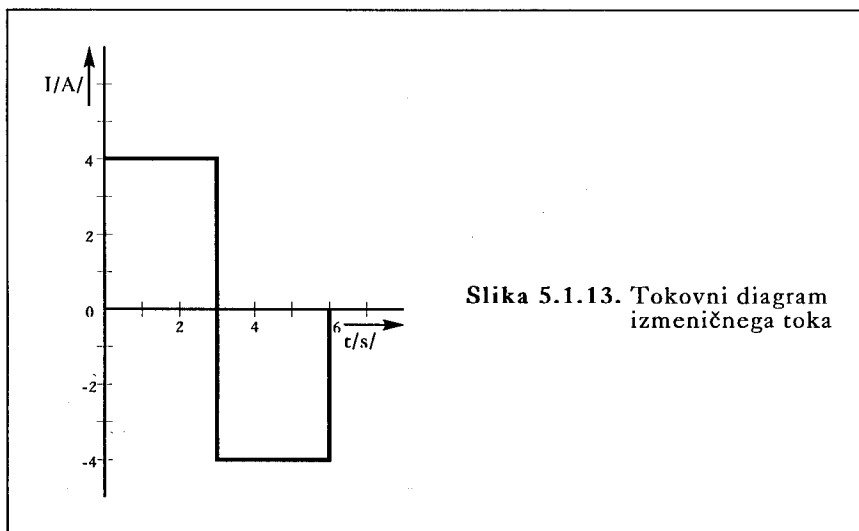
1. Vsak element ima svoj specifičen simbol;
2. Povezave med elementi rišemo kot ravne črte. Če se te lomijo ali križajo, se morajo lomiti oziroma križati pod pravim kotom;
3. Položaj simbola v vezju je lahko vertikalni ali horizontalni; poševna lega simbola ni dovoljena.

V tem poglavju smo se že seznanili s simboli za baterijo, upor in povezave. Veliko več jih boste spoznali v nadaljevanju, ko se bomo seznanjali s posameznimi elementi, ki jih uporabljamo v elektrotehniko in elektroniki. Na koncu priročnika so zbrani najpogosteje uporabljeni simboli, ki jih srečamo v električnih shemah.

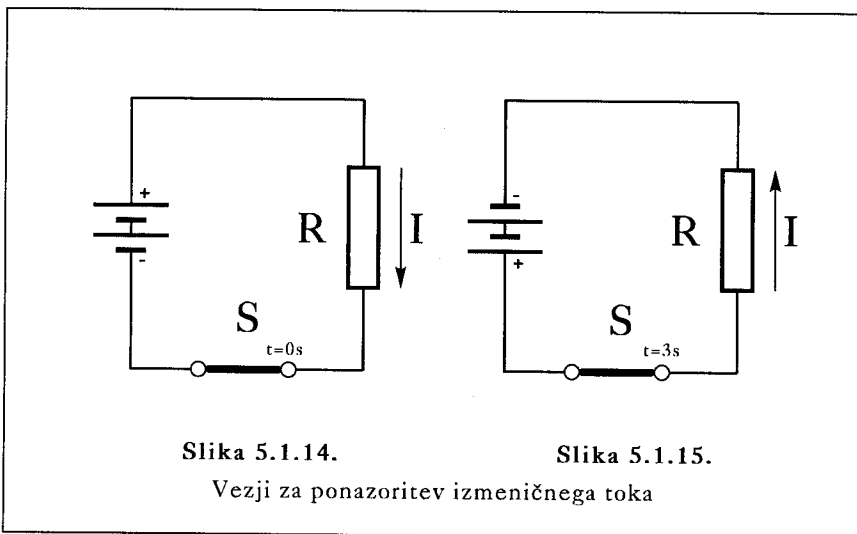
12. IZMENIČNI TOK

Do sedaj smo govorili le o enosmernem električnem toku. Čas je, da povemo nekaj tudi o izmeničnem električnem toku, ki je za človeka še pomembnejši od enosmernega. Oznaka zanj, ki se jo pogosto opazi, je AC. Izhaja iz besed Alternating Current, kar v prevodu pomeni izmenični tok. Če primerjamo enosmerni in izmenični tok, je bistvena razlika med njima v smeri gibanja nosilcev naboja. Pri izmeničnem električnem toku tečejo nosilci naboja nekaj časa v eno smer, nato se jim smer gibanja obrne in tako naprej. Časovne spremembe smeri gibanja elektronov si lahko sledijo v enakomernih časovnih intervalih.

Podobno kot potek enosmernega toka lahko tudi potek izmeničnega prikažemo v diagramu (Slika 5.1.13), celoten proces pa osvetlimo s pomočjo vezij na slikah 5.1.14 in 5.1.15.

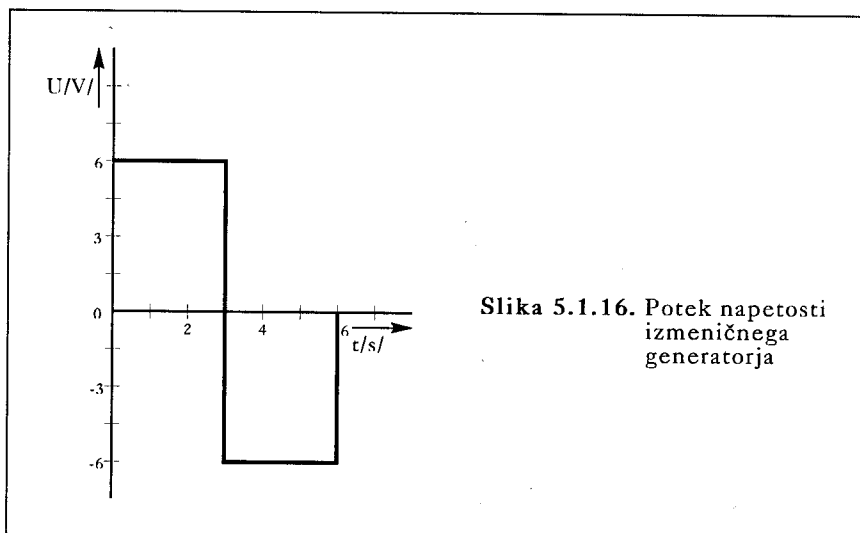


Ob času $t=0$ sklenemo stikalo S. Steče tok I v smeri, kot ga označuje puščica (Slika 5.1.14). V diagram na sliki 5.1.13 narišimo potek toka v tem časovnem intervalu. Do tu je vse enako kot pri enosmernem toku. Ob času $t=3$ sekunde naredimo sledeče: izključimo stikalo S, zamenjamo pola baterije in ponovno vključimo stikalo S (Slika 5.1.15). Kaj se zgodi? Najprej pade vrednost toka na $0A$, ker tok lahko teče le v sklenjenem tokokrogu. Ko stikalo ponovno vklopimo, ponovno steče tok, le da tokrat v obratni smeri kot prej (puščica). Ker



ima tok sedaj drugo smer, to označimo s predznakom “minus” in ga vrišemo v diagram.

Tako generiranje izmeničnega toka ni praktično. Isti potek toka bi dobili tudi v primeru, da bi namesto baterije, ki ji v intervalih obračamo pola, uporabili nek vir, ki bi se mu izmenično spreminjala napetost. Potek napetosti, ki bi generirala tok na sliki 5.1.13, je prikazan v diagramu na sliki 5.1.16.



Vidimo, da spreminjamo napetost med dvema mejama, ki sta po absolutni vrednosti enaki, razlikujeta se le po predznaku. Diagram je podoben tokovnemu, le na navpično os namesto toka nanašamo napetost. Vir bi moral v času med $t=0$ in $t=3$ sekunde dajati pozitivno napetost, nato pa med $t=3$ sekunde in $t=6$ sekund negativno napetost. V našem primeru smo si izbrali napetost 6 voltov.

13. VIRI IZMENIČNEGA TOKA

V začetku je bilo pridobivanje in izkoriščanje električnega toka omejeno le na enosmerni tok. Vendar se je pokazalo, da je prenos energije pri enosmernem toku na večje daljave problematičen. Nato se je pojavil znanstvenik, ki je dokazal prednosti izmeničnega toka in tudi postavil osnove trofaznega izmeničnega generatorja, na katerem še danes sloni vsa proizvodnja in izkoriščanje izmeničnega električnega toka. Ta znanstvenik je bil Nikola Tesla. Po njegovih zamislih je bila zgrajena tudi prva elektrarna na Niagarskih slapovih, ki je generirala izmenično napetost v komercialne namene. Hitro so se pokazale prednosti, ki jih ima izmenični tok v primerjavi z enosmernim, zato je pridobivanje enosmernega toka v elektrarnah kmalu zamrlo. Ker pa enosmerni tok še vedno potrebujemo za delovanje nekaterih naprav, smo se naučili, kako je mogoče izmenični tok pretvoriti v enosmerne, vendar o tem kasneje.

Najbolj poznan vir izmenične napetosti so električne vtičnice, ki se nahajajo v vsakem domu. No, resnici na ljubo so to le odjemna mesta, prave vire pa je iskati v elektrarnah, v katerih so nameščeni električni generatorji. V bistvu gre pri pridobivanju električne napetosti za pretvorbo energij. Energija, ki se skriva v plinu, nafti, vodi ali uranovih palicah, se preko mehanske energije, ki poganja generator, spreminja v električno.

Poleg velikih generatorjev v elektrarnah poznamo tudi majhne prenosne generatorje, ki jih poganja motor z notranjim izgorevanjem. Tudi vsak avto ima svoj generator izmeničnega toka, ki se mu reče alternator in skrbi, da je akumulator vedno poln.

14. OSNOVNI GENERATOR IZMENIČNEGA TOKA

Nekaj poglavij nazaj smo omenili elektromagnete in medsebojni vpliv polj, ki jih ustvarjata magnet in žica po kateri teče električni tok.

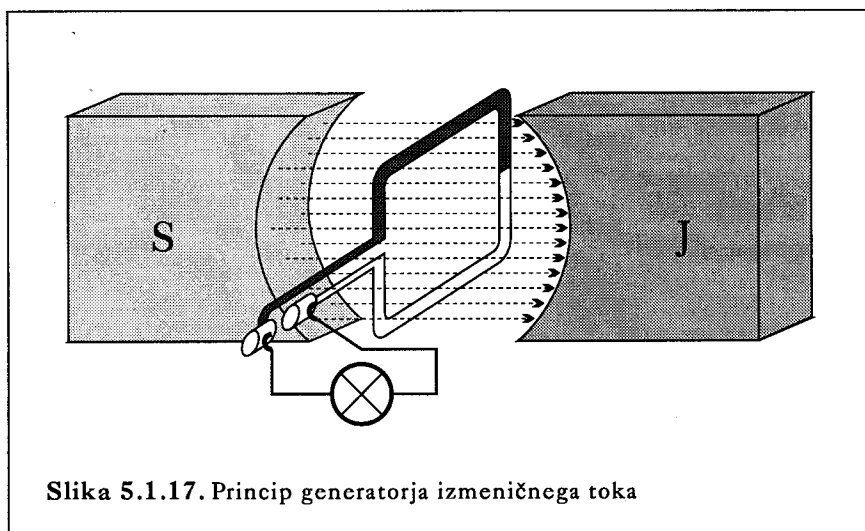
V primeru, da žično zanko premikamo v magnetnem polju, se v zanki inducira napetost, ki požene po zanki električni tok. Do istega pojava pridemo, če zanka miruje in spreminjamo smer in velikost magnetnega polja. Velja pravilo, da je maksimalna inducirana napetost (U_{\max}) odvisna od jakosti magnetnega polja, dolžine zanke in od hitrosti, s katero se premika vodnik. Zaradi tega sta za električni generator potrebna močno magnetno polje in hitro premikajoča se zanka.

Na sliki 5.1.17 vidimo principiuelno shemo takega generatorja. Močan magnet ustvarja stalno magnetno polje. Silnice polja potekajo od severnega proti južnemu polu magneta. V polje postavimo žično zanko, ki jo vrtimo okoli vzdolžne osi. V zanki se inducira napetost (U), ki preko odjemnih obročev in bremena (žarnice) požene izmenični električni tok.

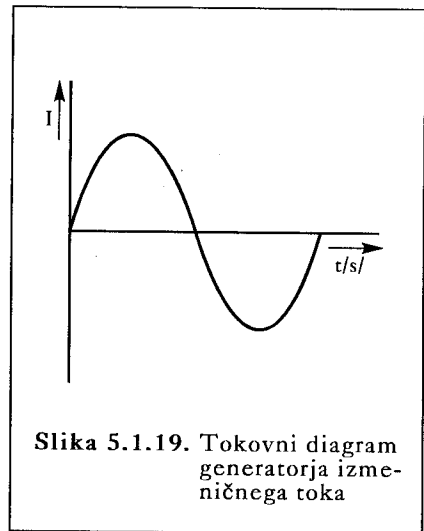
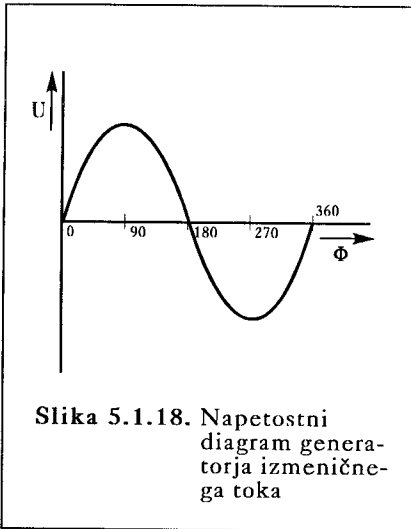
$$U = U_{\max} \cdot \sin(\alpha)$$

U - inducirana napetost (V)
 U_{\max} - maksimalna inducirana napetost (V)
 α - kot zanke glede na silnice polja

Velikost inducirane napetosti se spreminja v odvisnosti od položaja zanke (α). V primeru, ko je zanka pravokotna na silnice ($\alpha=0^\circ$), se v njej napetost ne inducira. Bolj ko se zanka približuje vodoravni legi (90 stopinjski obrat glede na začetno lego, vzporedno s silnicami), večja napetost se inducira. Po prehodu preko te lege se inducirana napetost začne manjšati. Vsake pol obrata se spremeni predznak napetosti na odjemnih obročih generatorja.



Slika 5.1.17. Princip generatorja izmeničnega toka



Potek napetosti nam prikazuje slika 5.1.18. Na navpično os nanašamo velikost napetosti, na vodoravno pa položaj zanke izražen v stopinjah. Pri 0 in 180 stopinjah je zanka pravokotna na silnice, zato v njej ni inducirane napetosti. Maksimum je takrat, ko je zanka vzporedna s silnicami - pri 90 in 270 stopinjah.

Podobno sliko dobimo, če opazujemo potek toka skozi zunanji porabnik. Obliki krivulje, s katero opišemo potek toka in napetosti, pravimo sinus, zato govorimo tudi o sinusni napetosti oziroma toku.

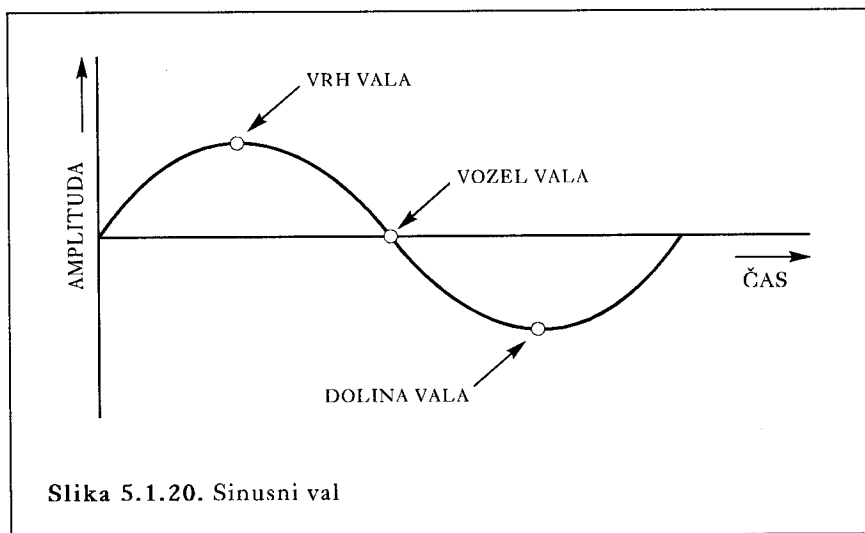
Sinusna oblika napetosti ali toka je v elektrotehniki zelo pogosta. Srečamo jo tudi pri elektromagnetnih valovih. Pogosto se bomo srečevali z izrazi kot so: frekvenca, amplituda, faza, hitrost širjenja, vrhnja vrednost, srednja vrednost, efektivna vrednost in drugo. Zaradi tega je dobro, da si sinusno porazdelitev ogledamo malo podrobneje.

15. SINUSNA OBLIKA SIGNALA

Takoj ko nas pogovor zanese na področje izmeničnih veličin (izmenični tok in napetost, elektromagnetno valovanje) se srečamo s sinusno obliko signalov. Na sliki 5.1.20. imamo narisane sinusne valove z nekaterimi značilnimi točkami. Najvišji točki vala rečemo VRH (ali teme), najnižji

DOLINA, vmesna točka, kjer nihanja ni, je VOZEL vala. Pri sinusnem signalu nas bo zanimalo nekaj veličin, ki jih bomo spoznali v nadaljevanju.

AMPLITUDA je vrednost, ki nam pove razliko med vrhom in vozlom vala. Včasih namesto o amplitudi govorimo o VRHNJI ali TEMENSKI vrednosti. Amplitudo v diagramih nanašamo na navpično ali vertikalno os (Slika 5.1.20). Na vodoravni ali horizontalni osi je označen čas, faza ali pot, odvisno kaj nas trenutno zanima.



FREKVENCA je naslednji pomembni pojem, ki je povezan z valom. Predstavljajmo si, da iz fiksne pozicije opazujemo sinusno nihanje. Pri tem štejemo, koliko vrhov in dolin se je zamenjalo v točki opazovanja v neki časovni enoti. Čas merimo v sekundah. Perioda je čas, ki je potreben za en nihaj.

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

$$f = \frac{n}{t}$$

f - frekvenca (Hz)

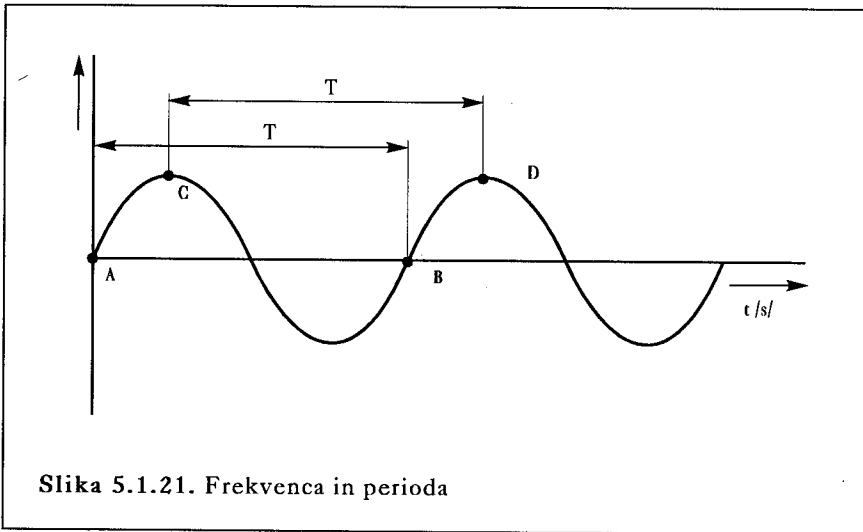
T - perioda (s)

t - čas opazovanja (s)

n - število nihajev v času opazovanja

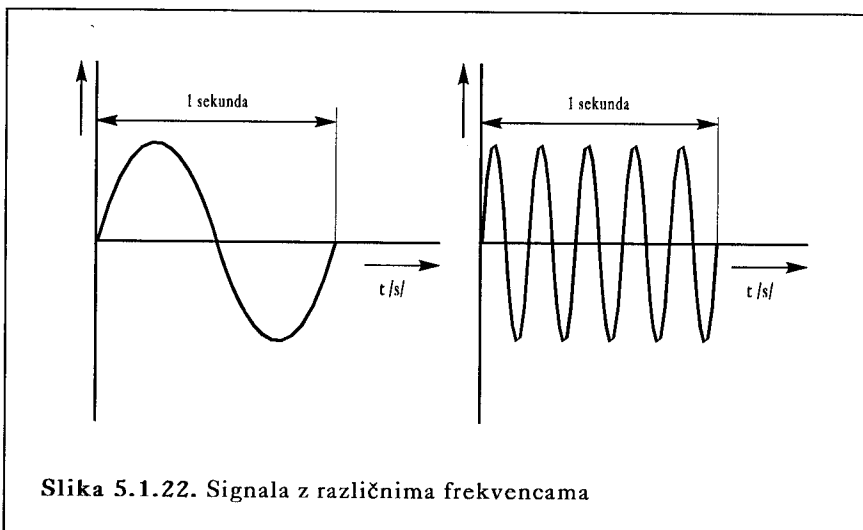
$$1\text{Hz} = 1/\text{s}$$

Na sliki 5.1.21 imamo označen en nihaj. Začeli smo v točki A in ga končali v točki B. Prav tako bi lahko začeli kjerkoli na krivulji pod



pogojem, da končamo v isti točki en nihaj kasneje (na primer točki C in D). Frekvenca je enaka številu kompletnih nihajev v eni sekundi. Enota zanjo je HERTZ in jo označimo z Hz. En hertz pomeni en nihaj v sekundi.

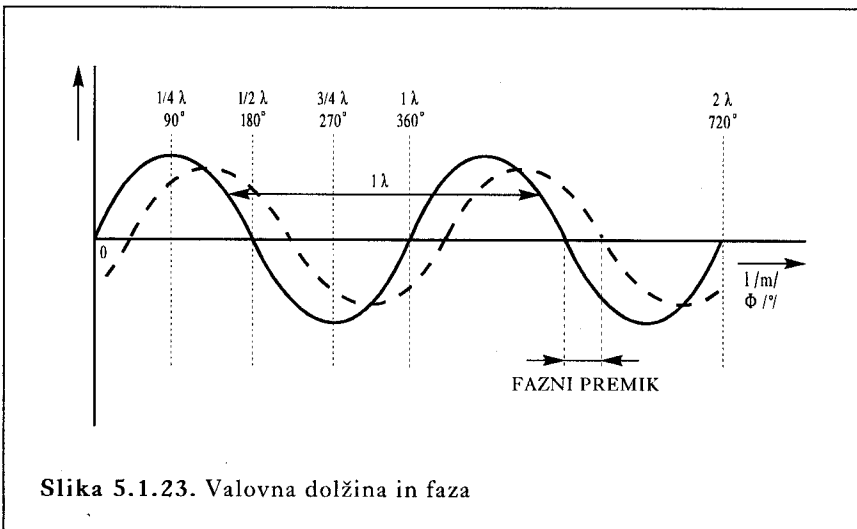
Na sliki 5.1.22 imamo primera dveh signalov z različnima frekvencama. Pri prvem imamo en nihaj v času ene sekunde; signal ima frekvenco 1Hz. Pri drugem imamo pet nihajev v času ene sekunde; signal ima frekvenco 5Hz.



Izračunajmo, kakšna je frekvenca valovanja, če v času petih sekund naštejemo sto nihajev.

$$f = \frac{n}{t} = \frac{100 \text{ nihajev}}{5 \text{ s}} = 20 \text{ Hz}$$

VALOVNA DOLŽINA je sledeči pojem, ki nas zanima. To je razdalja, ki jo val prepotuje v času enega nihaja. Merimo jo v dolžinskih enotah, najpogosteje v metrih (m). Simbol, ki nam označuje valovno dolžino, je mala grška črka lambda (λ).



Slika 5.1.23. Valovna dolžina in faza

Valovna dolžina in frekvenca sta med seboj odvisni. Valovanje z višjo frekvenco ima krajšo valovno dolžino. Velja tudi obratno: valovanje z nižjo frekvenco ima daljšo valovno dolžino.

V povezavi z valovno dolžino se velikokrat omenja tudi FAZA valovanja; še posebno v primerih, ko opazujemo dve valovanji z isto frekvenco (Slika 5.1.23), ki sta medsebojno zamaknjeni. Fazo merimo v kotnih stopinjah. Celoten nihaj nam predstavlja 360 stopinj, polovica 180 stopinj in četrtnina nihaja 90 stopinj. Valovanji, ki med seboj nista zamaknjeni, nihata sofazno - hkrati dosežeta maksimum in minimum. Če sta premaknjeni za 180 stopinj, nihata protifazno - eno doseže minimum, ko drugo doseže maksimum.

HITROST širjenja signala je povezana z valovno dolžino in frekvenco na naslednji način:

$$v = f \cdot \lambda$$

v - hitrost (m/s)

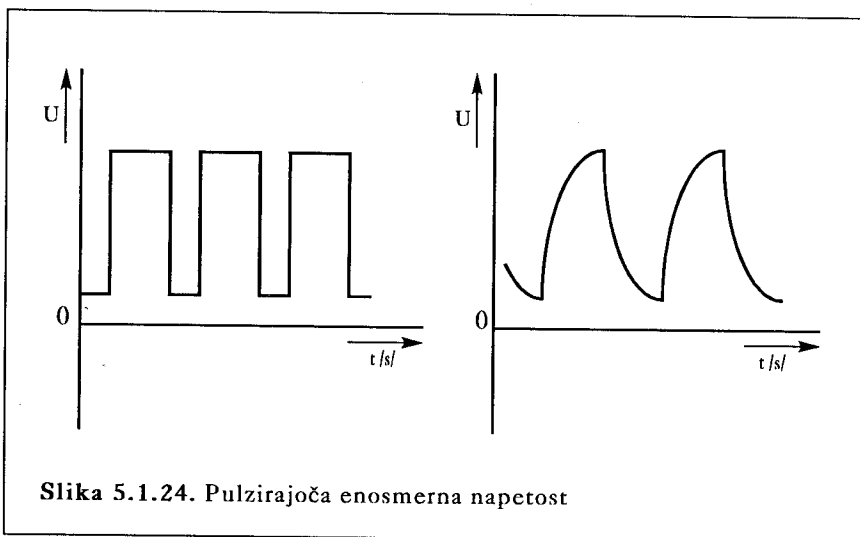
f - frekvenca (Hz)

λ - valovna dolžina (m)

Hitrost je enaka produktu frekvenca in valovne dolžine. Merimo jo v metrih na sekundo (m/s). Hitrost širjenja je odvisna od snovi, v kateri se valovanje širi.

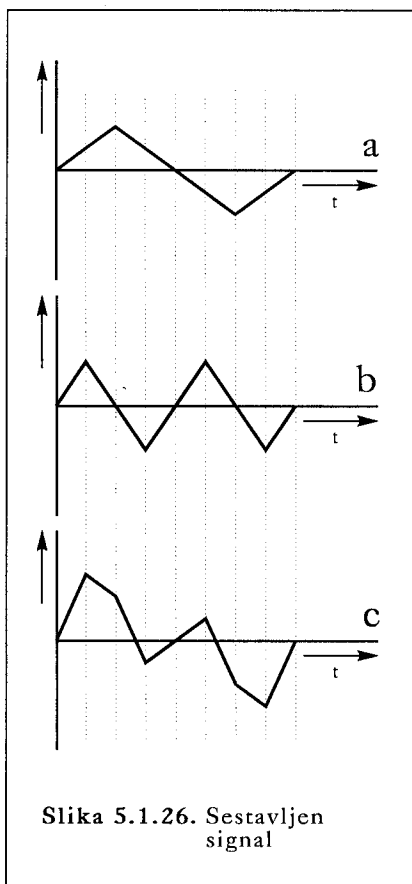
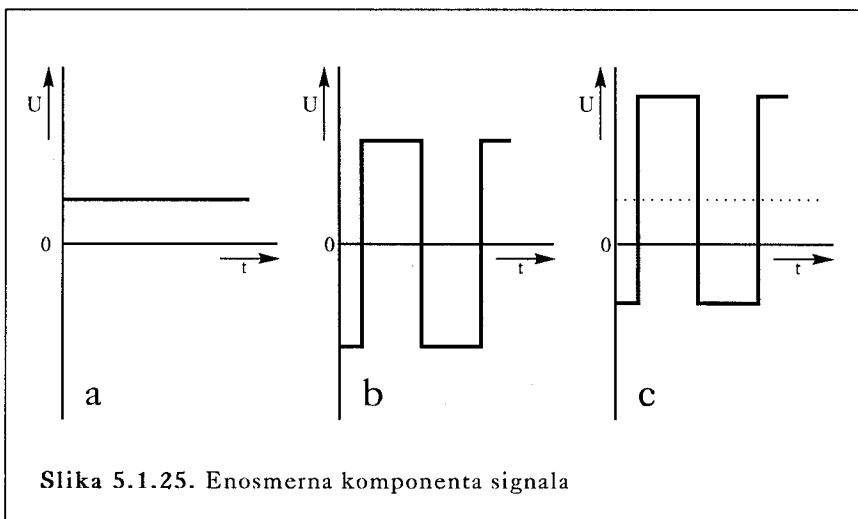
16. DRUGE OBLIKE SIGNALOV

V elektrotehniki poleg enosmernih in sinusnih signalov srečamo tudi druge oblike tako enosmernih kot tudi izmeničnih signalov. Na sliki 5.1.24 imamo dva primera enosmerne napetosti, kateri se spreminja amplituda, predznak (polariteta) pa ostaja nespremenjena. V takem primeru govorimo o PULZIRAJOČI enosmerni napetosti.

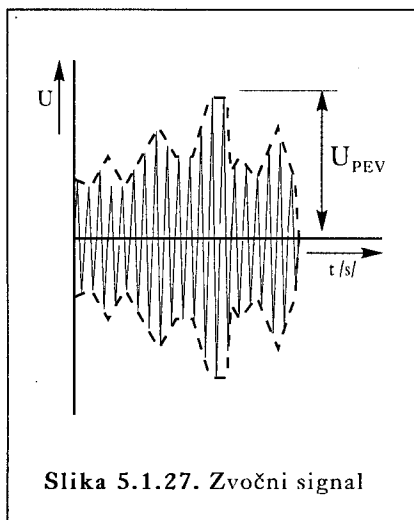


Slika 5.1.24. Pulzirajoča enosmerna napetost

V poglavju o izmeničnem toku smo se srečali s signalom pravokotne oblike. Poglejmo si, kaj bi se zgodilo v primeru, če bi v serijo povezali dva napetostna vira: enega enosmernega (Slika 5.1.25.a) in drugega izmeničnega (Slika 5.1.25.b). Napetosti bi se seštele. Kot rezultat bi dobili signal na sliki 5.1.25.c. V takem primeru rečemo, da izmenični signal vsebuje tudi enosmerno komponento.



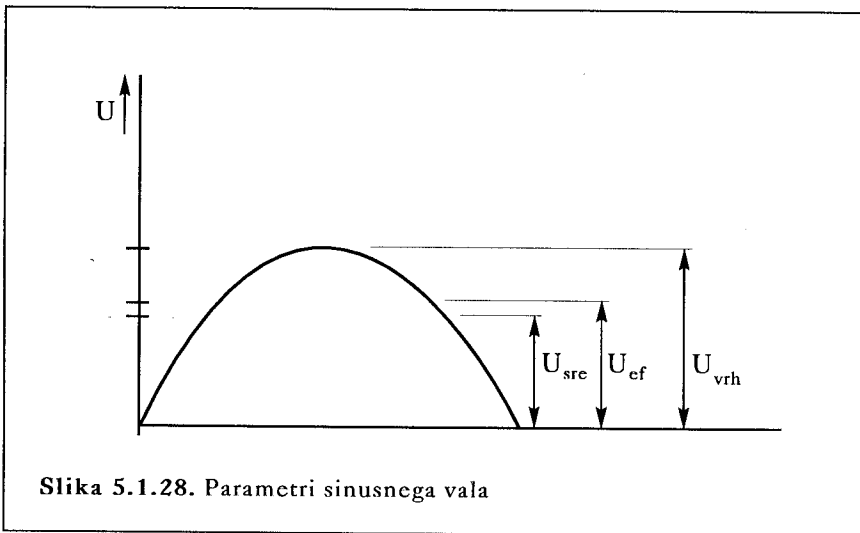
Sledeč primer nam podaja dva trikotna signala. Eden naj ima frekvenco f (osnovna frekvenca), drugi $2f$ (druga harmonska frekvenca). Če bi imeli še en signal z frekvenco $3f$, bi govorili o tretji harmonski frekvenci. Razmišljanje bi lahko nadaljevali v nedogled. Signala seštejmo; rezultat je neka sestavljena (kompleksna) oblika signala (Slika 5.1.26.c).



V primeru, da sestavimo veliko sinusnih signalov različnih frekvenc, pridemo do signala, ki bi lahko izgledal kot na sliki 5.1.27. Tako približno izgleda zvočni ali audio signal. Pri takem signalu nas običajno zanima OVOJNICA signala. To je namišljena črta, ki povezuje vrhove posameznih "valčkov". Na sliki 5.1.27 je označena s prekinjeno črto.

17. NAPETOSTNI PARAMETRI IZMENIČNEGA SIGNALA

Časovna odvisnost izmeničnih tokov in napetosti pred nas postavlja vprašanje, kako definirati in kje meriti njihove vrednosti. Vrednosti se od trenutka do trenutka spreminjajo. Zanima nas, ali na valu obstajajo točke, s pomočjo katerih lahko podamo lastnosti kompletnega valovanja. Izkaže se, da je to mogoče. Oglejmo si polovico sinusnega vala z označenimi zanimivimi vrednostmi (Slika 5.1.28).



Prvi od parametrov je VRHNJA ali tudi TEMENSKA vrednost, ki jo bomo označevali z U_{vrh} .

Ko na izmenični generator priključimo upor, pride do njegovega segrevanja in oddajanja energije v obliki toplotnega sevanja. Do istega pojava pridemo tudi, če uporabimo enosmerni vir. EFEKTIVNA vrednost

izmenične napetosti (U_{ef}) je enaka velikosti enosmerne napetosti, ki povzroči enako segrevanje upora. Drugi izraz za efektivno vrednost je srednja-kvadratna-vrednost, oznaka zanjo je RMS (Root-Mean-Square). Za sinus velja:

$$U_{vrh} = \sqrt{2} \cdot U_{ef} \approx 1.414 \cdot U_{ef}$$

$$U_{ef} = \frac{U_{vrh}}{\sqrt{2}} \approx 0.707 \cdot U_{vrh}$$

U_{vrh} - vrhnja vrednost napetosti (V)
 U_{ef} - efektivna vrednost napetosti (V)

V primeru, da ni drugače označeno, se vrednosti izmeničnih tokov in napetosti podajajo v efektivnih vrednostih.

Merilni instrumenti običajno merijo srednjo oziroma povprečno vrednost izmeničnih veličin. Označili jo bomo z U_{sre} . Za sinus veljajo sledeče zveze:

$$U_{sre} = \frac{2}{\pi} \cdot U_{vrh} \approx 0.636 \cdot U_{vrh} \approx 0.9 \cdot U_{ef}$$

$$U_{vrh} = \frac{U_{sre}}{0.636} = 1.57 \cdot U_{sre}$$

U_{sre} - srednja vrednost napetosti (V)
 U_{vrh} - vrhnja vrednost napetosti (V)
 U_{ef} - efektivna vrednost napetosti (V)

Pomemben podatek za obravnavo sestavljenih signalov (Slika 5.1.27) je vrhnja napetost ovojnice - PEV (Peak Envelope Voltage). Ovojnica je, kot smo že povedali, namišljena krivulja, ki povezuje vrhove posameznih "valčkov" signala. Ta vrednost je pomembna pri izračunu moči nekaterih oddajnikov.

Kljub temu, da smo se v razlagi in primerih omejili le na napetosti, veljajo iste zakonitosti za vse izmantične veličine.

V gospodinjstvu uporabljamo električno napetost 220V. To je efektivna vrednost. Izračunajmo si ostale vrednosti.

$$U_{ef} = 220V$$

$$U_{vrh} = \sqrt{2} \cdot U_{ef} = 1.414 \cdot 220V = 311V$$

$$U_{sre} = 0.9 \cdot U_{ef} = 0.9 \cdot 220V = 198V$$

$$U_{vrh-vrh} = 2 \cdot U_{vrh} = 2 \cdot 311V = 622V$$

5.2. OHMOV ZAKON IN MOČ

1. OHMOV ZAKON

V prejšnjem poglavju smo se seznanili s tokom (I), napetostjo (U) in upornostjo (R). Razmerja med temi tremi veličinami je proučeval nemški znanstvenik Georg Simon Ohm. Ugotovil je, da je napetost v vezju enaka produktu toka in upornosti. To zakonitost so po njem poimenovali OHMOV ZAKON. Zelo enostavno je podan v naslednji enačbi:

$$U = I \cdot R$$

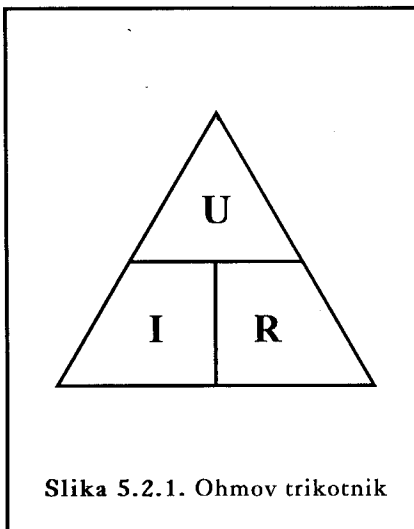
U - napetost (V)
 I - tok (A)
 R - upornost (Ω)

Enačba nam pove, da je napetost enaka toku, pomnoženem z upornostjo. Če poznamo napetost in upornost lahko enačbo preoblikujemo in izračunamo tok:

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

Električni tok je enak razmerju med napetostjo in upornostjo.

V primeru, da poznamo napetost in tok v vezju, lahko izračunamo upornost:



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

Upornost dobimo tako, da delimo napetost z tokom.

Iz naštetega vidimo, da lahko s pomočjo dveh znanih veličin vedno izračunamo tretjo.

Najenostavnejši način, da si zapomnimo Ohmov zakon, je predstavitev z Ohmovim trikotnikom (Slika 5.2.1). Vedno poznamo dve vrednosti. Tretjo dobimo tako, da položimo prst na

neznano vrednost, ostali vrednosti dasta sliko druge strani enačbe. V primeru, da iščemo upornost, pokrijemo R s prstom; v trikotniku nam ostaneta U nad I , to pa je tudi zveza, ki jo podaja enačba (napetost deljena z tokom). Če iščemo napetost, pokrijemo U : ostaneta nam I in R , ki sta v trikotniku eden poleg drugega, kar pomeni, da ju moramo zmnožiti. Ko iščemo tok, pa ... Poskusite sami!

2. UPORABA OHMOVEGA ZAKONA

Pred nadaljevanjem se domenimo, da se pri reševanju enačb Ohmovega zakona uporabljajo osnovne enote za napetost, tok in upornost. To pomeni:

1. Vse napetosti bomo pisali v voltih (V) - mikrovolte, milivolte in kilovolte spremenimo v volte.
2. Vsi tokovi morajo biti podani v amperih (A) - mikroampere in miliampere spremenimo v ampere.
3. Vse upornosti naj bodo podane v ohmih (Ω) - kiloohme ali megaohme spremenimo v ohme.

Izračunajmo nekaj značilnih primerov uporabe Ohmovega zakona. Za primer bomo narisali shemo, v kateri bomo označili znane vrednosti veličin.

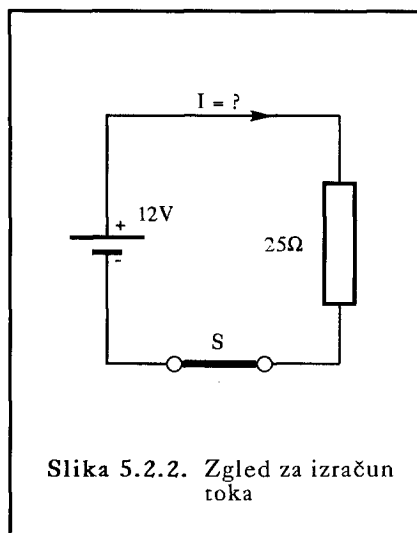
Na sliki 5.2.2 imamo shemo vezja, ki ga sestavljajo baterija, stikalo in upor.

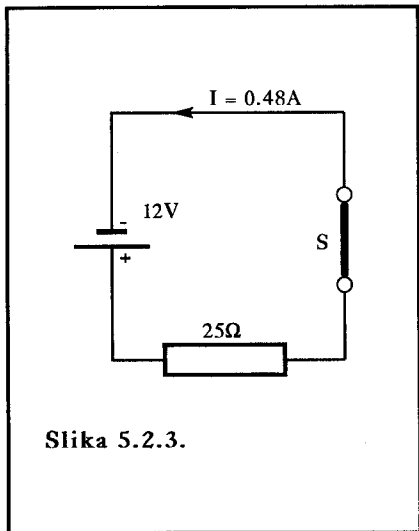
Napetost baterije je 12V, upor ima vrednost 25Ω . Kakšen tok I bo tekkel skozi vezje? Uporabimo enačbo Ohmovega zakona za izračun toka. Ko vstavimo vrednosti, dobimo:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12V}{25\Omega} = 0.48A$$

Rezultat 0.48A nam pove, da skozi vezje teče tok 0.48 amperov.

Shemo na sliki 5.2.2 sedaj spremenimo tako, kot kaže slika 5.2.3.





Če shemo natančno pogledamo, vidimo, da je identična s shemo na sliki 5.2.2. Iz tega sledi, da razpored elementov ni pomemben, paziti moramo le, kako potekajo medsebojne povezave.

Poglejmo, kako dobimo napetost, če poznamo tok in upornost (Slika 5.2.4).

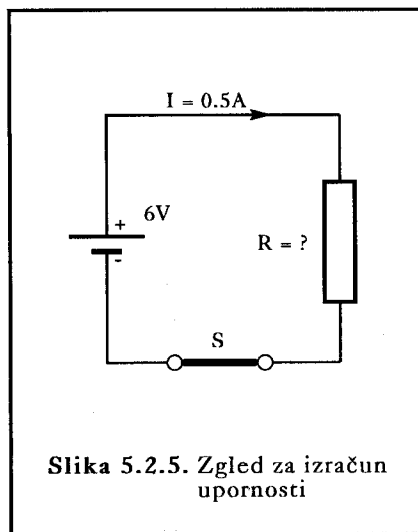
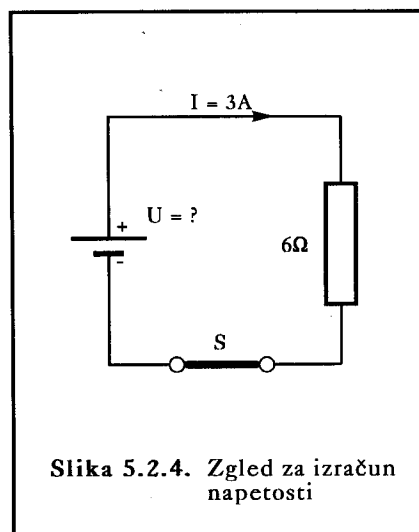
Skozi vezje naj teče tok $I=3\text{A}$, vrednost upora je $R=6\Omega$. Kakšna je napetost baterije?

V tem primeru uporabimo enačbo za izračun napetosti. Vstavimo vrednosti za tok in upornost ter pomnožimo:

$$U = I \cdot R = 3\text{A} \cdot 6\Omega = 18\text{V}$$

Odgovor: Napetost baterije je 18 voltov.

Izračunajmo še vrednost upora R na sliki 5.2.5. Vidimo, da v vezju teče tok 0.5A , ki ga povzroča baterija z napetostjo 6V .



$$R = \frac{U}{I} = \frac{6V}{0.5A} = 12\Omega$$

Odgovor: Upor v vezju ima vrednost 12 ohmov.

Poizkusimo, kako se lotimo problema v primeru, ko vrednosti niso podane v osnovnih enotah. Vzemimo, da ima baterija na sliki 5.2.2 napetost 25mV, vrednost upora pa je 25Ω. Kakšen je tok? Najprej moramo spremeniti 25 mV v volte in 25 kΩ v ohme:

$$25mV = 0.025V$$

$$25k\Omega = 25000\Omega$$

nato uporabimo znano enačbo:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{0.025V}{25000\Omega} = 0.000001A \text{ ali } 1\mu A$$

Skozi vezje teče tok 1μA.

3. ZAPOREDNA IN VZPOREDNA VEZAVA UPOROV

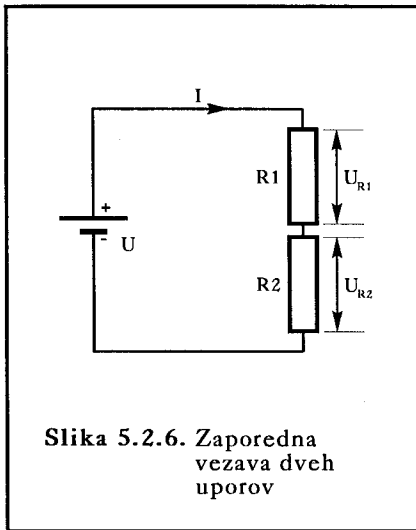
Poznamo dva osnovna načina povezovanja uporov v vezjih: vzporedno in zaporedno.

ZAPOREDNA VEZAVA UPOROV

Slika 5.2.6 prikazuje zaporedno, imenovano tudi serijsko vezavo, dveh uporov. Pri njej teče skupni tok najprej skozi en upor, nato pa še skozi drugega.

Pri tej vezavi velja sledeče:

1. Skupna upornost je seštevek (vsota) posameznih upornosti in je vedno večja od posameznih vrednosti upornosti:



$$R_{skupna} = R_1 + R_2 + \dots$$

2. Skupna napetost je seštevek (vsota) padcev napetosti na posameznih uporih. Padec napetosti na uporih je posledica toka, ki teče skozenj.

$$U_{skupna} = U_{R1} + U_{R2} + \dots$$

3. Skozi vse upore teče enak tok. Zaradi tega je skupni tok enak toku skozi posamezni upor:

$$I_{skupni} = I_1 = I_2 = \dots$$

V primeru, da bi imela upora na sliki 5.2.6 vrednosti $R_1 = 100\Omega$ in $R_2 = 200\Omega$, bi skupno upornost izračunali takole:

$$R_{skupna} = R_1 + R_2 = 100\Omega + 200\Omega = 300\Omega$$

VZPOREDNA VEZAVA UPOROV

Na sliki 5.2.7 imamo ponazoritev vzporedne ali paralelne vezave dveh uporov. Pri tej se skupni tok deli na dva dela.

Pri vzporedni vezavi uporov velja:

1. Skupno upornost vzporedno vezanih uporov se izračuna na sledeč način:

$$\frac{1}{R_{skupna}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

$$R_{skupna} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots}$$

2. Napetost na posameznih uporih je enaka skupni napetosti:

$$U_{skupna} = U_{R1} = U_{R2} = \dots$$

3. Skupni tok je enak vsoti tokov skozi posamezne upore (Slika 5.2.7). Skozi upor, ki ima manjšo vrednost, teče večji tok.

$$I_{skupni} = I_1 + I_2 + \dots$$

Skupna upornost pri vzporedni vezavi uporov je vedno manjša od najmanjše vrednosti posamezne upornosti v takem vezju. Če skrčimo pravilo za vzporedno vezavo uporov na samo dva upora, dobimo enačbo:

$$R_{skupna} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

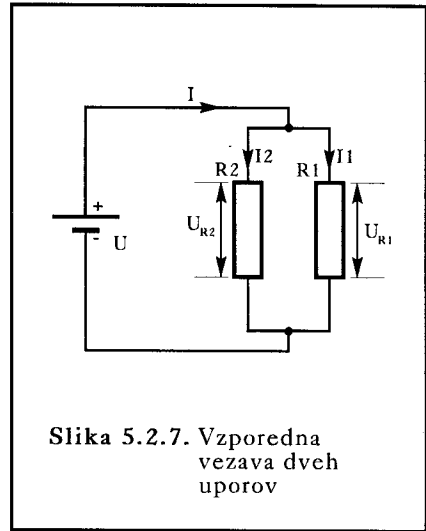
Skupno upornost dveh uporov dobimo tako, da produkt (zmnožek) teh dveh uporov delimo z njuno vsoto. Ugotovitev si osvetlimo s primerom. Vzemimo, da so vrednosti uporov na sliki 5.2.7 sledeče: R_1 naj ima $1000\ \Omega$, R_2 pa $4700\ \Omega$. Skupna upornost je:

$$R_{skupna} = \frac{\text{PRODUKT}}{\text{VSOTA}} = \frac{1000\ \Omega \cdot 4700\ \Omega}{1000\ \Omega + 4700\ \Omega} = 820\ \Omega$$

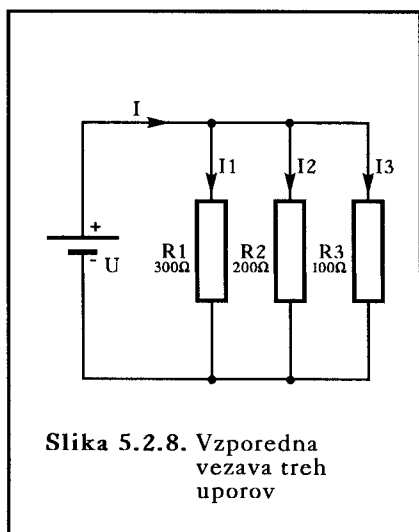
Čas je, da se lotimo tudi malo bolj kompliciranih vezav. Kako bi izračunali skupno upornost treh vzporedno vezanih uporov (Slika 5.2.8)?

Na razpolago imamo več možnosti za reševanje, oglejmo si eno od njih. Najprej izračunamo skupno upornost uporov R_1 in R_2 po enačbi, ki smo jo maloprej spoznali. Označimo jo z R_4 :

$$R_4 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{300\ \Omega \cdot 200\ \Omega}{300\ \Omega + 200\ \Omega} = 120\ \Omega$$



Slika 5.2.7. Vzporedna vezava dveh uporov



Ugotovimo, da smo združili R_1 in R_2 v nov upor $R_4=120\Omega$, ki je sedaj vzporeden upor R_3 . Ponovno uporabimo znano enačbo in izračunamo:

$$R_{\text{skupna}} = \frac{R_4 \cdot R_3}{R_4 + R_3} = \frac{120\Omega \cdot 100\Omega}{120\Omega + 100\Omega} = 54.5\Omega$$

Izračun pokaže, da je končna skupna upornost nižja od katerekoli vrednosti upornosti v vezju na sliki 5.2.8. Na tak način lahko izračunamo skupno upornost za poljubno število vzporedno vezanih uporov. Poznavanje zaporedne in vzporedne vezave uporov ima za konstruktorje tudi praktični pomen, saj lahko prihrani čas in denar. Tako na primer potrebujemo 100 ohmski upor, ki ga nimamo, imamo pa 200 ohmske upore; dva te vrednosti vežemo vzporedno in tako rešimo problem. Lahko vežemo tudi štiri 400 ohmske upore vzporedno ali pa dva 50 ohmska zaporedno.

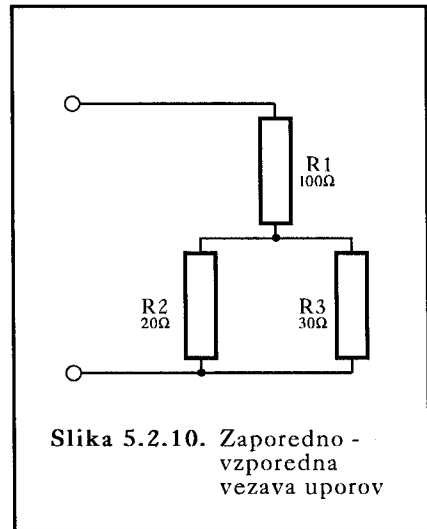
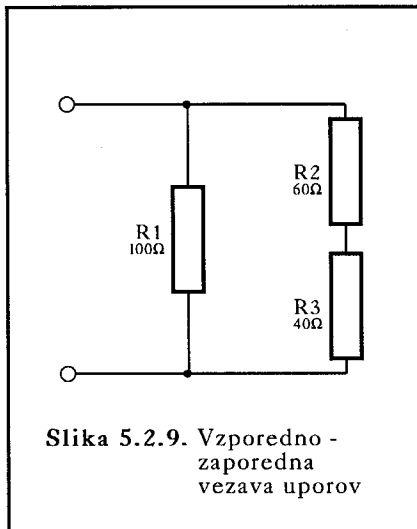
4. ZAPOREDNO - VZPOREDNE VEZAVE UPOROV

V elektronskih vezjih se običajno srečamo s kombinacijami zaporedne in vzporedne vezave uporov v različnih stopnjah, zato je analiziranje (računanje) bolj dolgotrajno in zahtevnejše. S pravilnim vrstnim redom reševanja pa lahko rešimo tudi zelo zapletene vezave. Za razumevanje si oglejmo dve kombinaciji na slikah 5.2.9 in 5.2.10.

Posvetimo se vezju na sliki 5.2.9. Kako se lotimo problema? Najprej ugotovimo skupno upornost zaporedno vezanih uporov R_2 in R_3 , ki jo označimo z R_4 .

$$R_4 = R_2 + R_3 = 60\Omega + 40\Omega = 100\Omega$$

Ko to izračunamo, dobimo enostavno vzporedno vezavo R_1 z R_4 (R_4 je enak vsoti R_2 in R_3). Izračunajmo skupno upornost R :



$$R = \frac{R_1 \cdot R_4}{R_1 + R_4} = \frac{100\Omega \cdot 100\Omega}{100\Omega + 100\Omega} = 50 \Omega$$

Shema na sliki 5.2.10 nam podaja malo drugačno vezje. Tudi tega bomo rešili postopno, vendar bo vrstni red reševanja malo drugačen. Izračunamo najprej vrednost vzporedne kombinacije R_2 in R_3 ter jo označimo z R_4 :

$$R_4 = \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{20\Omega \cdot 30\Omega}{20\Omega + 30\Omega} = 12 \Omega$$

Tako dobimo zaporedno vezavo R_1 z R_4 in izračunamo:

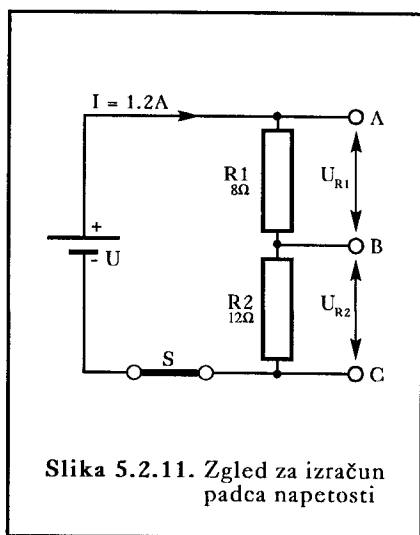
$$R = R_1 + R_4 = 100\Omega + 12\Omega = 112\Omega$$

5. PADEC NAPETOSTI IN NOTRANJA UPORNOST GENERATORJA

Nobena stvar v življenju ni popolna. Tudi elektrotehnika ni nobena izjema. Do sedaj smo predpostavljali, da so napetostni viri stabilni ne glede na to, kakšen porabnik priključimo nanj. Skrajni primer porabnika

je kratek stik ($R=0\Omega$). V takem primeru bi stekel neskončno velik tok, kar pa v praksi ni možno. Izkaže se, da ima vsak napetostni vir (enosmerni in izmenični) neko notranjo upornost, ki ji pravimo **UPORNOST GENERATORJA**. Označili jo bomo z R_g . Padec napetosti na tej upornosti povzroči, da se napetost na priključnih sponkah generatorja zniža. Pogosto boste slišali, da se napetost "sesede". Upornosti generatorja so običajno sorazmerno majhne, vendar nam kljub temu povzročajo probleme.

Omenjeno trditev si osvetlimo s primeri.



Želimo izračunati napetost med točkama B in C ter napetost baterije. Tok skozi vezje je 1.2A. Ker sta upora R_1 in R_2 vezana zaporedno, bo skozi oba tekla enak, to je celotni tok. Napetost med točkama B in C je enaka padcu napetosti na upor R_2 . Padec izračunamo s pomočjo Ohmovega zakona:

$$U_{R_2} = I \cdot R_2 = 1.2 \text{ A} \cdot 12\Omega = 14.4 \text{ V}$$

Izračunamo še padec napetosti na upor R_1 :

$$U_{R_1} = I \cdot R_1 = 1.2 \text{ A} \cdot 8\Omega = 9.6 \text{ V}$$

Skupna napetost baterije je tako:

$$U = U_{R_1} + U_{R_2} = 9.6\text{V} + 14.4\text{V} = 24\text{V}$$

V elektrotehniki pravimo, da je padec napetosti na upor R_1 9.6V in padec napetosti na R_2 14.4V. Vsota obeh padcev napetosti je enaka skupni napetosti v vezju. Druga pot, da pridemo do padca napetosti na uporih, je meritev z voltmetrom, ki ga vežemo vzporedno z uporom. Paziti moramo na pravilno polariteto priključitve inštrumenta.

Poglejmo naslednje vezje (Slika 5.2.12). Na njem imamo vezavo realnega generatorja in dveh zaporedno vezanih uporov. Realni generator sestavljata idealni napetostni vir (baterija) z napetostjo $U=6V$ in upornost generatorja $R_g=4\Omega$. Izračunajmo vrednost upornosti R_2 !

Kaj bomo storili? Poznamo napetost in tok v vezju, tako da lahko določimo skupno upornost R :

$$R = \frac{U}{I} = \frac{6V}{0.5A} = 12 \Omega$$

Tako! Najtežji del je za nami. Iz vezave elementov vidimo, da je skupna upornost enaka vsoti posameznih upornosti (zaporedna vezava uporov):

$$R = R_g + R_1 + R_2 = 12\Omega$$

Vse kar moramo še storiti je, da preoblikujemo enačbo in izrazimo R_2 :

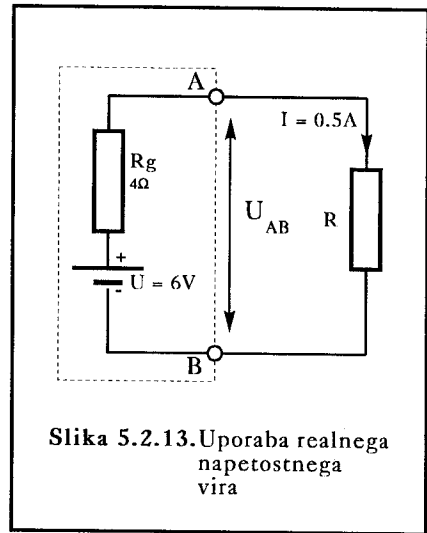
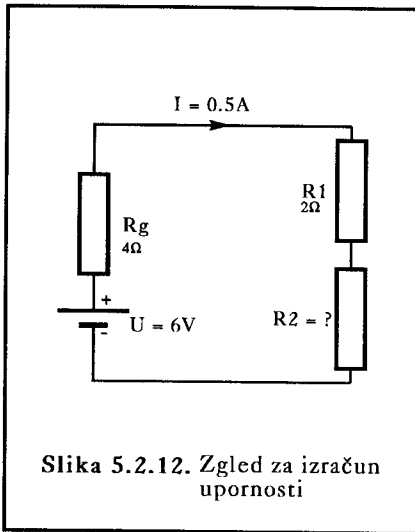
$$R_2 = R - (R_g + R_1) = 12\Omega - (4\Omega + 2\Omega) = 6\Omega$$

V zadnjem primeru izračunajmo napetost med točkama A in B (U_{AB}), ki predstavljata priključni sponki realnega napetostnega vira (Slika 5.2.13). Videli bomo, kakšen vpliv ima notranja upornost na napetost, ki jo dobimo na sponkah.

Napetost U_{AB} je enaka napetosti vira U , zmanjšani za padec napetosti na upor R_g . Ta padec je odvisen od toka. Za podatke na sliki velja:

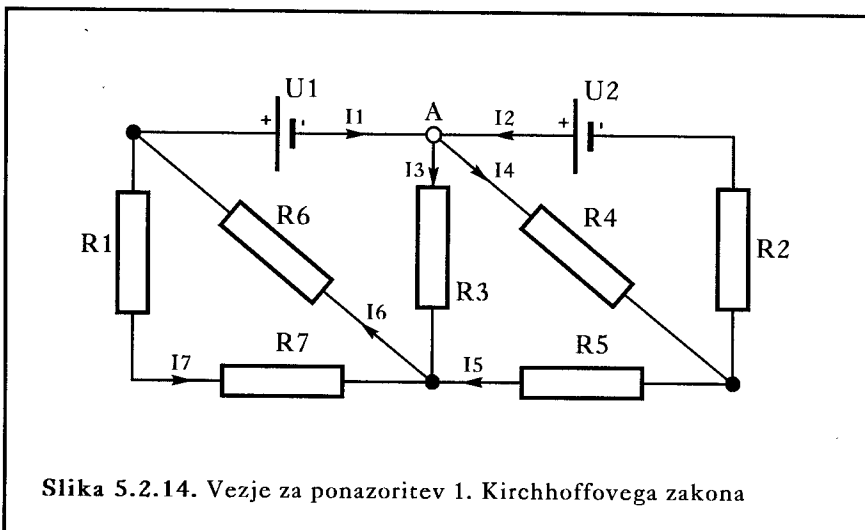
$$U_{AB} = U - R_g \cdot I = 6V - (4\Omega \cdot 0.5A) = 4V$$

Vidimo, da v navedenem primeru na sponkah vira (realnega!) dobimo le 4V napetosti. Z višanjem toka je napetost na zunanjem bremenu vedno manjša. V primeru, da breme nadomestimo z kratkim stikom, na njem ni nobene napetosti, saj je celotni padec napetosti na notranji upornosti generatorja R_g .



6. KIRCHHOFFOVI ZAKONI

Kirchhoffove zakone uporabljamo pri reševanjih električnih vezij. Skupaj z Ohmovim zakonom predstavljajo osnovne zakone, ki veljajo za električna vezja.



PRVI KIRCHHOFFOV ZAKON govori o tokovih v vozliščih vezij. Zanima nas, kakšno je razmerje med tokovi, ki v neko vozlišče pritekajo, in tokovi, ki iz njega odtekajo. Velja zakonitost, ki pravi, da je vsota tokov, ki pritekajo v vozlišče, enaka vsoti tokov, ki odtekajo iz vozlišča.

Za vozlišče A vezja na sliki 5.2.14 lahko zapišemo enačbo:

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$

Enačbo preuredimo:

$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$$

Če se dosledno držimo pravila, da so tokovi, ki pritekajo v vozlišče, pozitivni, in tokovi, ki odtekajo iz vozlišča, negativni, lahko zapišemo prvi Kirchhoffov zakon:

Vsota tokov v vozliščni točki vezja je enaka nič.

Matematično se to glasi takole:

$$\Sigma I = 0$$

Σ - sigma, znak za vsoto
 I - električni tok (A)

Oglejmo si primer. Predpostavimo, da imajo tokovi sledeče vrednosti:

$$I_2 = 5A$$

$$I_3 = 1A$$

$$I_4 = 3A$$

Izračunajmo tok I_1 .

V vozlišču A velja enačba:

$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$$

$$I_1 = I_3 + I_4 - I_2$$

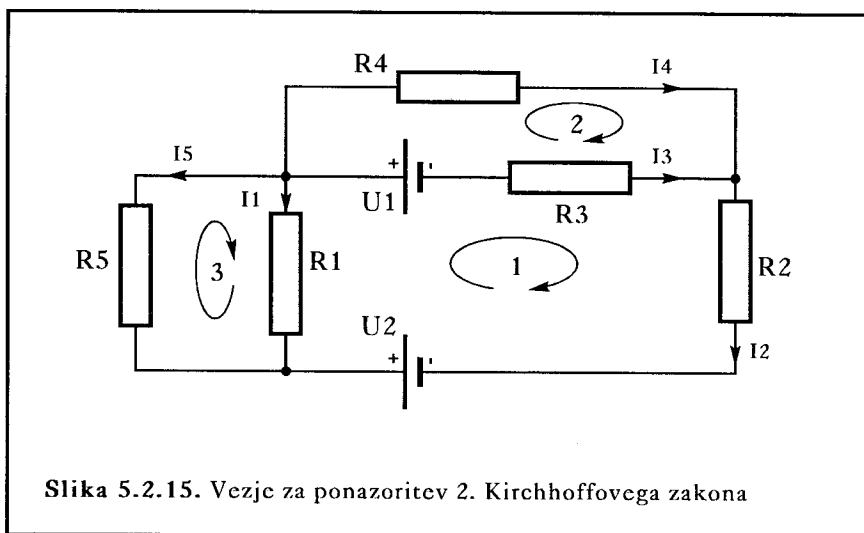
$$I_1 = 1A + 3A - 5A$$

$$I_1 = -1A$$

Predznak minus pred vrednostjo toka nam pove, da je smer toka ravno obratna od tiste, ki je označena na shemi.

DRUGI KIRCHHOFFOV ZAKON govori o povezavi med napetostnimi viri ter padci napetosti na elementih v zaprtih zankah električnih vezij in pravi:

Vsota napetosti napetostnih virov v zaprti zanki vezja je enaka vsoti padcev napetosti na vseh delih vezja.



$$\sum U = \sum I \cdot R$$

Σ - sigma, znak za vsoto

U - napetosti napetostnih virov (V)

$I \cdot R$ - padci napetosti (V)

Pri sestavljanju enačb drugega Kirchhoffovega zakona moramo biti pozorni na smeri tokov in napetosti. Za smer obhoda zanke vzemimo smer urinega kazalca. V tem primeru napetosti napetostnih virov smatramo kot pozitivne, če poganjajo tok v smeri, ki je enaka smeri obhoda zanke. Padci napetosti so pozitivni, če jih povzročajo tokovi, katerih smer je enaka smeri obhoda zanke.

Za vezje na sliki 5.2.15 lahko zapišemo enačbe:

1. zanka: $U_2 - U_1 = I_2 \cdot R_2 + I_3 \cdot R_3 - I_1 \cdot R_1$

2. zanka: $U_1 = I_4 \cdot R_4 - I_3 \cdot R_3$

3. zanka: $0 = I_1 \cdot R_1 - I_5 \cdot R_5$

Vidimo, da v tretji zanki nimamo napetostnih generatorjev, zato je na levi strani enačbe ničla.

7. ELEKTRIČNA MOČ

Električna MOČ je veličina, definirana kot zmnožek električne napetosti in električnega toka. Označimo jo z veliko črko P . Definicija, napisana v matematični obliki, izgleda takole:

$$P = U \cdot I$$

P - električna moč (W)
 U - električna napetost (V)
 I - električni tok (A)

Enota za merjenje moči se imenuje WATT, označimo jo z W . Večje ali manjše vrednosti označimo s predponami: kW pomeni kilowate (1000W), mW pa miliwate (0.001W).

Moč najenostavneje merimo s posebnim inštrumentom - wattmetrom. Možno je tudi posredno določanje moči: izmerimo napetostni padec na bremenu in tok, ki teče skozi njega, nato moč izračunamo s pomočjo gornje enačbe.

Z upoštevanjem enačb Ohmovega zakona, lahko izraz za moč na bremenu R napišemo še na dva načina:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

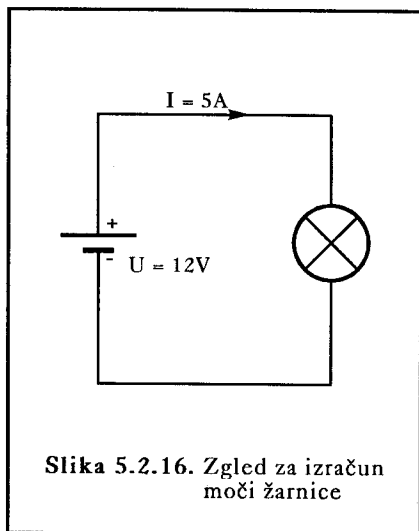
in

$$P = I^2 \cdot R$$

P - električna moč (W)
 U - električna napetost (V)
 I - električni tok (A)
 R - upornost bremena (Ω)

Za ponazoritev izračuna moči si oglejmo nekaj praktičnih primerov. Izračunajmo moč, ki jo troši žarnica na sliki 5.2.16.

S slike vidimo, da imamo podano napetost in tok. Uporabili bomo osnovno enačbo za izračun moči:



Slika 5.2.16. Zgled za izračun moči žarnice

$$P = U \cdot I = 12V \cdot 5A = 60W$$

Izračunajmo moč žarnice, ki ima upornost 360Ω in je priključena na napetost 120V!

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{(120V)^2}{360\Omega} = 40W$$

Upor 470Ω je predviden za maksimalno moč 0.5W. Kateri sta maksimalni dopustni vrednosti napetosti in toka na njem?

Za izračun napetosti bomo uporabili enačbo: $P = \frac{U^2}{R}$

Izraz preoblikujemo:

$$U^2 = P \cdot R$$

$$U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{0.5W \cdot 470\Omega} = 15.3V$$

Izračun toka: $P = I^2 \cdot R$

$$I^2 = \frac{P}{R}$$

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{0.5W}{470\Omega}} = 0.033A = 33mA$$

Preverimo izračun:

$$P = U \cdot I = 15.3V \cdot 0.033A = 0.5W$$

Torej upor deluje do napetosti 15.3V. Takrat bo skozi njega tekkel tok 33mA. Z višanjem napetosti se viša tudi tok skozi njega. S tem se večja moč, ki se troši na upor. Ker je ta večja, kot jo upor lahko prenese, se upor prične pregrevati, v skrajnem primeru celo zgori!

MOČ PRI IZMENIČNIH VELIČINAH

V dosedanjih primerih smo se omejili le na enosmerne tokove in napetosti. Kako pa je v primeru, če imamo opravka z izmeničnimi veličinami? Trdimo lahko, da se oblika enačb za izračun moči ohranja. Le pri tokovih in napetostih moramo upoštevati njihove efektivne vrednosti!

$$P = U_{ef} \cdot I_{ef} \qquad P = \frac{U_{ef}^2}{R} \qquad P = I_{ef}^2 \cdot R$$

Pozorni moramo biti na sledeče:

Moč, ki smo jo dobili pri izračunu, je srednja moč kljub temu, da smo množili efektivni tok z efektivno napetostjo!

$$U_{ef} \cdot I_{ef} = P_{sre}$$

$$P_{sre} \neq P_{ef}$$

Ko se srečamo z uporabo linearnih ojačevalnikov pri oddajnikih, naletimo na oznako PEP (Peak Envelope Power). Slovensko temu rečemo vrhnja (temenska) moč ovojnice. V primeru radijskih signalov razumemo pod PEP največjo vrhnjo vrednost moči preko določene periode. Izračunamo jo na osnovi PEV (Peak Envelope Voltage), ki smo jo spoznali v enem od prejšnjih poglavij, kot pomemben podatek sestavljenih izmeničnih signalov.

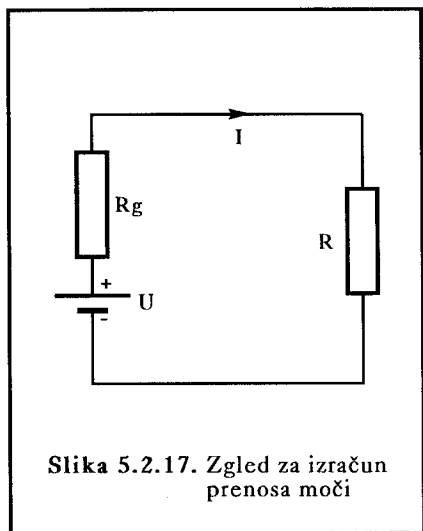
$$P_{PEP} = \frac{U_{PEV}^2}{R}$$

PRENOS MOČI

Slika 5.2.17 nam predstavlja preprosto vezje, kjer realni generator napaja breme R . Kakšna moč se troši na bremenu?

Problema se lotimo na sledeč način:

$$P = I^2 \cdot R \qquad I = \frac{U}{R + R_g}$$



Slika 5.2.17. Zgled za izračun prenosa moči

Izraz za tok vstavimo v enačbo za moč in uredimo:

$$P = U^2 \cdot \frac{R}{(R + R_g)^2}$$

Vidimo, da je moč, ki se troši na bremenu, odvisna od upornosti bremena (R), upornosti generatorja (R_g) in napetosti generatorja. Matematično (s pomočjo diferencialnega računa) je mogoče dokazati, da se največji prenos moči izvrši takrat, ko sta upornosti bremena in generatorja enaki. V tem primeru govorimo o prilagojenosti bremena na generator. Z upoštevanjem te ugotovitve lahko zapišemo:

$$R = R_g$$

$$P = \frac{U^2}{4 \cdot R}$$

IZKORISTEK SISTEMA

Pri sistemih, katerim dovajamo neko moč, ugotovimo, da se le ta porablja na dva načina: en del se porabi za koristno delo, drug del pa za nekoristno segrevanje sistema. Vedno želimo, da bi čimvečji del dovedene moči koristno porabili. IZKORISTEK sistema je razmerje med koristno izhodno močjo (P_I) in močjo, ki jo sistemu dovajamo (dovedena ali vhodna moč - P_V). Označimo ga z grško črko eta (η):

$$\eta = \frac{P_I}{P_V}$$

$$0 \leq \eta < 1$$

P_I - izhodna moč (W)
 P_V - vhodna moč (W)

Izhodna moč je vedno manjša od moči, ki jo sistemu dovajamo. Zaradi tega je izkoristek vedno manjši od ena.

V primeru, da izkoristek podajamo v procentih, enačba izgleda takole:

$$\eta = \frac{P_I}{P_V} \cdot 100\% \quad 0\% \leq \eta < 100\%$$

P_I - izhodna moč (W)

P_V - vhodna moč (W)

8. ELEKTRIČNA ENERGIJA

O električni energiji največkrat slišimo takrat, ko se podraži! Kaj v bistvu je energija? Fizikalno gledano je ENERGIJA merilo za opravljeno delo. Če želimo delo opraviti, potrebujemo določeno moč in nekaj časa, da delo dokončamo. Matematično to izgleda takole:

$$W = P \cdot t$$

W - energija (Ws)

P - moč (W)

t - čas (s)

Z W smo označili energijo, P je moč in t čas. Bodimo pozorni, da ne zamešamo oznake za energijo z enoto za moč! Enoto za električno energijo dobimo z množenjem enot za moč in čas, torej Ws (wattsekunda). Za praktično uporabo je ta enota premajhna, zato se raje uporablja veliko večja enota kWh, ki pomeni kilowatturo. Ta je izpeljana iz osnovne enote. Kakšno je razmerje med njima? Najlažje pridemo do odgovora, če si kar izračunamo:

$$1kW = 1000W \quad \text{in} \quad 1h = 1\text{ura} = 3600s$$

torej

$$1kWh = 1000W \cdot 3600s = 3600000Ws$$

Za boljše razumevanje si oglejmo primer.

Doma imamo električno peč, na kateri piše, da troši moč 2kW. Vzemimo, da je zunaj mraz, nas pa rado zebe, zato mora peč delovati 10 ur na dan. Koliko energije dnevno porabimo?

$$W = P \cdot t = 2kW \cdot 10h = 20kWh$$

Za vajo ponovimo račun, vendar ob uporabi osnovnih enot:

$$2kW = 2000W \quad \text{in} \quad 10h = 36000s$$

$$W = 2000W \cdot 36000s = 72000000Ws$$

Iz primera vidimo, zakaj je uporaba izpeljane enote bolj praktična. V primeru, da uporabljamo Ws , je potrebno kar nekaj časa za štetje ničel, rezultat pa je isti.

Električno energijo merimo s posebnimi števci, ki jih pozna vsakdo, saj so nameščeni v vsakem domu.

9. DECIBEL

DECIBEL je relativna enota, s katero določamo ojačenje in slabljenje sistema. Ojačenje sistema je razmerje med izhodno in vhodno močjo. Izraženo v decibelih (dB) je podano s sledečo enačbo:

$$G \text{ (dB)} = 10 \cdot \lg \left[\frac{P_2}{P_1} \right]$$

G - ojačenje sistema (dB)
 P_1 - moč na vohu sistema (W)
 P_2 - moč na izhodu sistema (W)

V primeru, da je izhodna moč večja od vhodne, govorimo o ojačenju sistema. Sistem bo vnašal slabljenje, če bo izhodna moč manjša od vhodne; to označimo s predznakom "minus" (-) pred vrednostjo (na primer -3dB).

Tudi ojačenje toka ali napetosti lahko izrazimo v decibelih. Moč na bremenu R lahko napišemo:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

Izraz vstavimo v enačbo za ojačenje:

$$G \text{ (dB)} = 10 \cdot \lg \left[\frac{P_2}{P_1} \right] = 10 \cdot \lg \left[\frac{U_2^2}{U_1^2} \right] = 10 \cdot \lg \left[\frac{U_2}{U_1} \right]^2$$

Z upoštevanjem pravil logaritmičnega računa lahko napetostno ojačenje zapišemo na sledeč način:

$$G (dB) = 20 \cdot \lg \left[\frac{U_2}{U_1} \right]$$

Prav tako lahko izpeljemo izraz za izračun tokovnega ojačenja, izraženega v decibelih:

$$G (dB) = 20 \cdot \lg \left[\frac{I_2}{I_1} \right]$$

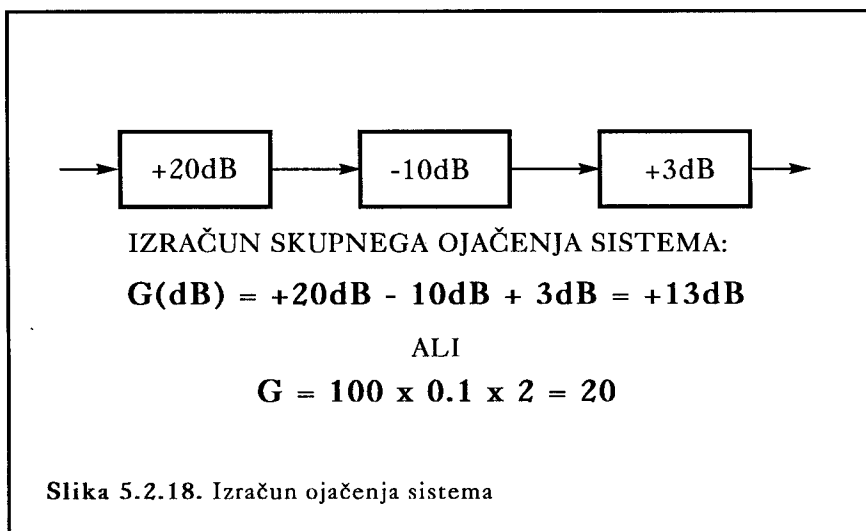
Spodnja tabela podaja nekaj značilnih vrednosti:

Ojačenje G (dB)	Razmerje moči (P2/P1)	Razmerje toka ali napetosti (I2/I1), (U2/U1)
+20	100	10
+10	10	3.16
+6	4	2.00
+3	2	1.41
0	1	1.00
-3	0.50	0.71
-6	0.25	0.50
-10	0.10	0.32
-20	0.01	0.10

Računaje z decibeli nam prinaša dodatno ugodnost. V primeru serijsko vezanih ojačevalnih in slabilnih stopenj (Slika 5.2.18) dobimo celotno ojačenje sistema z enostavnim seštevanjem posameznih ojačenj vsake stopnje.

Ker je decibel relativna enota, moramo vedno imeti referenčno vrednost, glede na katero računamo ojačenje. V radiotehniki je referenčna vrednost ponavadi 1mW (1 miliwatt). Zaradi tega označujemo ojačenje z dBm, kar pomeni ojačenje v decibelih glede na 1mW. V praksi to izgleda takole: 2kW oddajnik ima plus 63dBm, signal s 5μW moči pa minus 23dBm. Ne verjamete? Izračunajmo:

$$G (dBm) = 10 \cdot \lg \left[\frac{2000W}{0.001W} \right] = 10 \cdot 6.3 = 63dBm$$



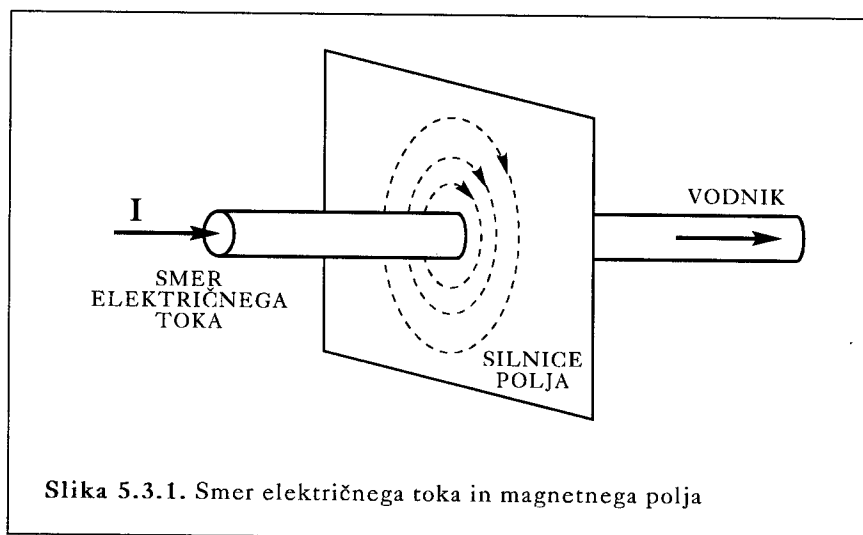
Naslednji primer naredite sami! Kar brez strahu, računalnik v roke in veselo na delo!

5.3. TULJAVE IN KONDENZATORJI

V tem poglavju bomo povedali nekaj osnovnih stvari o kondenzatorjih in tuljavah. Spoznali bomo tudi transformator kot poseben način uporabe tuljav. Poleg samih elementov bomo izvedeli tudi, kaj se dogaja, če te priključimo na enosmeren ali izmeničen vir napetosti.

1. INDUKTIVNOST IN TULJAVE

Povedali smo že, da se okoli vodnika, v katerem teče električni tok, ustvari magnetno polje. Smer, kako se polje ovije okoli vodnika, je pogojena s smerjo toka; če obrnemo smer toka, se obrne tudi smer magnetnega polja. To dejstvo ponazarja slika 5.3.1.



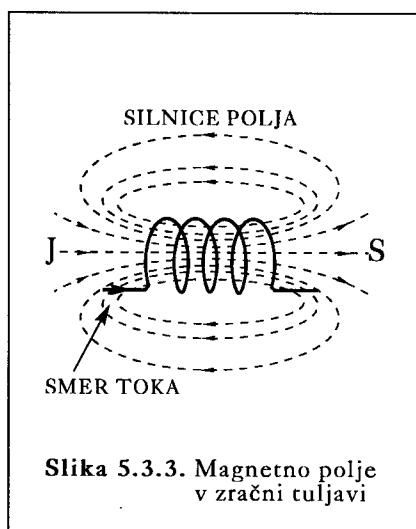
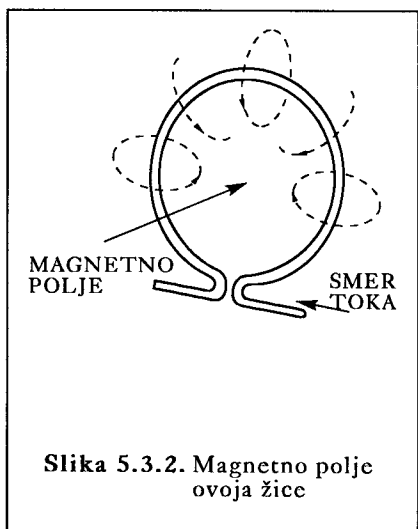
Slika 5.3.1. Smer električnega toka in magnetnega polja

Smer silnic, ki ponazarjajo magnetno polje, najlaže določimo s pomočjo pravila “desnega vijaka”. Desni vijak je tisti, ki ga privijamo pri vrtenju v desno (v smeri urinih kazalcev). Električni tok naj teče v smeri, ki je enaka gibanju vijaka, ki ga privijamo. Smer silnic je enaka smeri v katero vrtimo vijak, ki ga privijamo.

Jakost magnetnega polja je odvisna od velikosti toka v vodniku in od oblike vodnika. Večji je tok, močnejše magnetno polje se zgradi okoli vodnika. Oblika vodnika določa lastnost, ki ji pravimo **INDUKTIVNOST**. Induktivnost tuljave je odvisna od njenih fizičnih dimenzij (premer, dolžina, število ovojev) in od materiala, na katerega je tuljava navita. Pri ravnem vodniku je induktivnost majhna. Če vodnik zvijemo v ovoj (Slika 5.3.2) ali tuljavo, se induktivnost poveča (Slika 5.3.3).

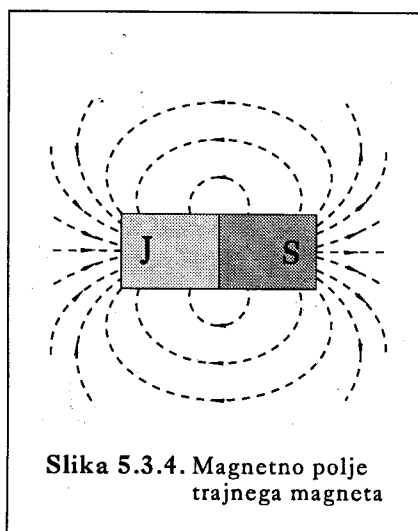
Induktivnost (oziroma tuljavo) v vezjih označimo z veliko črko **L**. Enota v kateri merimo induktivnost je **HENRY** ali kratko **H** (Ne zamenjajte z oznako za jakost magnetnega polja!).

Lastna induktivnost je lastnost elementa, da se upira hitrim spremembam električnega toka. Ko na tuljavo priključimo napetost, preteče nekaj časa, da tok doseže neko končno vrednost. Velja tudi obratno: Ko tokokrog prekinemo, je potreben določen čas, da pade vrednost toka na nič. Vzrok za te zamude se skriva v magnetnem polju,



ki se mora v prvem primeru formirati in v drugem počasi izginiti. Pri spreminjajočem magnetnem polju pa se v tuljavi inducira napetost, ki je tako polarizirana, da nasprotuje spremembi toka. Zaradi tega tej napetosti pravimo tudi **POVRATNA NAPETOST**. Induktivnost tuljave je $1H$, če se skozi njo spremeni tok za $1A$ v času $1s$ in pri tem povzroči, da se inducira povratna napetost $1V$.

S podobnim pojavom kot pri induktivnosti se srečamo tudi v mehaniki. Opazujmo kolo - vztrajnik. Potreben je nek čas, da ga poženemo na določene obrate. Ko kolo prenehamo poganjati, potrebuje nekaj časa da se ustavi.

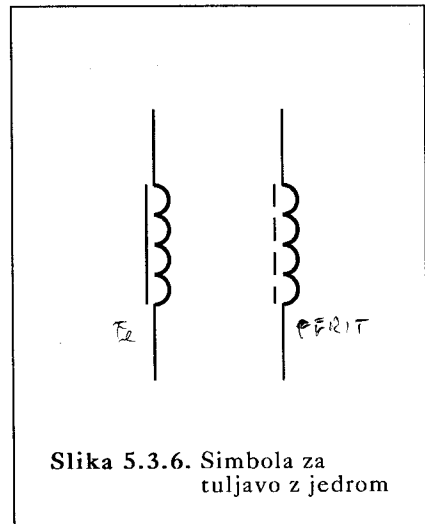
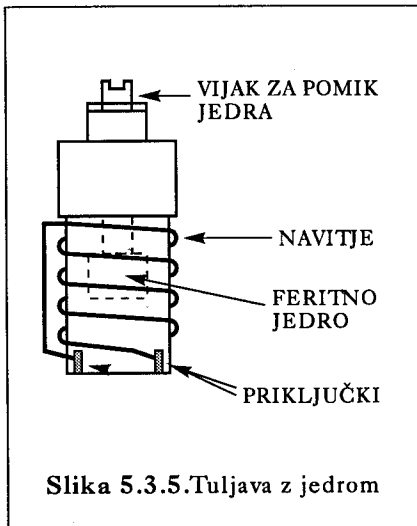


Tuljava z veliko ovoji bo imela večjo induktivnost kot tuljava z manj ovoji, tudi če sta tuljavi po velikosti enaki. Izkaže se, da se induktivnost povečuje s kvadratom ovojev in presekom (premerom) tuljave, zmanjšuje pa z njeno dolžino.

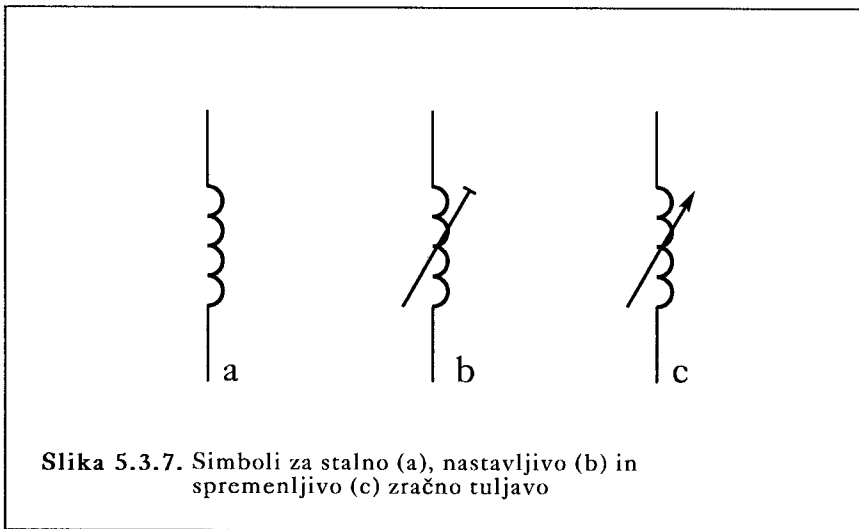
Vidimo, da je magnetno polje, ki se ustvari okoli tuljave, zelo podobno polju okoli trajnega magneta (Slika 5.3.4).

Velikokrat nam je induktivnost zračne tuljave premajhna. Zaradi tega jo navijemo na posebno jedro, ki lahko zelo poveča induktivnost. Ta jedra so narejena iz železa oziroma za višje frekvence iz posebnih snovi - feritov. FERIT sestavljajo železov prah in razne keramične in druge primesi, ki mu določajo lastnosti. Lastnosti jedra, da poveča induktivnost tuljave, pravimo PERMEABILNOST. Zrak ima permeabilnost 1. Če tuljavo navijemo na jedro s permeabilnostjo 20, ima tuljava dvajsetkrat večjo induktivnost kot ista tuljava brez njega.

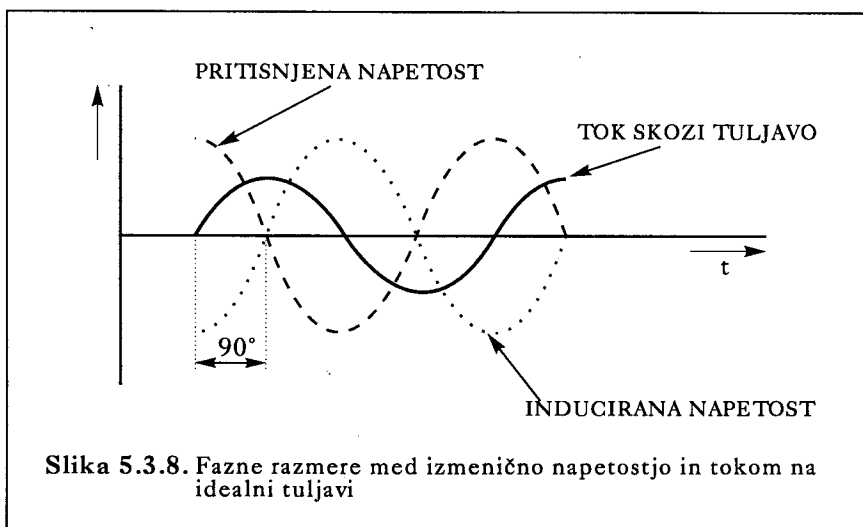
Kljub temu, da nam jedra pomagajo dvigniti induktivnost, nam vnašajo izgube. Te se višajo z višanjem frekvence toka, ki teče skozi tuljavo. Inducirana napetost, ki se pojavi na tuljavi, žene po železnem jedru tok, zaradi katerega se jedro segreje - del energije se je pretvoril v toploto. V takem primeru govorimo o izgubah zaradi VRTINČNIH TOKOV. Pomagamo si tako, da železno jedro razbijemo na tanke, med seboj izolirane lističe. Drugo obliko izgub je iskati v dejstvu, da jedro deluje kot vztrajnik; nasprotuje spremembi stanja, v katerem se trenutno nahaja. Del energije magnetnega polja se porablja za preprečevanje te vztrajnosti. V tem primeru govorimo o HISTEREZNIH IZGUBAH.



Ker je tuljava sestavljena iz določenega števila ovojev, to ponazarja tudi njen simbol, s katerim jo predstavimo v električnih shemah (Slika 5.3.7). V primeru, da je tuljava navita na jedru, to ponazarja tudi simbol (Slika 5.3.6). Po izvedbi ločimo stalne, nastavljive in spremenljive tuljave; podobno kot pri uporih.



V primeru, da ste podrobno sledili razlagi, ste opazili, da se vedno pojavljata dva pojma: spreminjanje toka in spreminjanje jakosti magnetnega polja. Iz tega je možno sklepati, da induktivnost igra pomembno vlogo v vezjih izmeničnega toka, pri enosmernih tokokrogih pa ne. Res je tako. Višje gremo s frekvenco, pomembnejša postaja induktivnost. V primeru sinusnih signalov se izkaže, da tok v idealni tuljavi vedno zaostaja za napetostjo za $1/4$ nihaja ali 90 stopinj. Pri idealni tuljavi predpostavljamo, da je navita iz žice, ki nima ohmskih izgub. Fazne



razmere med napetostjo, tokom in inducirano povratno napetostjo nam podaja diagram na sliki 5.3.8.

ZAPOREDNA IN VZPOREDNA VEZAVA TULJAV

Tuljave lahko medsebojno povežujemo podobno kot upore. Tudi enačbe so podobne, le R zamenjamo z L.

Zaporedna vezava tuljav:

$$L_{skupna} = L_1 + L_2 + \dots$$

Za primer na sliki 5.3.9 velja:

$$L_{skupna} = L_1 + L_2 = 2H + 3H = 5H$$

Skupna induktivnost tuljav je torej 5H.

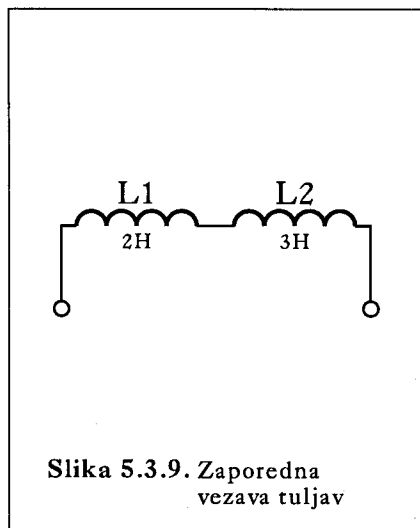
Pri vzporedni vezavi tuljav velja:

$$\frac{1}{L_{skupna}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots$$

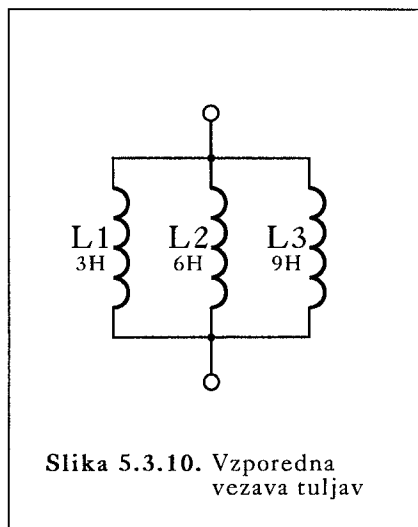
Po preoblikovanju enačbe dobimo:

$$L_{skupna} = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots}$$

V primeru na sliki 5.3.10 izračunamo skupno induktivnost takole:



Slika 5.3.9. Zaporedna vezava tuljav



Slika 5.3.10. Vzporedna vezava tuljav

$$L_{skupna} = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}} = \frac{1}{\frac{1}{3H} + \frac{1}{6H} + \frac{1}{9H}} = \frac{18H}{11} = 1.63H$$

INDUKTIVNA REAKTANCA

V primeru, ko na čisto induktivnost (brez ohmskih izgub v žici) priključimo generator izmenične napetosti, skozi navitje steče električni tok, ki natanko za 90 stopinj ali 1/4 nihaja zaostaja za pritisnjeno napetostjo. Glavni vzrok tega zaostajanje je inducirana povratna napetost. Amplituda inducirane napetosti je odvisna od hitrosti spreminjanja toka, ta pa je proporcionalno odvisna od frekvenca in induktivnosti tuljave. Izkazuje se, da je odvisnost taka, da z višanjem teh dveh parametrov amplituda toka pada. Zaradi tega lahko definiramo **INDUKTIVNO REAKTANCO** ali induktivno upornost z sledečo enačbo:

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$$

X_L - Induktivna reaktanca (Ω)
 f - Frekvenca (Hz)
 L - Induktivnost (H)
 π - Konstanta (3.1416)

Pri tem je X_L induktivna reaktanca, ki jo izražamo v ohmih, f je frekvenca v Hz, L je induktivnost tuljave v H in π je konstanta. Iz enačbe vidimo, da pri $f=0$, torej pri enosmerni napetosti, X_L ne obstaja, oziroma ima vrednost 0Ω .

Poudariti pa moramo pomembno dejstvo: Kljub temu, da se nam pri reaktanci vsiljuje primerjava z upornostjo, to ni isto. Klasični (ohmski) upor vedno troši energijo. Pri tuljavi pa ni tako. Energija, ki se v eni polperiodi shrani v magnetnem polju, se v naslednji polperiodi preko inducirane napetosti ponovno vrne v vezje. Tuljava ne troši energije. Vse te predpostavke veljajo za idealno tuljavo brez izgub.

Induktivna reaktanca je torej definirana z upiranjem tuljave pretoku električnega toka in jo izražamo v ohmih. Induktivna reaktanca se večja z višanjem frekvenca in induktivnostjo tuljave.

REALNA TULJAVA

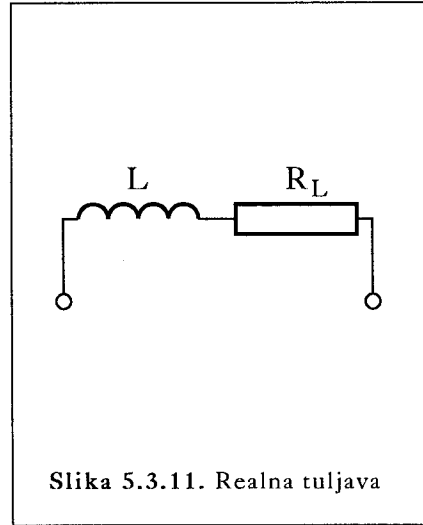
Pri realni tuljavi upoštevamo tudi ohmsko upornost, ki jo predstavlja navita žica (Slika 5.3.11) in jo označimo z R_L .

Za idealno tuljavo smo rekli, da ne troši energije; kar jo prejme v eni polperiodi, bo vrnila v drugi. Sedaj to ni več tako. Na upor se bo del energije porabil - pretvoril se bo v toploto. Zanima nas razmerje med shranjeno in porabljeno energijo v enem ciklu. Temu razmerju pravimo **KVALITETA TULJAVE** in jo označimo z Q . Večkrat boste slišali tudi izraz Q -faktor. Definira ga sledeči izraz:

$$Q = \frac{X_L}{R_L}$$

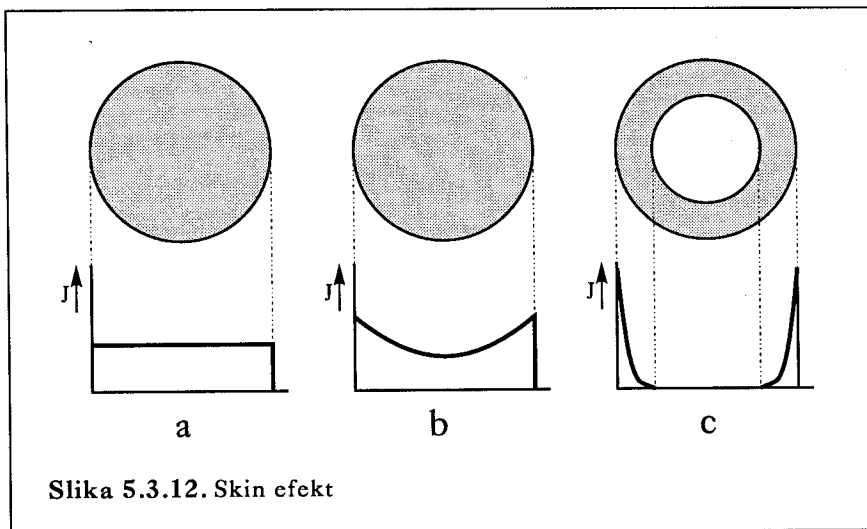
Q - Kvaliteta tuljave

X_L - induktivna reaktanca (Ω) R_L - upornost navitja (Ω)



Ker je induktivna reaktanca frekvenčno odvisna, se odvisno od frekvence spreminja tudi Q -faktor tuljave. Za visoko kvaliteto moramo pri dani reaktanci doseči čim nižjo upornost navitja. Zato tuljavo navijemo z debelo žico.

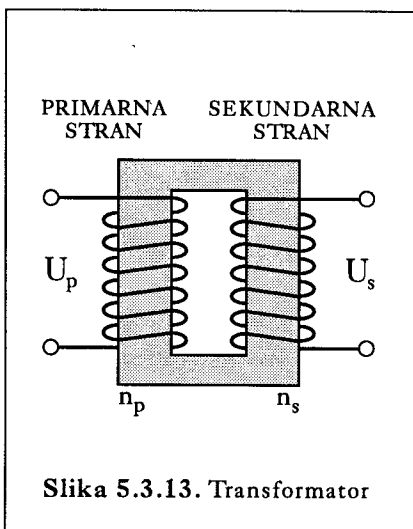
Izkaže se, da se s frekvenco spreminja tudi upornost žice. Krivec za to je **SKIN EFEKT** (skin effect) ali v prevodu "kožni pojav". Problem je predstavljen na sliki 5.3.12.



Pri enosmernem toku ($f=0\text{Hz}$), je gostota električnega toka po celotnem prerezu vodnika enaka (Slika 5.3.12.a). Gostota toka (J) je jakost toka deljena s presekom vodnika. Z višanjem frekvence se izkaže, da se gostota toka v sredini vodnika manjša, ob površini pa se veča (Slika 5.3.12.b). Izgleda enako, kot bi ista količina toka tekla po tanjšem vodniku. Zaradi tega za zelo visoke frekvence uporabljamo posrebreno žico. V skrajnem primeru tuljave navijemo iz posrebrene bakrene cevke, saj v sredini vodnika tako ali tako ne bi tekla tok (Slika 5.3.12.c).

2. TRANSFORMATOR

Do sedaj smo govorili le o lastni induktivnosti tuljav. Kaj pa se zgodi v primeru, ko postavimo tuljavo v spreminjajoče se magnetno polje, ki ga generira druga tuljava? V prvi tuljavi se inducira napetost na podoben način, kot se inducira povratna napetost, ki smo jo spoznali pri lastni induktivnosti. Ker pa se inducira napetost v prvi tuljavi, vzrok zanjo pa je tok v drugi, govorimo sedaj o **MEDSEBOJNI INDUKTIVNOSTI** med dvema tuljavama. Velikost medsebojne induktivnosti je odvisna od lastnih induktivnosti tuljav in sklopnega faktorja. Ta faktor je število med 0 in 1 in nam pove, kako močan je sklop in s tem medsebojni vpliv med tuljavama. 0 pomeni, da medsebojnega vpliva ni, 1 pa da je popoln. Realne vrednosti so nekje vmes med obema mejama. Na velikost sklopnega faktorja vplivata bližina tuljav ter medsebojna lega. Pri vzporednih tuljavah je največji, pri pravokotnih pa minimalen.



Slika 5.3.13. Transformator

Medsebojno induktivnost s pridom izkoriščamo pri električni napravi, ki jo imenujemo **TRANSFORMATOR** (Slika 5.3.13).

Pri enostavnejšem transformatorju imamo dve tuljavi, ki ju imenujemo primarna in sekundarna. Primarna tuljava je tista, ki je priključena na vir izmeničnega toka. Izmenični tok povzroči nastanek spreminjajočega magnetnega polja. Ker se v tem polju

nahaja tudi druga tuljava - sekundar, se v njej inducira napetost. Ker želimo, da je medsebojni vpliv čimvečji, sta tuljavi naviti na skupnem jedru, ki je lahko različnih oblik. Pri transformatorjih namesto o tuljavah govorimo o navitjih: PRIMARNO NAVITJE in SEKUNDARNO NAVITJE. Razmerje med napetostjo in tokom na primarju in sekundarju je odvisno od števila ovojev obeh navitij. Zvezi podajata enačbi:

$$\frac{U_P}{U_S} = \frac{n_P}{n_S}$$

$$\frac{I_P}{I_S} = \frac{n_S}{n_P}$$

U_P - napetost primarja (V)
 U_S - napetost sekundarja (V)
 I_P - tok primarja (A)
 I_S - tok sekundarje (A)
 n_P - število ovojev primarja
 n_S - število ovojev sekundarja

Pri idealnem transformatorju bi bila vhodna moč na primarju enaka izhodni moči na sekundarju.

$$P_P = P_S$$

P_P - moč na primarju (W)
 P_S - moč na sekundarju (W)

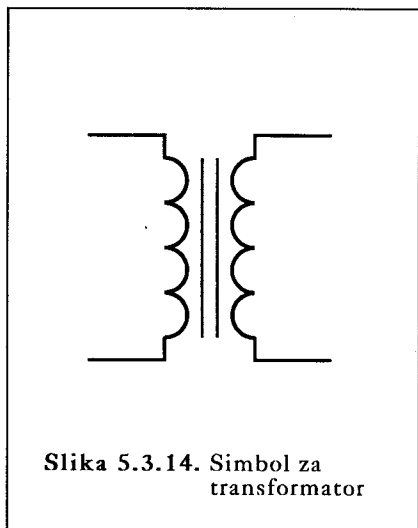
V praksi to ni tako, zato bomo govorili o večjem ali manjšem IZKORISTKU TRANSFORMATORJA (η). Moč sekundarja je enaka moči primarja, pomnoženi z izkoristkom:

$$P_S = \eta \cdot P_P$$

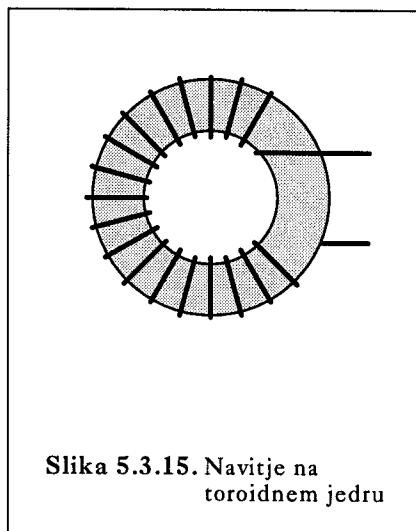
Transformator se običajno uporablja v sledečih primerih:

1. Izoliranje enega dela vezja od drugega (galvanska ločitev); med primarjem in sekundarjem ni direktne povezave;
2. Dviganje ali nižanje napetosti (v napajalnikih);
3. Impedančna transformacija oziroma prilagoditev, kjer za idealni transformator velja zakonitost, da se impedanca bremena na sekundarju preslika v neko novo vrednost na primarni strani transformatorja. Transformacija je odvisna od kvadrata razmerja navojev primarnega in sekundarnega navitja. Kljub temu, da to dobesedno velja le za idealni transformator, je zakonitost uporabna tudi v praksi.

Tudi transformator ima svoj simbol (Slika 5.3.14). Sestavljata ga dve navitji, črti med njima predstavljata kovinsko jedro.



Slika 5.3.14. Simbol za transformator



Slika 5.3.15. Navitje na toroidnem jedru

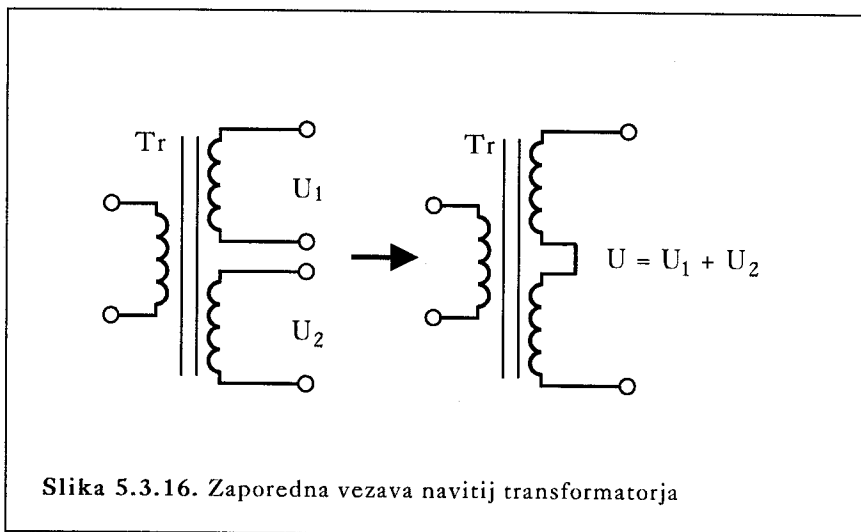
Jedra so narejena iz različnih materialov glede na frekvence, za katere uporabljamo transformator. Za frekvenco 50Hz, ki jo ima naše električno omrežje, so jedra narejena iz velikega števila tankih železnih lističev (podobno kot listi pri knjigi). Pri višjih frekvencah je navadno železo neuporabno. Uporabljamo feritna jedra, podobno kot pri tuljavah.

Vedno več se uporabljajo transformatorji, ki so naviti na jedra okrogle oblike in jih imenujemo toroidi. Oblika, vendar zaradi preglednosti le z enim navitjem, je predstavljena na sliki 5.3.15. Prednost teh transformatorjev je v njihovih manjših dimenzijah, ker imajo manjše magnetne izgube, s tem pa boljši izkoristek.

VEZAVE TRANSFORMATORJEV

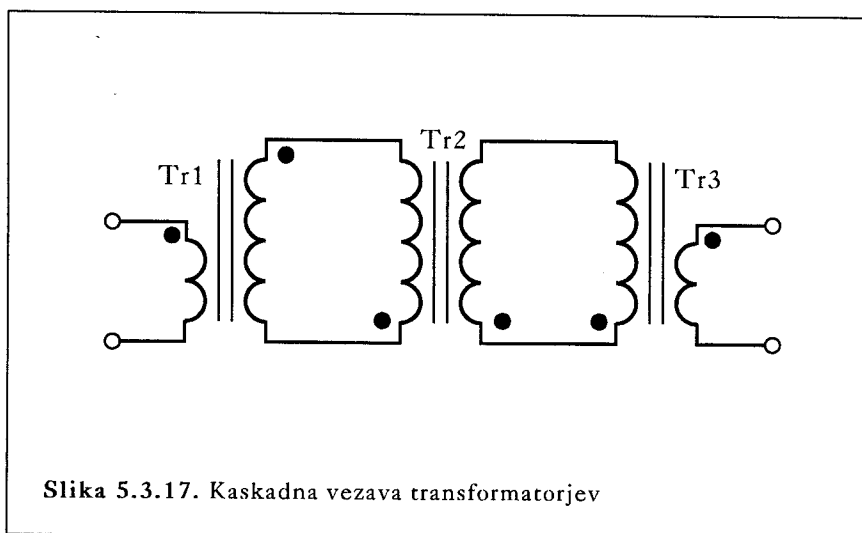
V praksi se veliko uporabljajo transformatorji, ki imajo več sekundarnih navitij. Navitja lahko povežemo v serijo, tako da dobimo na sekundarju višjo napetost (Slika 5.3.16). Pomembno je, za kakšen tok je dimenzionirano posamezno navitje. Dopustni tok je enak dopustnemu toku šibkejšega navitja.

Včasih boste tudi opazili vezavo transformatorjev v verigo (Slika 5.3.17). Temu načinu povezave pravimo tudi kaskadna vezava. Pri njej

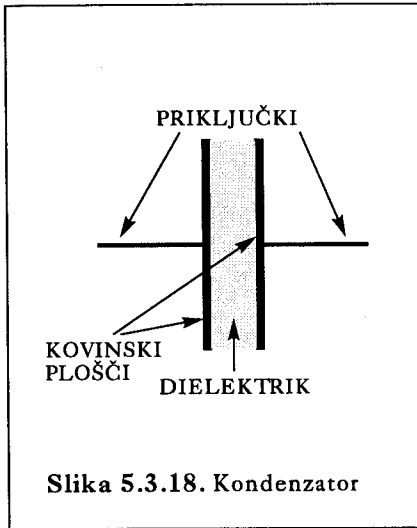


je sekundar prvega transformatorja vezan na primar drugega, sekundar drugega na primar tretjega itd.

Včasih je zaradi faznih razmer pomembno, kateri konec navitja je kam priključen. V takih primerih označimo, kje se navitje začinja. To storimo s piko, ki je narisana ob simbolu transformatorja (Slika 5.3.17).



3. KAPACITIVNOST IN KONDENZATORJI

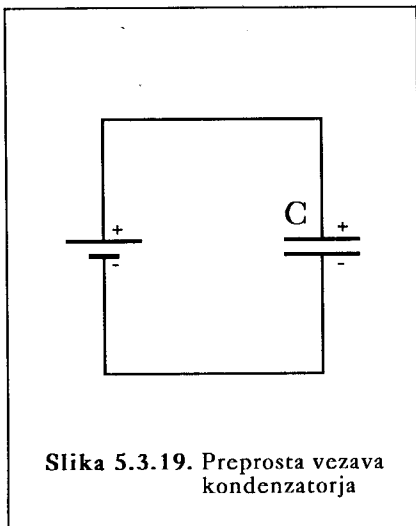


Slika 5.3.18. Kondenzator

KONDENZATOR je v osnovi sestavljen iz dveh kovinskih plošč, ki sta blizu skupaj, vendar se ne stikata. Med njima je izolator ali dielektrik. IZOLATOR je lahko zrak ali katera druga snov. Na vsako ploščo je privarjen priključek, ki služi za povezavo kondenzatorja v vezje (Slika 5.3.18). Kondenzator je električni element, ki je sposoben shranjevati energijo in jo vračati nazaj v vezje - podobno kot pri tuljavi. Razlika je ta, da je energija v kondenzatorju shranjena v obliki električnega naboja, ki povzroči električno polje.

Oglejmo si vezavo na sliki 5.3.19. V trenutku, ko na kondenzator priključimo baterijo, v spodnjo ploščo pričnejo potovati elektroni iz negativnega pola baterije. Hkrati iz zgornje plošče začnejo odtekati elektroni proti pozitivnemu polu baterije. Med ploščama začne nastajati potencialna razlika (napetost). Proces se ustavi. Ko je proces končan, ugotovimo, da je napetost na kondenzatorju enaka napetosti baterije. Iz

povedanega vidimo, da se najprej pojavi tok elektronov (električni tok), ki povzroči nastanek in naraščanje napetosti med ploščama. Zaradi tega pravimo, da pri kondenzatorju tok prehiteva napetost.



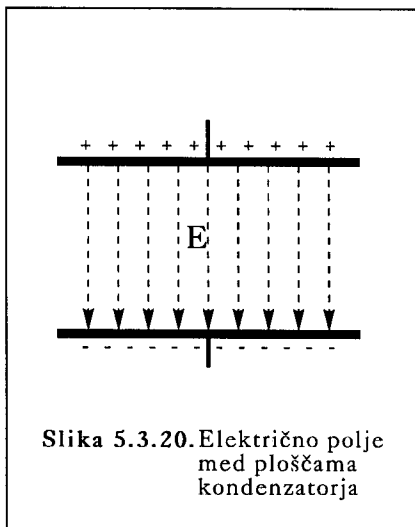
Slika 5.3.19. Preprosta vezava kondenzatorja

Med ploščama, ki sta nabiti ena na pozitivno, druga na negativno vrednost, nastane električno polje, ki ga ponazorimo s silnicami. Polje obstaja tako dolgo, dokler je med ploščama razlika v električnem potencialu, z drugimi besedami električna napetost.

Sedaj kondenzator odklopimo z baterije. Napetost nek čas ostane

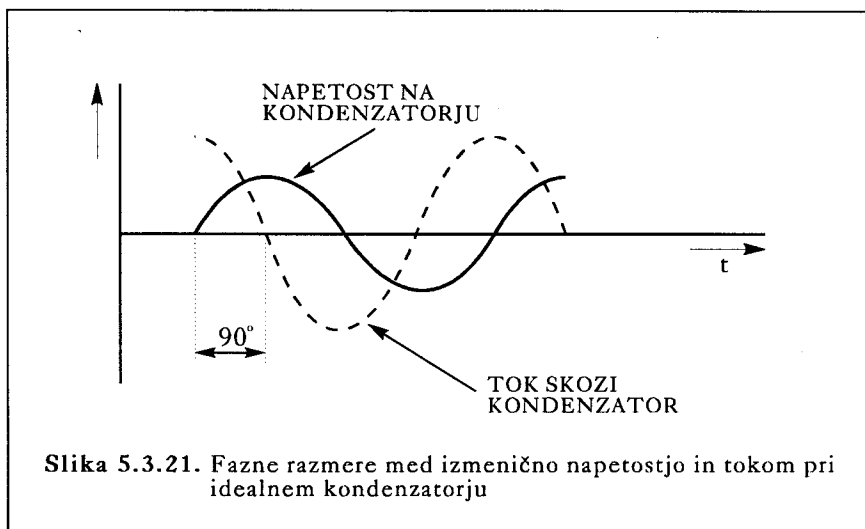
konstantna, nato počasi začne padati. To je posledica dejstva, da noben dielektrik ni idealen. Elektroni iz plošče, ki je negativno nabita, začno počasi uhajati proti pozitivni plošči. Pojavi se električni tok, ki ni zaželen. V elektrotehniki mu rečemo prečni ali tudi izgubni tok.

Potencialna razlika se začne manjšati, s tem pa slabi tudi električno polje med ploščama. Če obe plošči povežemo z žico (kratko sklenemo), višek elektronov v trenutku steče iz spodnje plošče preko žice na zgornjo ploščo. Pravimo, da smo kondenzator spraznili ali razelektrili.



Slika 5.3.20. Električno polje med ploščama kondenzatorja

Iz naštetega vidimo, da v vezju teče električni tok kljub temu, da je vezje prekinjeno; med ploščama je razmak. Vendar tok teče le v trenutkih, ko se plošče polnijo oziroma izgubljajo naboj. Ta čas je običajno kratek. Skozi kondenzator ne more biti stalnega električnega toka, če nanj priključimo vir enosmerne napetosti. Drugače je pri izmeničnem toku, kjer plošče neprestano spreminjajo polariteto; električni



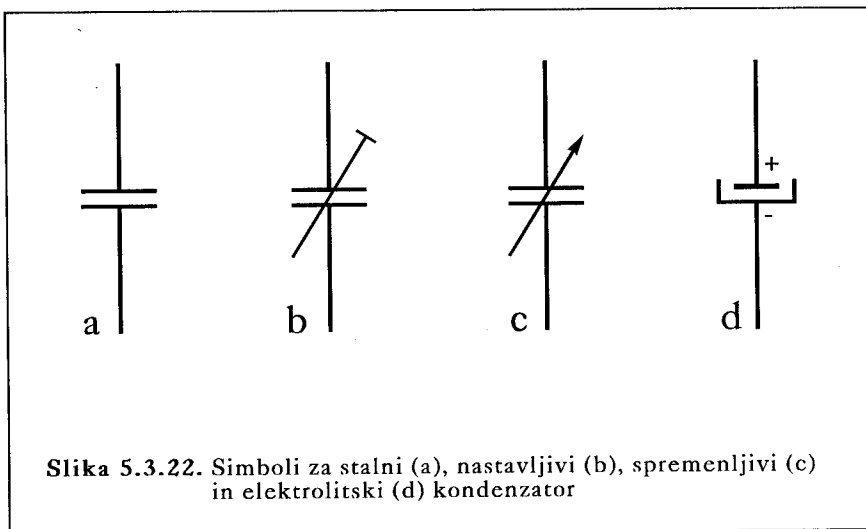
Slika 5.3.21. Fazne razmere med izmenično napetostjo in tokom pri idealnem kondenzatorju

tok teče ves čas, najprej v eno nato v drugo smer. Zaradi tega bomo kondenzatorje srečevali v zvezi z izmeničnim tokom, podobno kot tuljave. V primeru sinusnega električnega toka se izkaže, da tok fazno prehiteva napetost za 90 stopinj ali $1/4$ nihaja (Slika 5.3.21).

KAPACITIVNOST je lastnost kondenzatorja, da se upira hitrim spremembam napetosti. Kapacitivnost označimo s C , merimo pa z enoto Farad, ki ima oznako F . Farad je zelo velika enota, zato se v praksi uporabljajo manjše vrednosti: mikrofara (μF), nanofara (nF) in pikofara (pF).

Od česa je odvisna kapacitivnost? Kapacitivnost povečamo z večanjem površine plošč, pri čemer si lahko pomagamo z dodajanjem plošč. Kondenzator, ki ima večjo kapacitivnost, lahko shrani več naboja in s tem več energije. Z manjšanjem razdalje med ploščami se kapacitivnost povečuje in obratno. Kondenzator z bolj razmahnjenimi ploščami ima manjšo kapacitivnost. Pri najenostavnejših kondenzatorjih je dielektrik zrak - govorimo o zračnih kondenzatorjih. Vendar obstajajo materiali, ki povečajo kapacitivnost v primeru, da jih uporabimo za dielektrik. Pravimo, da imajo višjo dielektrično konstanto kot zrak.

Opozorimo naj še na dejstvo, da se kapacitivnost kondenzatorja spreminja v odvisnosti od temperature. Vzrok je v dielektriku, ki se mu s temperaturo spreminja dielektrična konstanta. Nekaterim se spreminja bolj, drugim manj. Nekaterim kapacitivnost s temperaturo raste, drugim



pada, kar predstavlja problem pri konstrukciji vezij. Pomagamo si tako, da vežemo skupaj kondenzatorje z različnimi temperaturnimi koeficienti, tako da se temperaturni vplivi medsebojno kompenzirajo.

V elektrotehniki in elektroniki poznamo več delitev kondenzatorjev. Po eni od njih jih delimo na stalne, nastavljive in spremenljive (podobno kot pri uporih); po drugi pa po vrsti dielektrika: zračni, sljudni, papirni, keramični, elektrolitski itd. Od dielektrika zavisijo, kakšne lastnosti ima kondenzator.

Posebej bi omenili elektrolitske kondenzatorje. Njihova značilnost je, da imajo kljub majhnemu ohišju sorazmerno veliko kapacitivnost. Pomembno je, kako jih v vezje priključimo, zato imajo označene priključke z + in -. Polaritete ne smemo zamenjati.

DELOVNA NAPETOST KONDENZATORJA

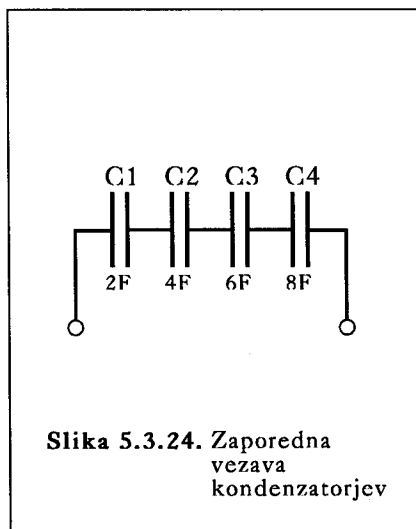
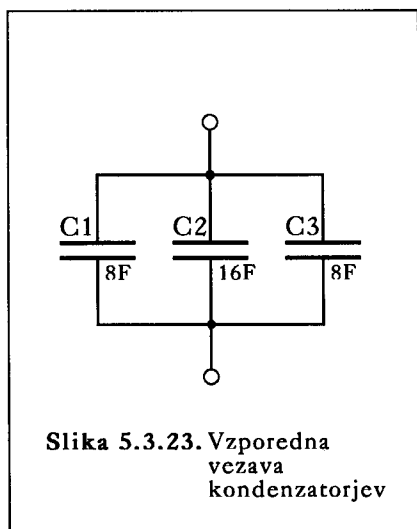
Ko na kondenzator priključimo napetost, so zaradi električnega polja med ploščama elektroni, ki so vezani v atomih dielektrika, podvrženi velikim silam. Dielektrik je izolator, zato v nasprotju s kovino nima prostih elektronov. Elektrone pa lahko umetno ustvarimo, če nanje vplivamo z dovolj veliko silo, ki jih odtrga iz atoma. V takem primeru, ko nastane dovolj prostih elektronov, ki so zmožni prevajati električni tok, pravimo, da izolator prebije. Ta preboj se izvrši pri dovolj visoki napetosti, ki ji pravimo prebojna napetost. Pojava ne smemo enačiti ali zamenjati z izgubnim tokom kondenzatorja!

Prebojna napetost izolatorja je odvisna od njegove kemijske sestave in debeline. Debelejši izolator prenese večje napetostne obremenitve od tanjšega. Kondenzatorji, ki prebijejo, so neuporabni, saj predstavljajo kratek stik tudi za enosmerne tokove. Izjema so zračni kondenzatorji, saj je zrak obnovljiv dielektrik. Preboj zračnega kondenzatorja je opazen kot iskra med ploščama. Ko napetost znižamo, iskra izgine in kondenzator je ponovno uporaben.

Kondenzatorji imajo na ohišju napisano delovno napetost. To je napetost, ki dielektrika ne bo poškodovala. V nobenem primeru ne uporabljajmo kondenzatorja pri višji napetosti.

VZPOREDNA IN ZAPOREDNA VEZAVA KONDENZATORJEV

Enačbe za izračun skupne kapacitivnosti vzporedno in zaporedno vezanih kondenzatorjev so podobne, vendar nasprotno enačbam za vezavo tuljav in uporov.



Pri vzporedni vezavi kondenzatorjev je skupna kapacitivnost enaka vsoti posameznih kapacitivnosti (površine plošč se seštevajo).

$$C_{\text{skupna}} = C_1 + C_2 + \dots$$

Izračun skupne kapacitivnosti za primer na sliki 5.3.23 se glasi:

$$C_{\text{skupna}} = C_1 + C_2 + C_3 = 8F + 16F + 8F = 32F$$

Skupno kapacitivnost zaporedno (serijsko) vezanih kondenzatorjev izračunamo podobno kot skupno upornost vzporedno vezanih uporov:

$$\frac{1}{C_{\text{skupna}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$$

$$C_{\text{skupna}} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots}$$

Primer na sliki 5.3.24 rešimo takole:

$$C_{skupna} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4}} = \frac{1}{\frac{1}{2F} + \frac{1}{4F} + \frac{1}{6F} + \frac{1}{8F}} = \frac{24F}{25} = 0.96F$$

KAPACITIVNA REAKTANCA

Količina električnega naboja, ki ga shranimo v kondenzatorju, je odvisna od njegove kapacitivnosti in pritisnjene napetosti. Naboj se premika v ritmu nihanja pritisnjene napetosti: v kondenzator in spet iz njega. Vemo, da naboju, ki se giblje, rečemo električni tok. Tok skozi kondenzator raste odvisno od amplitude pritisnjene napetosti, frekvence s katero niha in kapacitivnosti kondenzatorja. V primeru, da združimo frekvenco in kapacitivnost v eno veličino, ki ji rečemo kapacitivna reaktanca (X_C), pridemo do podobnosti z upornostjo v Ohmovem zakonu. Kapacitivna reaktanca za kondenzator je definirana:

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$$

X_C - kapacitivna reaktanca (Ω)
 f - frekvenca (Hz)
 C - kapacitivnost (F)
 π - konstanta (3.1416)

X_C izražamo v ohmih. Vidimo, da je pri $f=0\text{Hz}$ (enosmerna napetost) vrednost kapacitivne reaktance neskončno velika; tok ne more teči, z višanjem frekvence pa se njena vrednost zmanjšuje.

Podobno kot pri induktivni reaktanci, se tudi v idealnem kondenzatorju ne troši nobena moč; energija, ki se je shranila v eni polperiodi, se vrne nazaj v vezje v drugi polperiodi.

4. REAKTANCA, IMPEDANCA IN REZONANCA

REAKTANCA

Do sedaj smo govorili ločeno o induktivni in kapacitivni reaktanci. V praktičnih vezjih se pojavijo kombinacije obeh. Zato v praksi raje govorimo kar o reaktanci, ki pa ima lahko KAPACITIVNI ali INDUKTIVNI ZNAČAJ. Kako je s tem? Spomnimo se:

- Vrednost induktivne reaktance se z naraščanjem frekvence povečuje;
- Vrednost kapacitivne reaktance se z naraščanjem frekvence zmanjšuje.

Iz tega vidimo, da se med seboj odštevata. Prevlada tista, ki je pri določeni frekvenci večja. Zaradi tega govorimo o njenem kapacitivnem oziroma induktivnem značaju. Reaktanco označimo z X in jo tudi izražamo v ohmih (Ω). Za izmenične napetosti, tokove in reaktanco lahko napišemo enačbe Ohmovega zakona, ki so po obliki zelo podobne enačbam za enosmerne veličine:

$$U = X \cdot I$$

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

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

U - električna napetost (V)

I - električni tok (A)

X - reaktanca (Ω)

V primeru, da na generator priključimo ohmsko breme, se na upor troši moč. Energija se spreminja iz električne v toplotno, zato se upor segreva. Pri reaktancah je drugače. Na reaktančnih bremenih ne more priti do izgube moči, saj se energija neprestano pretaka med vezjem in poljem, ki ga reaktanca povzroča. Matematično lahko to "neporabljeno" moč izračunamo. Imenujemo jo jalova moč. To je moč, ki se ne porabi za koristno delo (segrevanje).

IMPEDANCA

Vsa praktična vezja vsebujejo tako reaktance kot ohmske upornosti. Skupni vpliv obeh dejavnikov na razmerje med izmeničnim tokom in napetostjo imenujemo z drugo besedo impedanca. Impedanco označimo z Z in jo tudi merimo z ohmi. Impedanca je bolj splošen pojem kot sta reaktanca in upornost vsaka zase. Celo več: O impedanci lahko govorimo tudi pri vezjih, ki vsebujejo samo ohmske upornosti ali pa reaktance. Impedanco predstavimo kot kompleksno število; realni del števila predstavlja ohmsko upornost, imaginarni del (člen z j) pa reaktanco:

$$Z = R + jX$$

impedanca, ki jo sestavljata upornost R in reaktanca induktivnega značaja;

$Z = R - jX$ impedanca, ki jo sestavljata upornost R in reaktanca kapacitivnega značaja.

Z impedancami lahko računamo, podobno kot z upornostmi. Za njih lahko napišemo enačbe Ohmovega zakona, jih vežemo serijsko ali paralelno in podobno. Razlika je le ta, da so matematične operacije nekoliko bolj zahtevne, saj se spustimo na področje kompleksnega računa, to pa presega obseg te snovi.

RESONANCA

Malo prej smo spoznali, da je impedanca v splošnem sestavljena iz realnega dela, ki ga predstavlja ohmska upornost, in iz imaginarnega dela, ki je predstavljen z reaktanco. Prav tako smo se seznanili, da je značaj reaktance odvisen od vrednosti induktivne in kapacitivne reaktance. Prispevek teh dveh reaktanc je odvisen od frekvence. Iz tega lahko sklepamo, da obstaja neka frekvenca, pri kateri se vrednost kapacitivne reaktance izenači z vrednostjo induktivne reaktance in zaradi tega izniči.

$$X_C = X_L$$

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

Iz te relacije lahko izrazimo frekvenco:

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

Frekvenci, pri kateri je vrednost induktivne reaktance enaka vrednosti kapacitivne reaktance, pravimo **RESONANČNA FREKVENCA**, pojavu pa **RESONANCA**. Ker se reaktanci medsebojno odštevata, je skupna vrednost reaktance enaka 0.

$$X_C = X_L$$

$$X = X_L - X_C = 0$$

Izraz za impedanco v primeru resonance se glasi:

$$Z = R + j0 = R$$

lahko pa tudi:

$$Z = R - j0 = R$$

Vidimo, da je v resonanci impedanca kar enaka realni upornosti vezja, hkrati pa tudi, da ohmska upornost vezja na resonančno frekvenco ne vpliva.

5.4. FILTRI

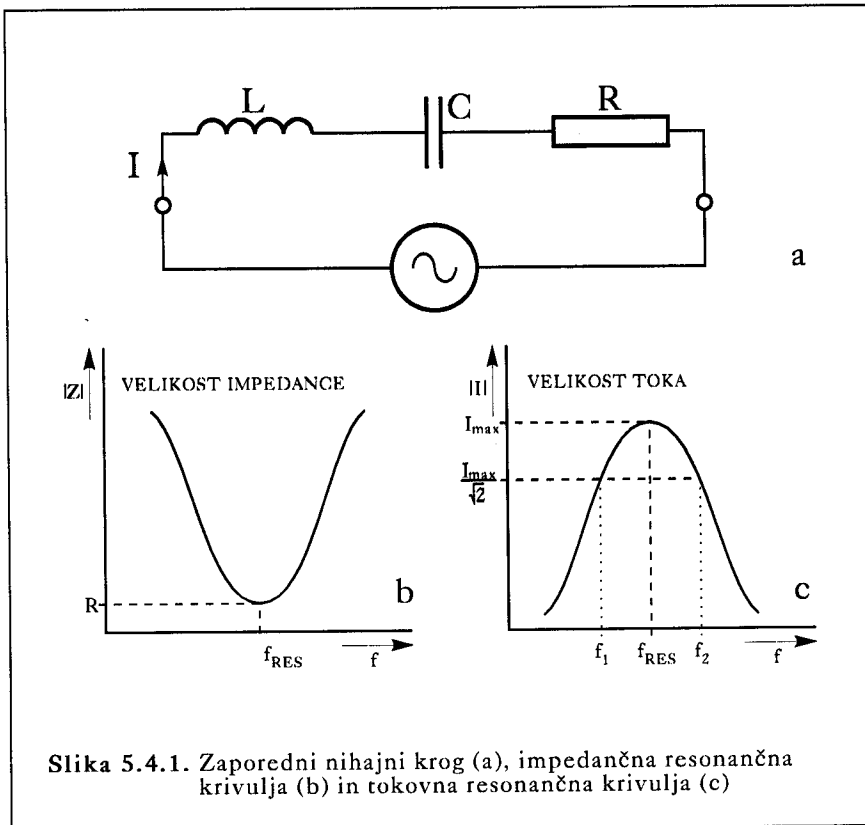
Električni filtri so vezja, ki prepuščajo izmenične tokove določenih frekvenc, medtem ko tokove drugih frekvenc zelo oslabijo ali pa sploh ne prepuščajo. V osnovi so filtri sestavljeni iz pasivnih elementov (kondenzatorjev, tuljav in uporov).

Ker je impedanca reaktančnih elementov frekvenčno odvisna, predstavlja tuljava za tokove nizkih frekvenc zelo malo impedanco ("upornost"), medtem ko je za tokove visokih frekvenc impedanca zelo velika. Kondenzator ima veliko impedanco pri nizkih frekvencah in zelo malo impedanco pri visokih frekvencah. Tuljava torej na splošno dobro prepušča tokove nizkih frekvenc, medtem ko kondenzator dobro prepušča tokove visokih frekvenc. Zaporedna vezava kondenzatorja in tuljave (zaporedni nihajni krog) dobro prepušča tokove le tistih frekvenc, ki so v bližini resonančne frekvence, medtem ko vzporedna vezava tuljave in kondenzatorja (vzporedni nihajni krog) zelo oslabi tokove frekvenc, ki so blizu resonančne frekvence. Z ustrežno kombinacijo omenjenih elementov lahko torej naredimo filter, ki dobro prepušča tokove želenih frekvenc, tokove ostalih frekvenc pa čimbolj oslabi.

Zgoraj smo že omenili zaporedni in vzporedni nihajni krog. Poglejmo si ju bolj podrobno.

1. ZAPOREDNI NIHAJNI KROG

Slika 5.4.1.a. prikazuje zaporedni nihajni krog, ki je sestavljen iz tuljave, kondenzatorja in upora (upor navadno predstavlja predvsem upornost žice, iz katere je navita tuljava). Vsi elementi so vezani zaporedno (eden za drugim) zato tudi ime zaporedni nihajni krog. Če na takšno vezje priključimo generator izmenične napetosti, ki mu lahko frekvenco spreminjamo v zadosti velikem frekvenčnem območju, opazimo, da se vrednost toka, ki teče skozi nihajni krog, spreminja s spreminjanjem frekvence generatorja. Pri zelo nizkih frekvencah je impedanca zaporednega nihajnega kroga zelo velika (skozi vezje teče zelo majhen tok) predvsem na račun kapacitivne reaktance, pri zelo visokih frekvencah pa je zelo velika zaradi induktivne reaktance. Impedanca je najmanjša takrat, ko je kapacitivna reaktanca enaka induktivni. V tem primeru je impedanca kar enaka upornosti R . Frekvenca, pri kateri se to zgodi, se imenuje **RESONANČNA FREKVENCA**, pojav pa **RESONANCA**.



Potek velikosti impedanca v odvisnosti od frekvence generatorja (impedančno RESONANČNO KRIVULJO) prikazuje slika 5.4.1.b., potek velikosti toka v odvisnosti od frekvence (tokovno RESONANČNO KRIVULJO) pa slika 5.4.1.c.

Veže je torej v resonanci takrat, ko je kapacitivna reaktanca enaka induktivni. Resonančno frekvenco lahko zato izračunamo po formuli

$$f_{RES} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

KVALITETO nihajnega kroga opišemo s Q - FAKTORjem, ki je v splošnem definiran kot razmerje med energijo, ki je shranjena v nihajnem krogu, in močjo, ki se v tistem trenutku izgublja (rezultat še pomnožimo s krožno frekvenco, da dobimo število brez enote). Energija se v nihajnem krogu shranjuje v tuljavi in v kondenzatorju, izgublja (porablja) pa se na upor. Zato lahko Q - faktor matematično zapišemo kot

$$Q = \frac{X_L}{R} \quad \text{ali} \quad Q = \frac{X_C}{R}$$

Q ... kvaliteta

X_L ... velikost induktivne reaktance

X_C ... velikost kapacitivne reaktance

R ... upornost

Pasovno širino nihajnega kroga definiramo kot frekvenčni pas okoli resonančne frekvence, kjer vrednost toka ne pade pod $\frac{1}{\sqrt{2}}$ vrednosti toka pri resonančni frekvenci, oziroma se ne zmanjša za 3 dB. Na sliki 5.4.1.c je to frekvenčni pas med frekvencama f₁ in f₂.

B ... pasovna širina

f₁ ... nižja frekvenca od f_{RES}, kjer je $I = \frac{I_{MAX}}{\sqrt{2}}$

$$B = f_2 - f_1$$

f₂ ... višja frekvenca od f_{RES}, kjer je $I = \frac{I_{MAX}}{\sqrt{2}}$

Čim ožja je resonančna krivulja, tem manjša je pasovna širina nihajnega kroga in tem večji je njegov Q - faktor. Q - faktor in pasovna širina sta povezana in sicer po formuli

$$Q = \frac{f_{RES}}{B} = \frac{f_{RES}}{f_2 - f_1}$$

Napetosti na reaktančnih elementih (na kondenzatorju in na tuljavi) sta v stanju resonance po velikosti enaki, vendar sta med sabo 180 stopinj fazno zamaknjeni. Ti dve napetosti sta za Q -krat večji od napetosti na sponkah vezja.

Q - faktor realnega nihajnega kroga s kondenzatorjem in tuljavo razumljivih dimenzij je navadno okoli 100. To pomeni, da je lahko v tem primeru napetost na reaktančnem elementu 100-krat višja od napetosti na sponkah!

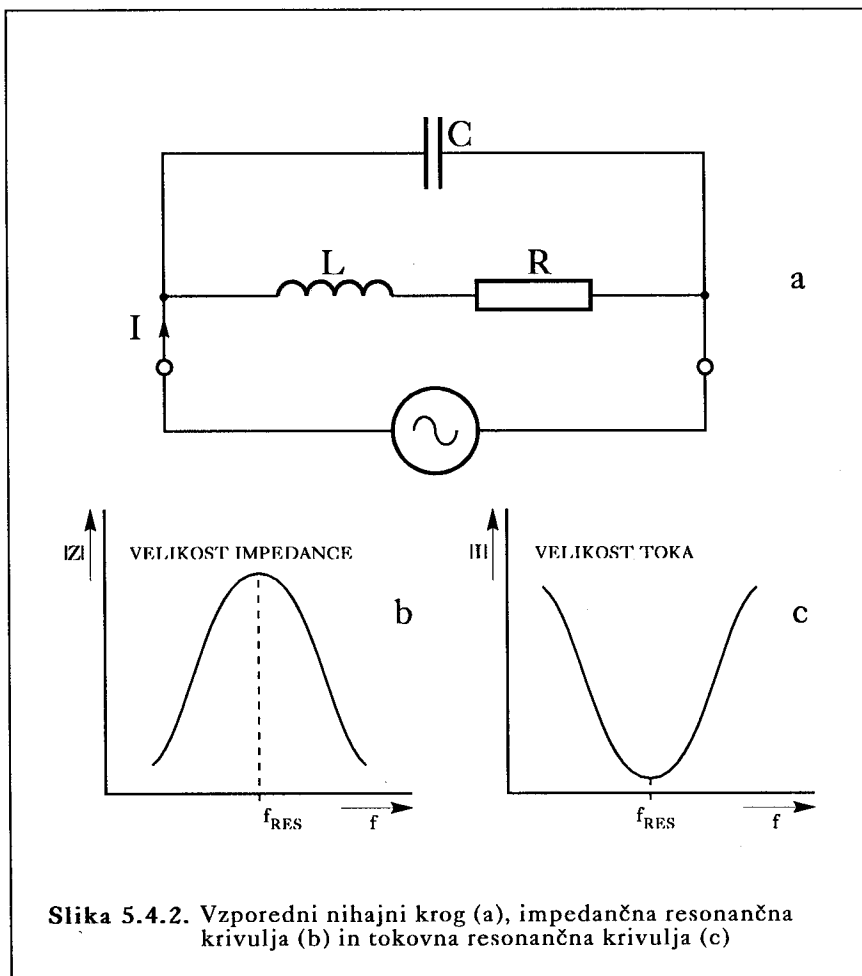
2. VZPOREDNI NIHAJNI KROG

Slika 5.4.2.a. prikazuje vzporedni nihajni krog, ki je sestavljen iz vzporedne vezave kondenzatorja in tuljave. Tuljavi še zaporedno vežemo upor, ki predstavlja predvsem ohmske izgube v žici, s katero je tuljava navita. Pri zelo nizkih in zelo visokih frekvencah je impedanca tega vezja zelo majhna, največjo vrednost pa doseže pri resonančni frekvenci. Seveda bo tok skozi to vezje pri resonančni frekvenci dosegel najmanjšo vrednost.

Potek velikosti impedance v odvisnosti od frekvence generatorja (impedančno RESONANČNO KRIVULJO) prikazuje slika 5.4.2.b., potek velikosti toka v odvisnosti od frekvence (tokovno RESONANČNO KRIVULJO) pa slika 5.4.2.c.

Enačbe za resonančno frekvenco, pasovno širino in Q - faktor zaporednega nihajnega kroga veljajo tudi za vzporedni nihajni krog.

Čeprav je velikost toka skozi celotno vezje v resonanci majhna, je velikost toka skozi posamezne veje, torej skozi kondenzator in skozi tuljavo, lahko precej večja od velikosti toka skozi celotno vezje (ta tok



je namreč vektorska vsota tokov posameznih vej). Tok skozi reaktančni element je v resonanci za Q - krat večji od toka skozi celotno vezje.

Q - faktor realnega nihajnega kroga s kondenzatorjem in tuljavo razumljivih dimenzij je navadno okoli 100. To pomeni, da je lahko v tem primeru tok skozi reaktančni element 100 - krat večji od toka skozi celotno vezje!

3. VRSTE FILTROV

Filtre delimo glede na različna merila. Zelo pomembno merilo je frekvenčni pas, ki ga filter prepušča. Po tej delitvi ločimo štiri vrste filtrov:

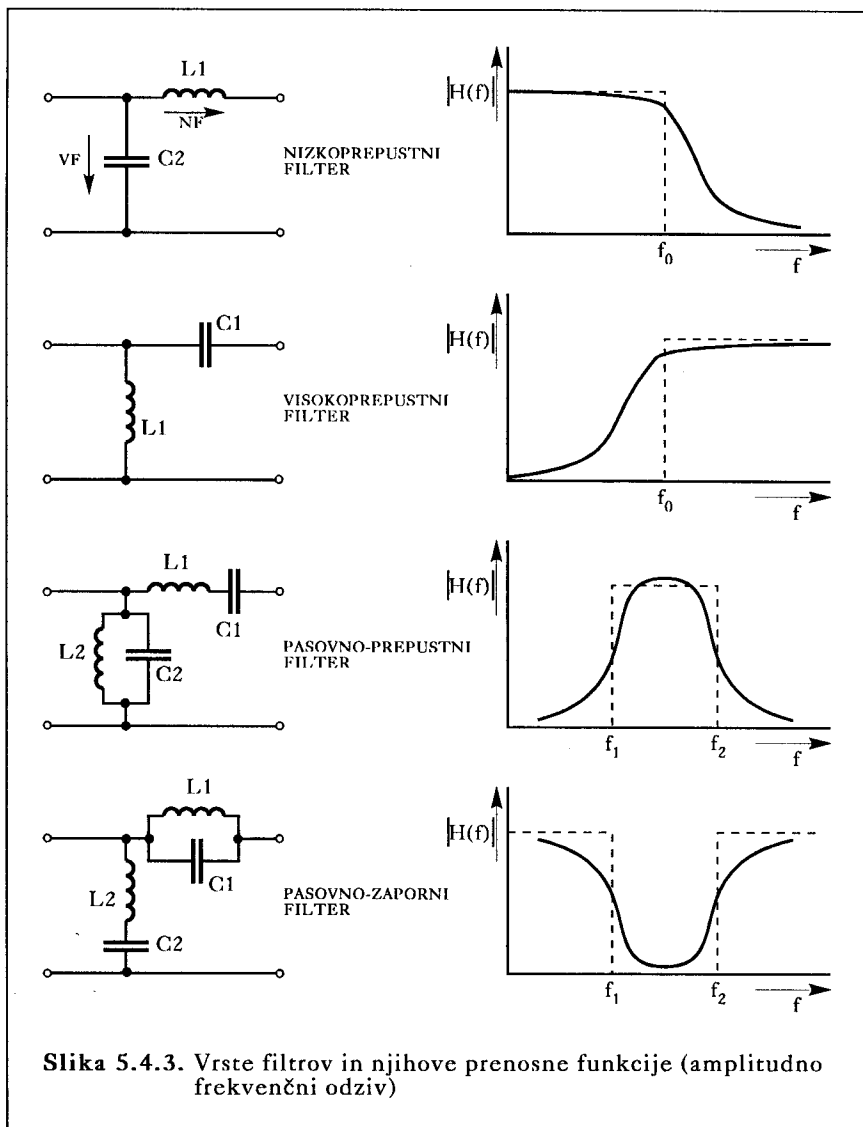
- Nizkoprepustni filter (prepušča samo frekvence do določene mejne frekvence, vseh višjih od mejne, pa ne);
- Visokoprepustni filter (prepušča frekvence, ki so višje od mejne frekvence, nižjih pa ne);
- Pasovno-prepustni filter (prepušča samo določen frekvenčni pas od spodnje do zgornje mejne frekvence);
- Pasovno-zaporni filter (ne prepušča frekvenc od spodnje do zgornje mejne frekvence, ostale pa).

Obnašanje filtra lahko opišemo z njegovo prenosno funkcijo, ki nam pove, kako vpliva filter na amplitudo in fazo vhodnega signala. Zanima nas predvsem velikost prenosne funkcije kot funkcija frekvence (AMPLITUDNI FREKVENČNI ODZIV), iz katere lahko razberemo, katere frekvence filter prepušča, katere pa slabi. Kar se tiče faznega odziva, je na tem mestu dovolj, da povemo, da vsak filter povzroči fazni zasuk. Izhodni signal je torej po filtriranju vedno fazno zamaknjen glede na vhodnega.

Slika 5.4.3 prikazuje preproste izvedbe nizkoprepustnega, visokoprepustnega, pasovno-prepustnega in pasovno-zapornega filtra ter primere njihovih amplitudnih odzivov. Črtkano so narisani idealni amplitudni odzivi omenjenih filtrov, ki pa jih ni mogoče doseči. Idealnim odzivom se lahko le bolj ali manj približamo z ustrezno izvedbo filtra. Kar dober približek lahko dosežemo z uporabo Butterworthovih filtrov, še boljšega z uporabo Chebyshevjevih filtrov in najboljšega z uporabo eliptičnih filtrov. Še bolj kot izvedba, je za dober približek amplitudnega odziva pomemben RED FILTRA. Višji kot je red filtra, bolj se amplitudni odziv približuje idealnemu.

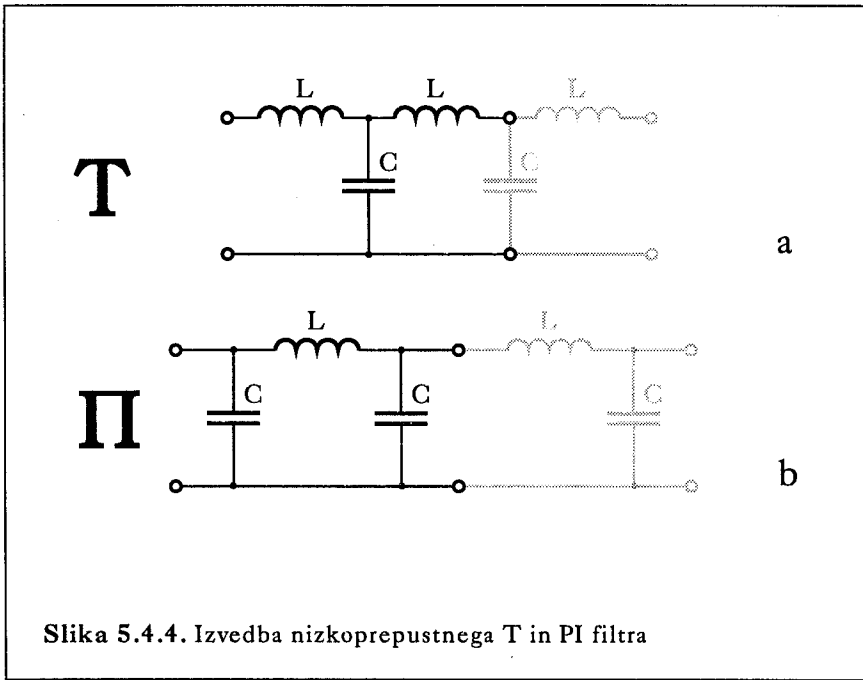
V radioamaterski praksi se pogosto uporabljata T in Pi izvedbi filtrov. Slika 5.4.4.a. prikazuje nizkoprepustni filter tipa T, slika 5.4.4.b. pa nizkoprepustni filter tipa Pi.

Za izvedbo zelo ozkih pasovno-prepustnih ali pa pasovno-zapornih filtrov uporabljamo nihajne kroge (resonatorje) z zelo veliko kvaliteto (Q - faktorjem). V ta namen se zato uporabljajo mehanski resonatorji, ki dosegajo zelo veliko kvaliteto. Takšni primerni resonatorji so ploščice iz piezoelektrične snovi, še posebej ploščice KREMENOVEGA KRISTALA. Ploščica kremenovega kristala je mehansko nihalo (resonator), ki lahko niha na različne načine in ima tudi zelo veliko resonančnih frekvenc.

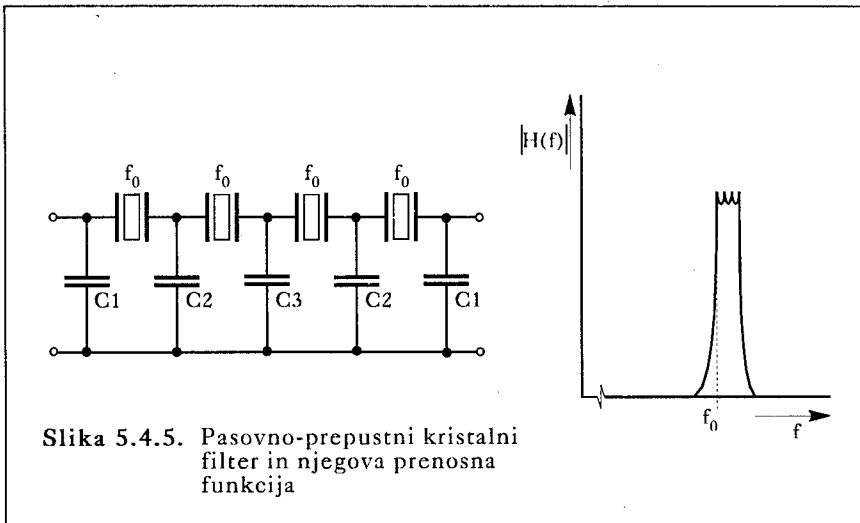


Pogosto ima ploščica obliko diska, na katerega sta na obeh straneh simetrično naparjeni kovinski elektrodi. Takšen disk lahko niha na svoji osnovni frekvenci ter na mnogokratnikih osnovne frekvence (na overtonskih frekvencah), vendar zaradi simetrične namestitve elektrod obstaja električni sklop samo z lihimi overtonskimi frekvencami.

Resonančne pojave v kremenovem kristalu izkoristimo za izdelavo



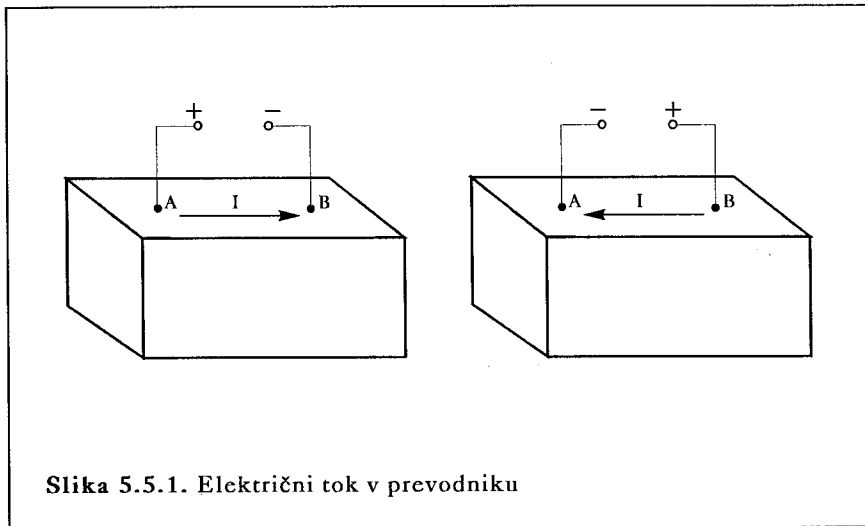
pasovno-prepustnih in pasovno-zapornih KRISTALNIH FILTROV. Slika 5.4.5 prikazuje pasovno-prepustni kristalni filter, narejen s kristali z enako nazivno resonančno frekvenco, ter njegov amplitudni frekvenčni odziv.



5.5. POLPREVODNIKI

1. POLPREVODNIK

Do sedaj smo spoznali dve vrsti materialov: prevodnike in izolatorje. Pri prevodnikih električni tok teče po celi dolžini prevodnika od točke A do točke B ali obratno, odvisno od polaritete napetosti, pritisnjene na ti dve točki (Slika 5.5.1).



Pri izolatorju tok seveda ne teče. Obstaja pa še tretji material - polprevodnik. Po imenu naj bi sodil prav vmes med prevodnike in izolatorje. Polprevodniki so snovi s specifično upornostjo med 10^{-4} in 10^7 Ω/m , ki pa je zelo odvisna od temperature. V nasprotju s kovinami se upornost polprevodnikov zmanjšuje, če višamo temperaturo (NTK). Prav tako je upornost polprevodnikov odvisna od primesi v čistem kristalu, ki že v neznatnih količinah močno spremenijo upornost. Te lastnosti so skrite v kristalni zgradbi in jih s pridom izkoriščamo pri izdelavi polprevodniških elementov.

Tipična predstavnika polprevodnikov sta germanij in silicij, pri čemer se v zadnjem času uporablja predvsem silicij, tako zaradi stabilnosti in uporabnosti kot tudi cene. Oba tvorita atomsko kristalno zgradbo.

2. POLPREVODNIK S PRIMESMI

Čisti polprevodnik v kristalni obliki zelo slabo prevaja električni tok. Za primer si pogledjmo silicij (Si), ki je štirivalenčen. Če dodamo petvalenčne atome kot so fosfor, arzen ali antimon, le-ti zasedejo mesto silicija. Štirje valenčni elektroni se vežejo s sosednjimi silicijevimi atomi, peti valenčni elektron pa ostane prost. Ker pa ima izredno majhno vezalno energijo, ga že majhna dovedena energija odtrga in za sabo pusti ioniziran atom z električnim nabojem $+q$. V normalnih razmerah so v siliciju vsi petvalenčni atomi ionizirani, prosti elektroni pa povečujejo koncentracijo prostih elektronov v prevodnem pasu polprevodnika. Primesi petvalenčnih atomov dodajajo torej polprevodniku proste elektrone, zato se take primesi imenujejo donatorji. Ker pri polprevodniku s primesmi donatorjev prevladujejo elektroni, se tak tip polprevodnika imenuje N-TIP POLPREVODNIKA.

Kaj pa se zgodi, če čistemu polprevodniku namesto petvalenčnih primesi dodamo trivalenčne atome bora, aluminija, galija ali indija? Tu se trije atomi vežejo v valenčne vezi, četrta valenčna vez pa manjka, tako da že pri majhnih dovedenih energijah pade v tako vrzel elektron iz okolice. Le-ta za sabo pusti gibljivo vrzel z nabojem $+q$, v sami kristalni zgradbi pa ostane ioniziran atom primesi z nabojem $-q$.

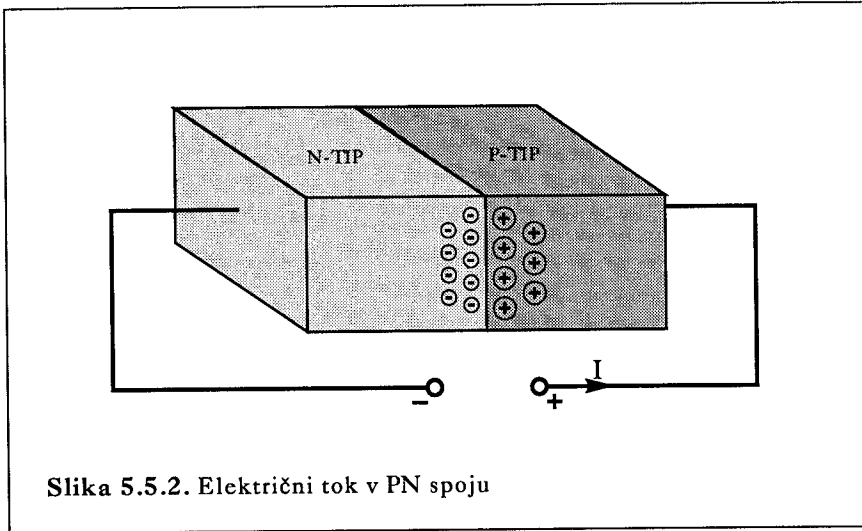
Ker primesi trivalenčnih atomov povečajo koncentracijo vrzeli s sprejemanjem elektronov iz okolice, se imenujejo akceptorji. V polprevodniku z akceptorji prenašajo električni tok pretežno premiki vrzeli, zato se tak polprevodnik imenuje P-TIP POLPREVODNIKA.

PN SPOJ

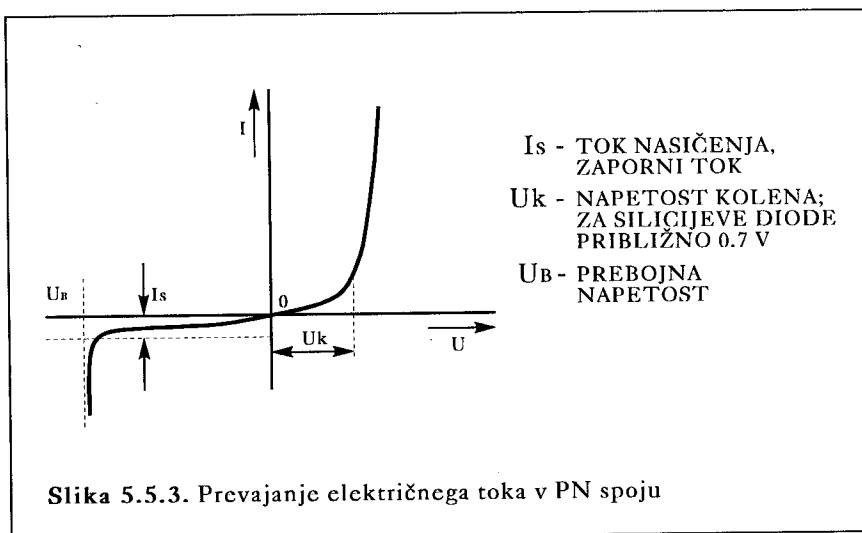
Če se koncentracija primesi v polprevodniku spreminja tako, da v enem področju polprevodnika prevladujejo donatorji, v drugem pa akceptorji, se meja, ki loči P-tip in N-tip polprevodnika, imenuje PN spoj. Večina polprevodniških elementov ima vsaj en PN spoj. Snovno geometrijske in električne lastnosti enega ali več PN spojev omogočajo realizacijo raznih funkcij kot npr. usmerjanje, ojačevanje, preklapljanje ter druge operacije elektronskih vezij.

Vzemimo kocko P tipa polprevodnika in kocko N tipa polprevodnika ter ju spojimo skupaj (Slika 5.5.2). Ko sedaj priključimo napetost na tak

spoj, bomo opazili značilno lastnost polprevodnika, prevajanje toka le v eni smeri.



Pravzaprav v prepustni smeri tak spoj prevaja tok skoraj brez upornosti; v nasprotni smeri pa je upornost spoja izredno velika, vendar delček toka le teče tudi v zaporni smeri (Slika 5.5.3).



3. DIODA

PN spoj pa je v bistvu že prvi element, sestavljen iz polprevodnika, ki se imenuje dioda.

Dioda seveda deluje le do neke mejne napetosti in toka. Le-te so podane ob podatkih diode in se gibljejo od nekaj voltov in miliamperov do nekaj tisoč voltov ter nekaj sto amperov. V zaporni smeri je kritična prebojna napetost diode, saj ta določa maksimalno zaporno napetost, ki je ne smemo prekoračiti, ker si dioda po takem preboju ne bo več opomogla (Slika 5.5.3).

4. UPORABA DIODE V ELEKTRONSKIH VEZJIH

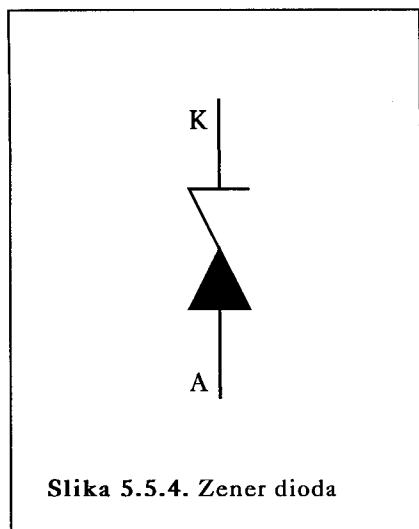
Elektronska vezja z diodami opravljajo mnoge funkcije pretvorbe električnih signalov. Za preoblikovanje izkoriščamo nelinearno karakteristiko diode. V raznih področjih nelinearnosti je dioda lahko krmiljena z velikimi ali pa majhnimi signali. Način krmiljenja in način povezave diode z ostalimi elementi določata električne lastnosti vezij z diodami. Električne lastnosti teh vezij lahko po namenu uporabe razdelimo v več skupin:

- a) Usmerniki;
- b) Frekvenčni množilniki in mešalniki;
- c) Dioda kot stikalo;
- d) Dvosignalni krmilniki;
- e) Stabilizatorji napetosti.

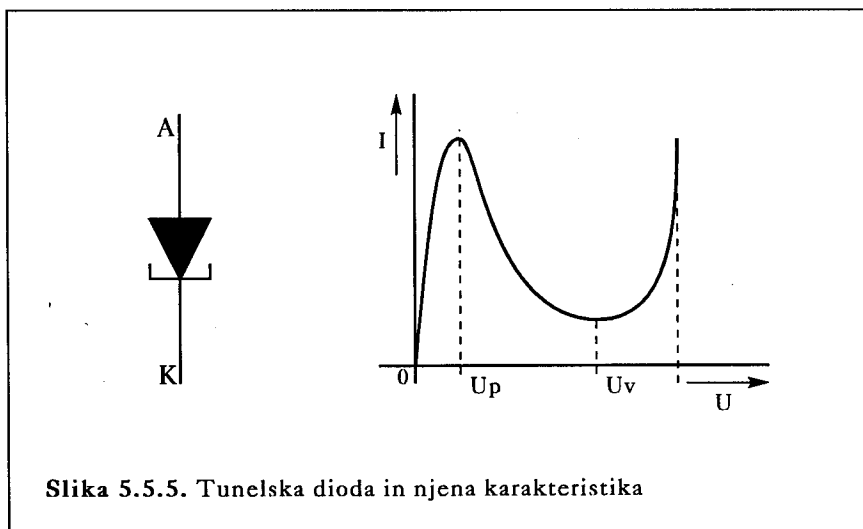
Posebne vrste diod uporabljamo še za druge namene (uglaševanje resonančnih krogov, oscilatorji, ojačevalniki, fotoelektrični pretvorniki, senzorji in drugo).

5. POSEBNE VRSTE DIOD

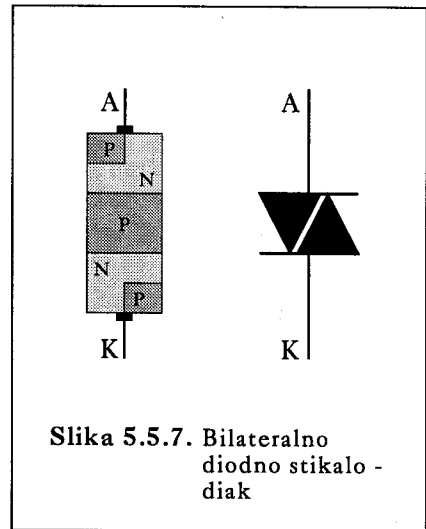
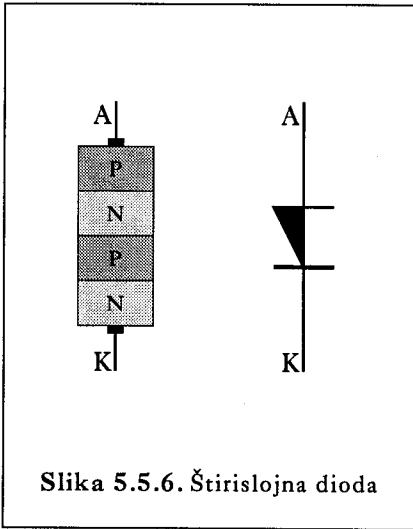
Zenerjeva dioda je element, ki izkorišča karakteristiko diode okoli prebojne napetosti. Uporabljamo jo v napajalnikih kot stabilizator napetosti.



Tunelska dioda (tudi Esakijeva dioda) je element, ki zaradi nenavadne karakteristike v prevodni smeri omogoča povsem nove možnosti uporabe. Z večanjem napetosti v prevodni smeri se nekaj časa večja tudi tok, vendar se v določenem trenutku kljub večanju napetosti tok prične zmanjševati, zopet do določene točke, nakar tok ponovno raste. Področje med točko U_p in U_v se imenuje področje negativne upornosti in ga izkoriščamo v ojačevalnikih in oscilatorjih.

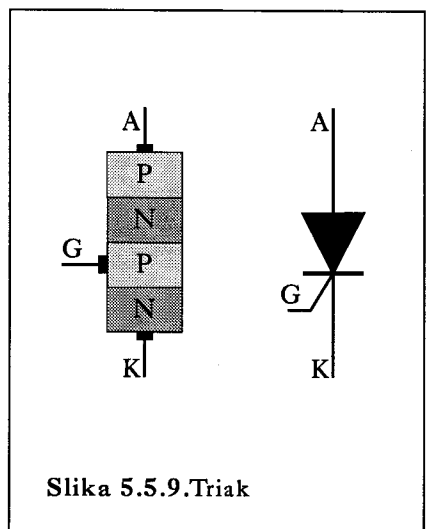
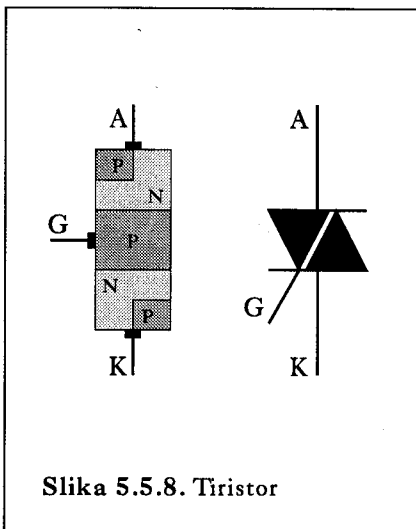


Štirislajna dioda ali PNPN dioda je dvopolni nelinearni element, namenjen za zelo velike tokove, saj se uporablja v usmerniški tehniki pri elektrolizah in podobno.

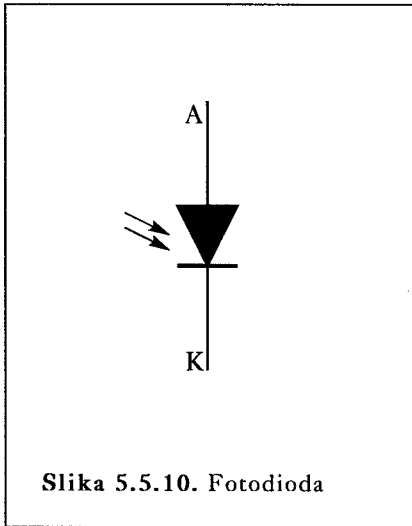


Če opisani PNP diodi vzporedno priključimo še eno NPNP diodo, dobimo bilateralno diodno stikalo (diak).

Tiristor je tripolni polprevodniški element, ki ima poleg anode in katode še krmilno elektrodo G. Če krmilna elektroda ni priključena, deluje tiristor kot običajna PNP dioda, če pa mu dovajamo preko G dodaten tok I_g , se prevajalna karakteristika spreminja skladno s spreminjanjem toka na G.



Triak pa je dvosmerni tiristor, vezava dveh tiristorjev, obrnjenih za 180 stopinj.



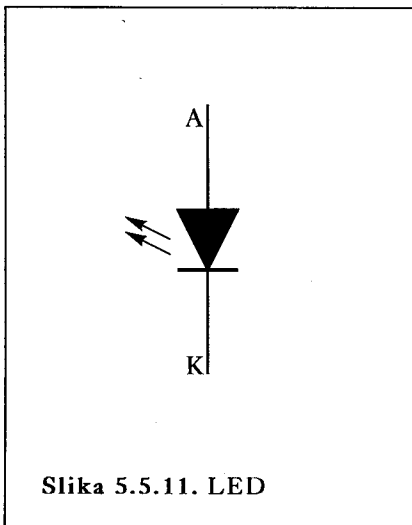
Slika 5.5.10. Fotodioda

Fotodioda služi za registracijo in meritev svetlobe. Imeti mora čim večjo svetlobno občutljivost, zahtevano spektralno občutljivost in čim večjo linearnost pretvorbe svetlobe v električni signal v širokem področju svetlobne jakosti.

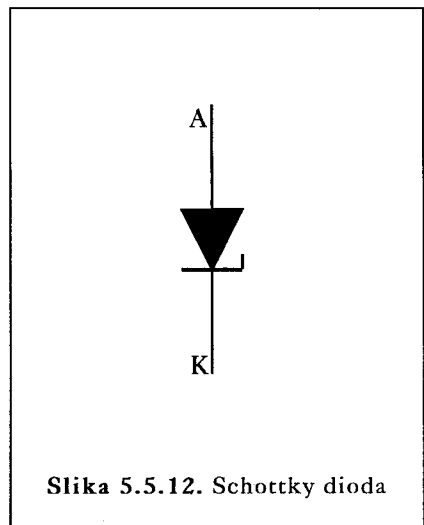
LED (Light Emitting Diode) je dioda, ki pretvarja električno energijo v svetlobo. Na barvo je mogoče vplivati z zmesmi elementov (Ga,As,P) ali pa z dodatki drugih elementov. Svetleče diode uporabljamo namesto signalnih žarnic ali pa kot svetleči numerični ter črkovni izpis. V primerjavi z navadnimi signalnimi žarnicami so svetleče diode mnogo manjše, izredno hitro reagirajo

na spremembe napajanja in porabijo manj moči.

Schottky dioda je spoj kovine s polprevodnikom. Najvažnejša lastnost te diode je, da ima izredno hitrost delovanja, ker toka ne nosijo



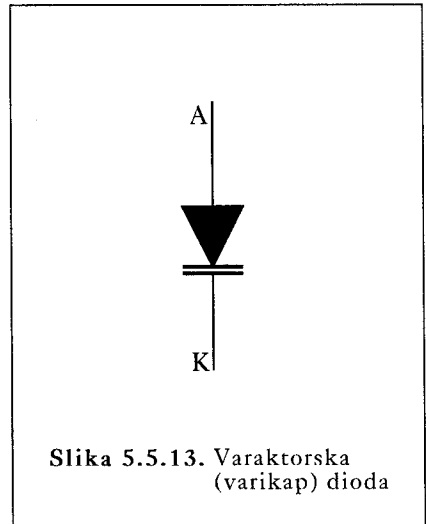
Slika 5.5.11. LED



Slika 5.5.12. Schottky dioda

manjšinski, temveč večinski nosilci naboja - elektroni.

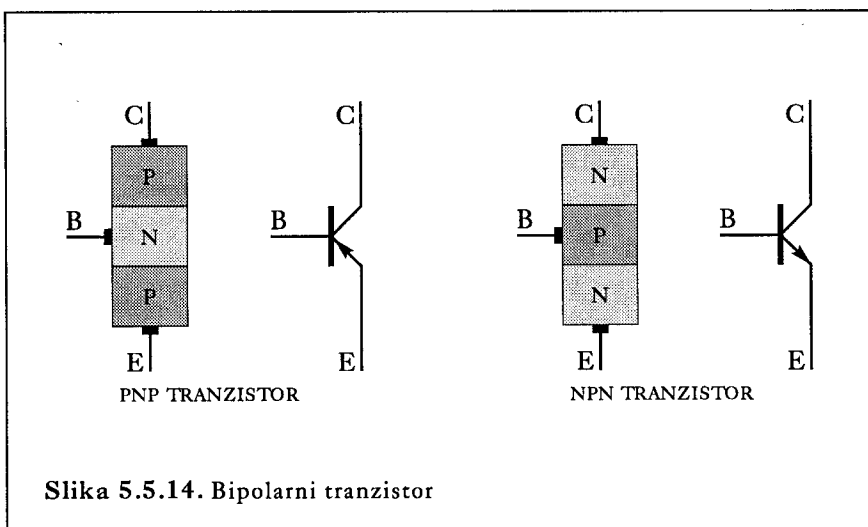
Varaktorska (angl. VARIABLE CAPAcitor = VARICAP) dioda deluje pri zaporni prednapetosti kot kondenzator s kapacitivnostjo, ki je odvisna od velikosti zaporne napetosti. Izredno uporabna je za ugaševanje resonančnih krogov, kot generator harmonskih frekvenc, parametrični ojačevalnik, mešalnik VF signalov in podobno.



Slika 5.5.13. Varaktorska (varikap) dioda

6. BIPOLARNI TRANZISTOR

Zdaj pa si oglejmo tranzistor! Označba izvira iz angleščine. Besedi "Transfer resistor" (po naše bi se reklo "prenos upornosti") sta zloženi v sestavljenko: TRAN(sfer re)SISTOR = TRANSISTOR. Originalna označba je torej transistor, ki pa jo kot udomačeno tujko pišemo v domači izgovorjavi: tranzistor.



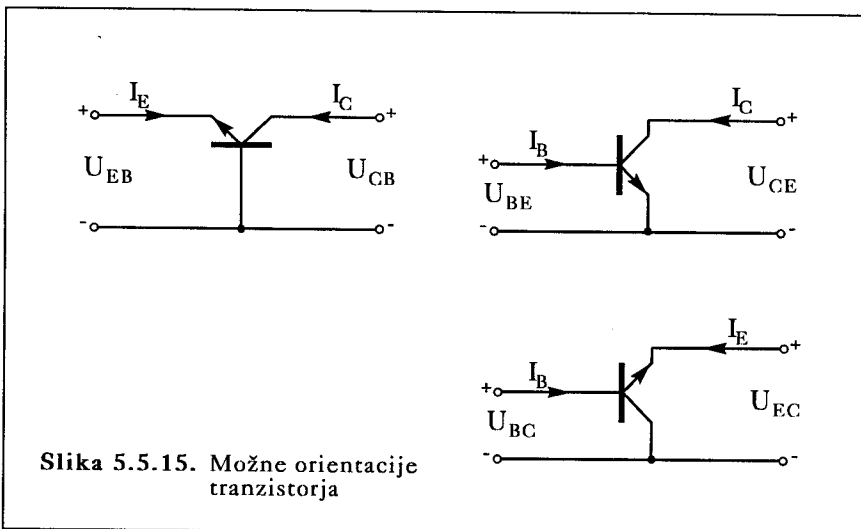
Slika 5.5.14. Bipolarni tranzistor

Z združitvijo treh polprevodnikov, ki se jim izmenično spreminja vrsta primesi, nastane bipolarni tranzistor. Tip polprevodnika se lahko spreminja od P tipa preko N tipa v P tip ali pa od N tipa preko P tipa v N tip polprevodnika. Glede na to sta možni dve izvedbi bipolarnega tranzistorja: PNP in NPN tranzistor.

Pri bipolarnih tranzistorjih tečejo tokovi preko PN spojev zaradi premikov obeh vrst nosilcev naboja (elektronov in vrzeli). Zato jih po nazivu ločimo od unipolarnih tranzistorjev, pri katerih vodijo električni tok nosilci naboja ene same vrste (elektroni ali vrzeli). Zaradi krajše pisave bomo za bipolarni tranzistor uporabljali naziv tranzistor.

Tranzistor ima tri elektrode: emitor (E), bazo (B) in kolektor (C). Ima dva PN spoja, ki se imenujeta emitorsko-bazni ali kratko emitorski spoj in kolektorsko-bazni ali krajše kolektorski spoj. Tranzistor je najpogosteje krmiljen tako, da je na emitorskem spoju prevodna, na kolektorskem spoju pa zaporna napetost. V tem primeru emitor injicira (emitira) nosilce naboja na bazo. Nekaj teh se rekombinira v bazi, večino pa zbere kolektor. Temu načinu delovanja sta prirejena tudi simbola PNP in NPN tranzistorja. Pri teh dveh simbolih je na emitorski strani puščica, ki kaže v smeri emitorskega toka, ta pa teče iz P tipa v N tip polprevodnika.

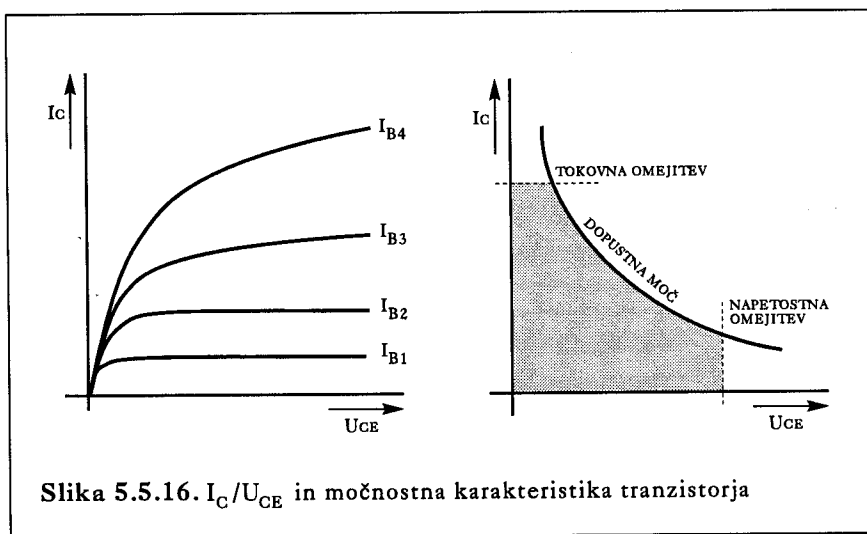
Ker ima tranzistor tri sponke, v vezju pa je običajno vezan kot četveropol (vezje s štirimi priključki), je ena od sponk vezana na dva



priključka; pravimo, da ima skupni priključek. Zato poznamo tri možne orientacije (postavitve) tranzistorja: s skupno bazo, skupnim emitorjem in skupnim kolektorjem (Slika 5.5.15).

Tokovno ojačenje α je podano kot razmerje kolektorskega in emitorskega toka, torej $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$ pri orientaciji tranzistorja s skupno bazo. Pri orientaciji s skupnim emitorjem pa imamo tokovno ojačenje $\beta = \frac{I_C}{I_B}$. Omenimo še povezavo med α in β : $\beta = \frac{\alpha}{(1-\alpha)}$ oziroma $\alpha = \frac{\beta}{(1+\beta)}$.

Maksimalna dopustna moč tranzistorja P_C je približno enaka produktu U_{CE} in I_C , kar si lahko ogledamo tudi na I_C/U_{CE} karakteristiki tranzistorja.



Poglejmo si tabelico, ki nam pove nekaj lastnosti glede na orientacijo tranzistorja:

	skupni E	skupna B	skupni C
Vhodni R	majhen	majhen	srednji
Izhodni R	srednji	visok	majhen
Ojačenje moči	veliko	srednje	majhno
Ojačenje U	zelo dobro	odlično	manjše od 1
Ojačenje I	zelo dobro	manjše od 1	zelo dobro

7. UNIPOLARNI TRANZISTOR

Unipolarni tranzistor prevaja električni tok po polprevodniški progi, katere upornost se spreminja z zunanjim priključenim signalom. To polprevodniško progo, ki si jo lahko predstavljamo kot nek uporovni vodnik, imenujemo kanal. Napetost preko kanala povzroča v njem poljski tok, ki je tem večji, čim manjša je upornost kanala. Ta upornost je odvisna od prereza kanala in od koncentracije pomičnih nabojev v njem. Če v kanalu prevladujejo elektroni, se kanal imenuje N-kanal in tok v kanalu je tok elektronov. Če pa je več vrzeli, je tak kanal P-kanal in električni tok v kanalu je tok vrzeli. V obeh primerih električni tok prenašajo večinski naboji v kanalu. Odtod izhaja tudi ime za unipolarni tranzistor za razliko od bipolarnega tranzistorja, v katerem prispevajo tokovom vseh elektrod oboji nosilci nabojev (elektroni in vrzeli).

Drugo ime za unipolarni tranzistor je FET, ki je kratica naziva Field Effect Transistor, po naše tranzistor z učinkom polja. Tako se imenuje zato, ker tok v tem tranzistorju krmili polje.

Unipolarnih tranzistorjev je več vrst. Glavna predstavnik sta:

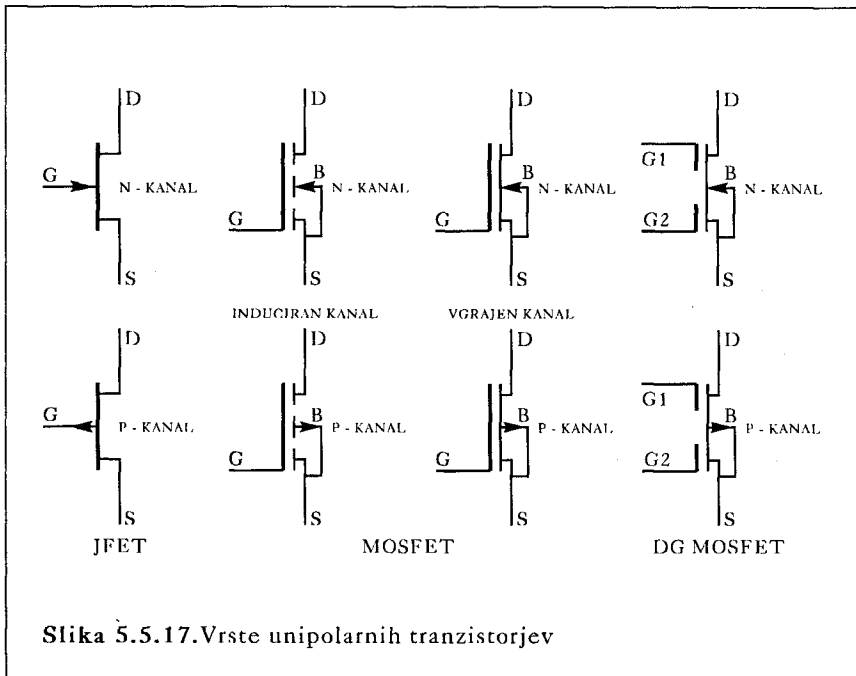
- Unipolarni tranzistor s PN spojem ali spojni FET, ki ima tudi oznako JFET (junction FET);
- Unipolarni tranzistor z izolirano krmilno elektrodo ali IGFET (insulated gate FET).

Še pogosteje je za IGFET v rabi ime MOS FET ali kar MOS tranzistor (metal oxide semiconductor FET), ker je krmilni del tega tranzistorja metalna elektroda na tanki plasti silicijevega dioksida, ki prekriva polprevodniški substrat.

Zunanje sponke vseh unipolarnih tranzistorjev imajo enake funkcije in oznake. Prevajalna ali delovna proga ima izvor S (source) in ponor

D (drain). Na lastnosti te proge pa močno vpliva krmilna elektroda G (gate), ki jo imenujemo tudi vrata. Pri MOS tranzistorju je še četrta elektroda in sicer substrat B (bulk); ta je navadno že spojena na izvor (S elektrodo) tranzistorja.

V uporabi pa so tudi MOS FET tranzistorji, ki imajo dve krmilni elektrodi (G_1 , G_2).



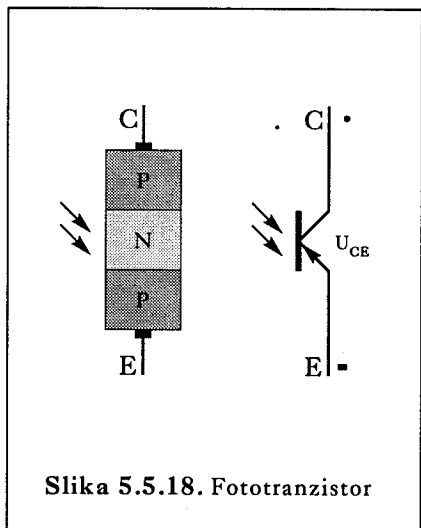
Za spojni FET uporabljamo dva grafična simbola; za vsako vrsto kanala po enega (Slika 5.5.17). Tako kot pri ostalih polprevodniških elementih je tudi tu puščica usmerjena iz P-plasti v N-plast.

Za MOS tranzistor rabimo štiri grafične simbole. Pri induciranjem in pri vgrajenem kanalu je potrebna še ločitev med N-kanalom in P-kanalom. Substrat B je pri narisanih simbolih tranzistorjev že spojen na izvor S.

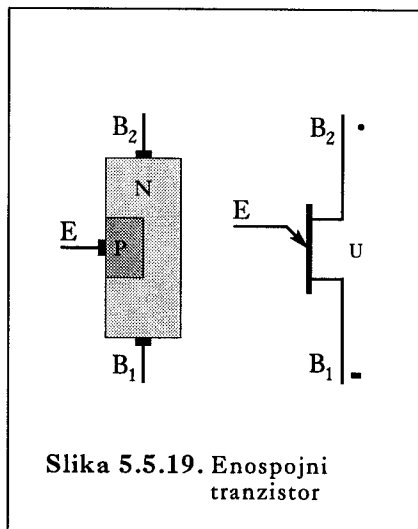
Delovanje spojnega FET-a si fizikalno predstavljamo tako, da je med ponorom in izvorom ohmska upornost N-plasti (ali P-plasti) polprevodnika s specifično prevodnostjo σ_n .

8. OSTALI POLPREVODNIŠKI ELEMENTI

Fototranzistor je fotoelektrični pretvornik, ki se uporablja za enake namene kot fotodiode, le da ima zaradi notranjih ojačevalnih lastnosti precej večjo svetlobno občutljivost.



Slika 5.5.18. Fototranzistor



Slika 5.5.19. Enospojni tranzistor

Enospojni tranzistor (UJT - UniJunction Transistor) uporabljamo kot krmiljeno stikalo, pri katerem je preklop vzbujen z napetostjo med sponkama B_1 in B_2 ali pa kot dvopol z negativno upornostjo v vezjih ojačevalnikov in generatorjev sinusnih ter impulznih signalov.

9. INTEGRIRANA VEZJA

Integrirana vezja sodijo verjetno med najpomembnejše dosežke elektronike zadnjega desetletja in so tudi med najbolj pogosto uporabljanimi elementi v elektronskih vezjih.

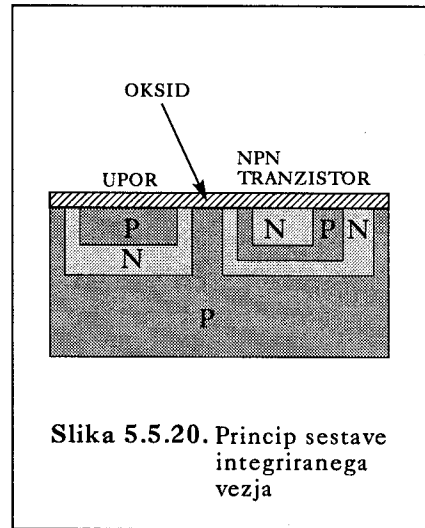
Ker so vsi tranzistorji, diode in podobni elementi narejeni iz polprevodnika, se je porodila ideja, da vse elemente, ki so potrebni za določeno vezje, skrčimo na čim manjši prostor, najenostavneje tako, da za osnovo uporabimo kar polprevodnik (substrat), na katerega potem s pomočjo mask naparevamo različno dopirane P ali N tipe polprevodnika. Na ta način lahko na izredno majhnem prostoru sestavimo izredno

kompleksirana vezja, ki lahko vsebujejo tudi do nekaj milijonov tranzistorjev in ostalih elementov.

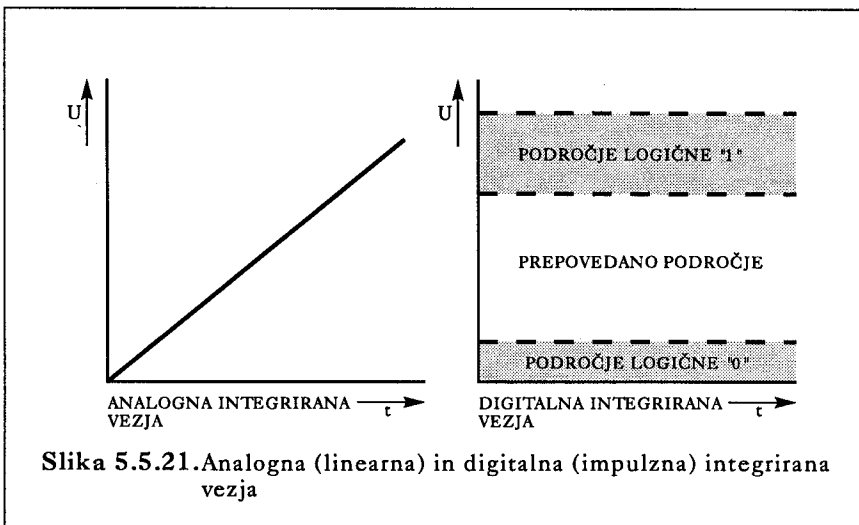
Integrirana vezja ločujemo na več različnih načinov, eden od teh je ločevanje glede na način delovanja. Obstajajo torej analogna (linearna) integrirana vezja in digitalna (impulzna) integrirana vezja.

Lastnost analognih integriranih vezij je, da izhodni signal zvezno sledi spremembam vhodnega signala. Med analogna vezja spadajo operacijski ojačevalniki, integrirani napajalniki, modulatorji, demodulatorji, oscilatorji, sprejemniki in drugo.

Digitalna integrirana vezja pa poznajo in razpoznajo le dva napetostna nivoja oziroma poznajo le dve stanji: takrat, ko je napetost prisotna, je to logična '1', ko pa napetosti ni, je to logična '0'.



Slika 5.5.20. Princip sestave integriranega vezja

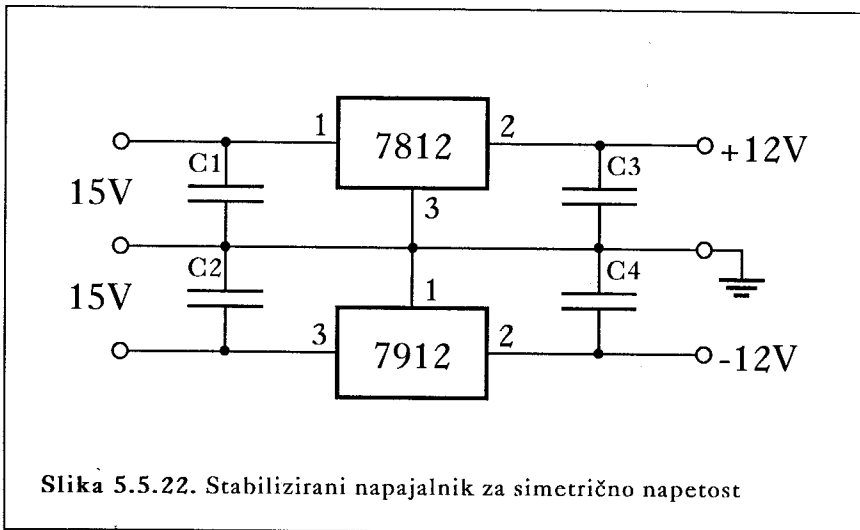


Slika 5.5.21. Analogna (linearna) in digitalna (impulzna) integrirana vezja

Uporabljamo jih v vseh mogočih napravah, od računalnikov, preko radijskih postaj, pa vse do vmesnikov za komunikacijo in ostalih pripomočkov.

10. ANALOGNA INTEGRIRANA VEZJA

Na vsakem koraku srečujemo večja in manjša integrirana vezja, ki seveda niso vsa digitalna. Vedno več analognih integriranih vezij se uporablja v napajalnikih, za krmilna vezja in samostojne napajalnike - stabilizatorje. Najbolj razširjena družina le-teh je verjetno še vedno 78xx za pozitivne napetosti in 79xx za negativne. Oznaka xx je na posameznih izvedbah nadomeščena s številko, ki pove, za katero napetost je narejeno vezje. 7812 torej pomeni, da je napetostni regulator narejen za 12V napetosti. Pomembno je tudi to, da razporedi nožic na pozitivnih in negativnih napetostnih regulatorjih niso identični. Na sliki 5.5.22 je prikazan stabilizirani napajalnik za simetrično napetost $\pm 12V$.

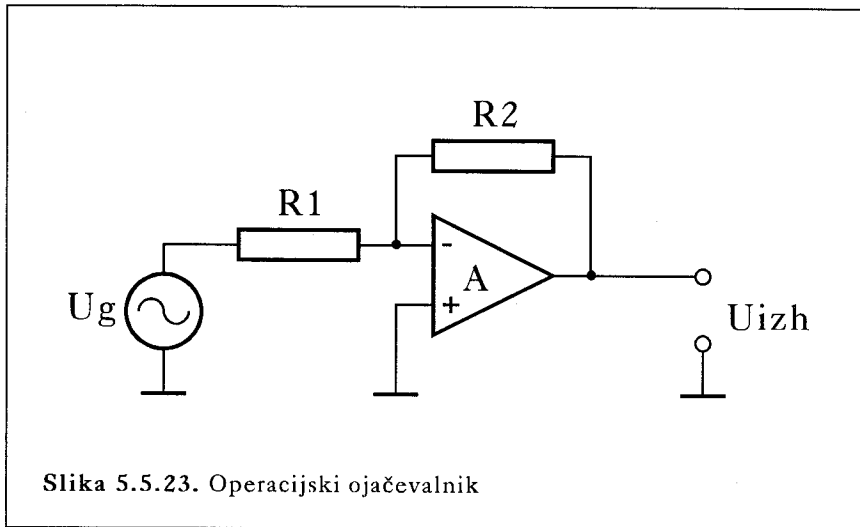


Slika 5.5.22. Stabilizirani napajalnik za simetrično napetost

Poleg omenjene družine je seveda na voljo še mnogo drugih napajalnikov: LM723, LM317, L200, LM350, LT1038 in drugi.

Drugo široko področje uporabe analognih integriranih vezij pa so ojačevalniki in kot njihova močna podskupina operacijski ojačevalniki. To so vezja, ki delujejo predvsem kot diferencialni ojačevalniki (imajo dva vhoda, ojačujejo razliko med vhodnima signaloma). Njihova lastnost je, da imajo veliko stopnjo ojačenja in nizko stopnjo šuma. Uporabljamo jih predvsem kot predojačevalnike, seveda pa so uporabni tudi kot primerjalniki različnih signalov in podobno. Najbolj znan, a že malce postaran predstavnik operacijskih ojačevalnikov, je znani $\mu A741$, ki pa

ima že neskončno število boljših naslednikov: 061, 071, TLCxxx družina, CAxxxx družina, LM386, LM387 ...



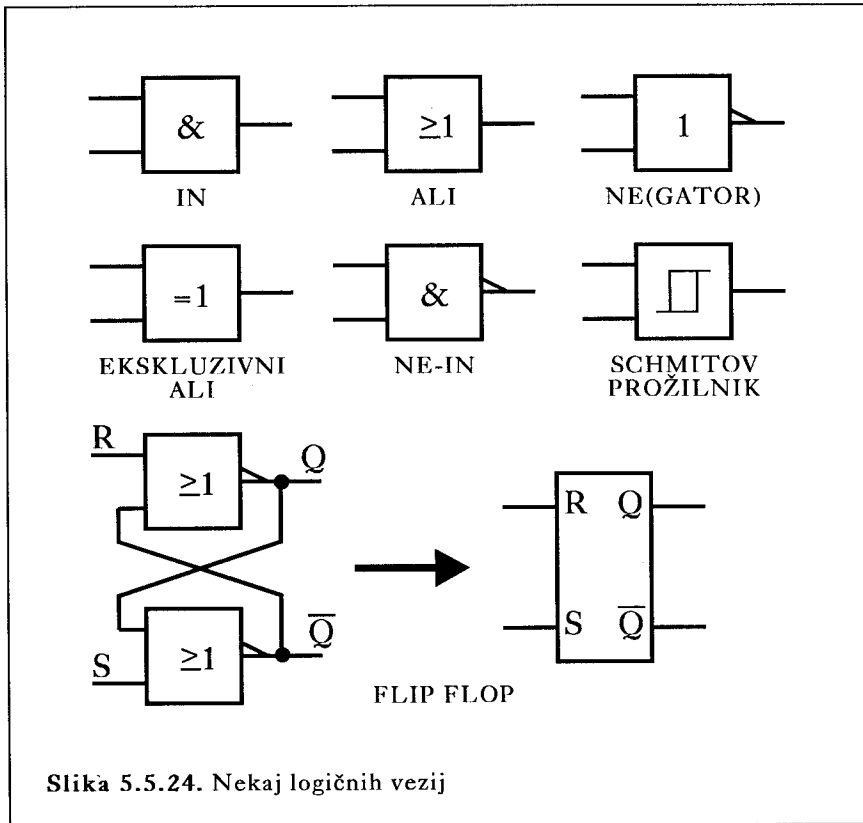
Slika 5.5.23. Operacijski ojačevalnik

11. OSNOVNA LOGIČNA VEZJA

Poglejmo si nekaj najbolj tipičnih sestavnih delov v digitalnih integriranih vezjih. To so logična vrata (IN, ALI, ekskluzivni IN, ekskluzivni ALI, NE-IN, NE-ALI), negatorji ter pomnilne celice ali flip-flopi. V uporabi so še vedno angleški izrazi, torej AND (IN), OR (ALI), XAND (ekskluzivni IN), XOR (ekskluzivni ALI), NAND (NE-IN), NOR (NE-ALI) in NOT (negator).

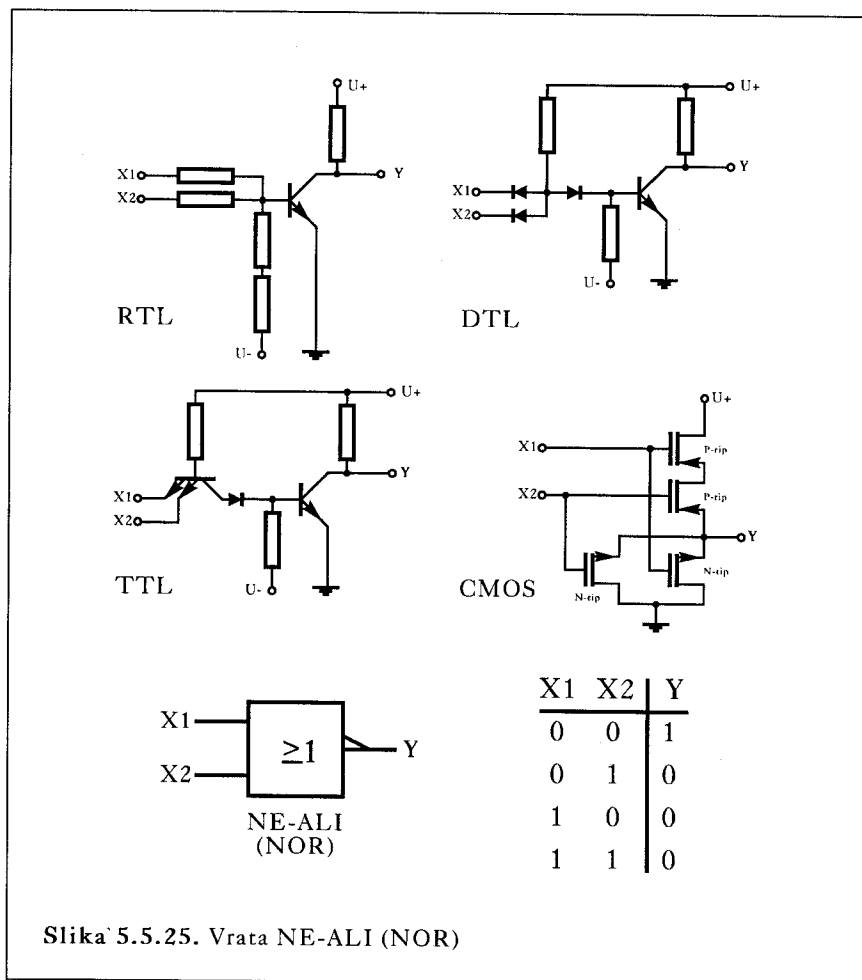
Zaradi različnih načinov izvedbe jih ločimo po družinah. Najbolj obsežni sta dve družini, TTL (Transistor-Transistor Logic) in CMOS (Complementary MOS). Obe družini se delita še na podskupine, predvsem glede na karakteristike. Tako poznamo TTL-L (TTL-Low power) z majhno porabo, TTL-S (TTL-Shottky) s hitrejšim delovanjem, TTL-LS, ki je kombinacija predhodnih dveh in je bila do nedavno med najbolj uporabljanimi TTL podskupinami, TTL-H (TTL-High speed) za velike hitrosti, TTL-AS (TTL-Advanced Shottky), TTL-ALS (TTL-Advanced Low power Shottky) in druge. Tudi CMOS družina ima svoje podskupine,

v zadnjem času pa se predvsem uporabljata dve podskupini, HC in HCT, ki sta poleg vsega zamenljivi s TTL družino (HC - High speed CMOS, HCT - High speed CMOS TTL compatible).



Za primer si pogledjmo izvedbo logičnih vrat NE-ALI (NOR) na različne načine (Slika 5.5.25). Najprej v že na pol pozabljeni RTL (Resistor Transistor Logic - Upor Transistor Logika), za tem DTL (Diode Transistor Logic - Dioda Transistor Logika), nato TTL, CMOS ter kot simbol. Priložena je tudi tablica, ki prikazuje pravilnostno tabelo za podana logična vrata.

V zadnjem času so integrirana vezja vgrajena predvsem v plastična in keramična ohišja v tako imenovan tip DIL (Dual In Line), popularno stonoge. Še vedno pa se najdejo integrirana vezja, vgrajena v kovinskih ohišjih in drugih oblikah.

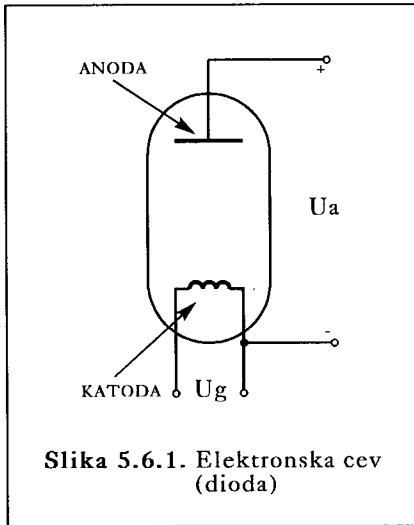


Slika 5.5.25. Vrata NE-ALI (NOR)

5.6. ELEKTRONSKE CEVI

No, preden se posvetimo nekaterim osnovnim vezjem, si na kratko oglejmo element, ki je kraljeval v radiotehniki do nedavnega, še danes pa je nepogrešljiv pri močnih radijskih oddajnikih. To je elektronska cev ali popularno elektronka.

Leta 1904, kar 44 let pred odkritjem tranzistorja, je bila skonstruirana prva elektronska cev z dvema elektrodama (dioda). Njeno delovanje je preprosto. V vakuumsko zaprtem steklenem balonu sta dve elektrodi



različnih temperatur. Žareča katoda izžareva (izpareva) elektrone, ki jih sprejema mrzla anoda. S tem je določena tudi smer toka.

Kmalu je bila sestavljena tudi prva trioda (elektronska cev s tremi elektrodami), pri kateri ima tretja elektroda obliko mrežice in je postavljena med katodo in anodo. Z njo uravnavamo pretok elektronov in s tem tudi tok. Trioda ima podobno vlogo kot tranzistor. Seveda pa obstajajo tudi elektronske cevi z več elektrodami, tetrode (4), pentode (5), heksode (6) in tudi kombinacije v istem steklenem balonu

npr. trioda in heksoda (3+6), dvojna trioda (3+3) itd.

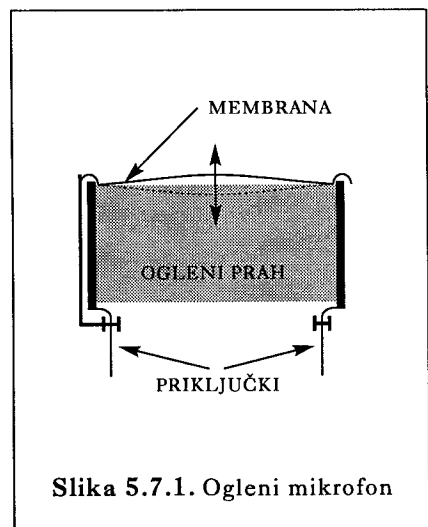
5.7. MIKROFONI IN ZVOČNIKI

1. MIKROFONI

Mikrofon je naprava za pretvorbo zvočnih nihanj zraka v električno napetost. Poznamo več vrst mikrofonov: oglene, kondenzatorske, dinamične, kristalne... Oglejmo si jih.

OGLENI MIKROFON

V prevodni posodici so drobna ogljena zrnca, preko njih pa je napeta membrana. Ko govorimo v membrano, le-ta stiska ogljena zrnca in s tem se spreminja upornost ogljene plasti. Na ta način spreminja tok, ki teče skozi mikrofon, v ritmu sprejetega glasu. Te spremembe se nato v ojačevalniku

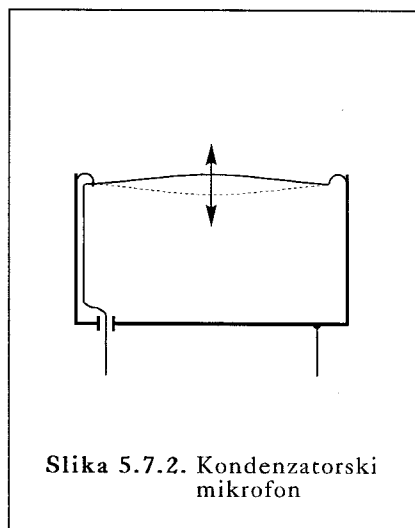


ojačujejo za kasnejšo obdelavo.

Ogleni mikrofoni so primereni za frekvenčne obsege od 300-3000 Hz (govorno območje) in imajo visokoohmski izhod ter velik šum.

KONDENZATORSKI MIKROFON

Tudi tu uporabimo prevodno posodico, nanjo pripnemo prav tako prevodno membrano, ki pa ne sme imeti električnega stika s posodico. Tako smo v bistvu sestavili kondenzator, katerega eno ploščo tvori dno posodice, drugo ploščo pa pomična membrana. Ko govorimo v membrano, ta v ritmu govora niha (proti in od dna posodice) ter na ta način spreminja razdaljo plošč, torej hkrati tudi spreminja kapaciteto kondenzatorja. Spremembe kapacitete pretvorimo v spremembe napetosti in ojačimo.

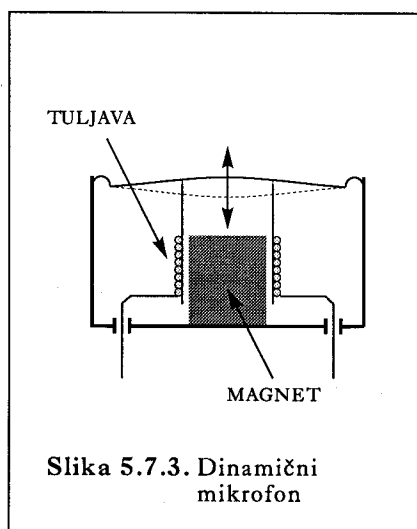


Slika 5.7.2. Kondenzatorski mikrofoni

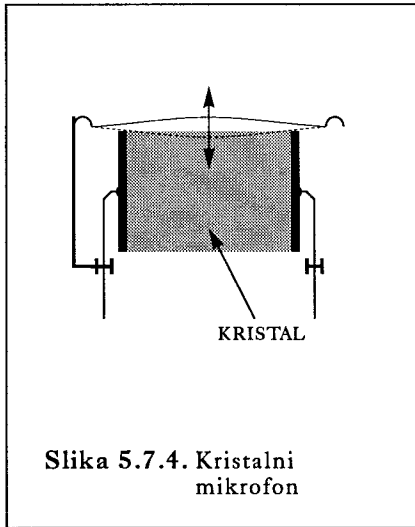
Kondenzatorski mikrofoni imajo širok frekvenčni obseg (vse tja do 50kHz); imajo visokoohmski izhod in imajo nizek šum. Uporabljajo se v prenosnih radijskih postajah, saj je tam velikost zelo pomembna, ti mikrofoni pa so lahko izredno majhni.

DINAMIČNI MIKROFON

Na membrano je pritrjena tuljavica, ki je povezana preko jedra iz trajnega magneta, pritrjenega na dno posode. Ob nihanju membrane se spreminja dolžina jedra, ki je v tuljavi, in s tem se spreminja inducirana napetost. Dinamični mikrofoni imajo izredno kvaliteto pretvorbo govornega signala v električno napetost in zadovoljiv frekvenčni spekter (50Hz - 16kHz); so nizkoohmski in imajo nizek nivo šuma.

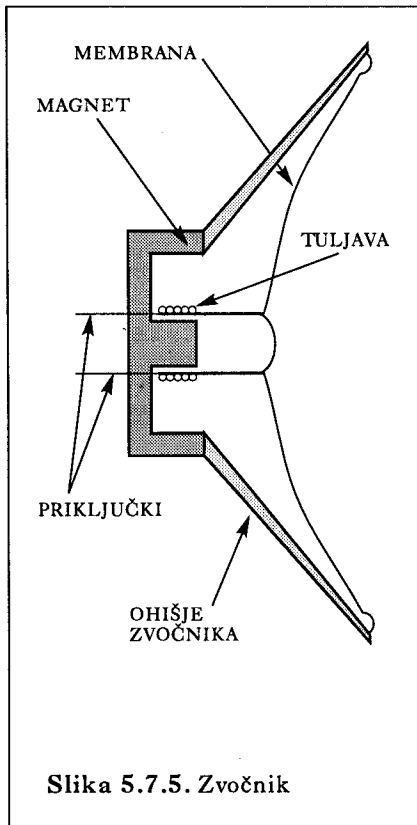


Slika 5.7.3. Dinamični mikrofoni



KRISTALNI MIKROFON

V kristalnih mikrofoni izkoriščamo piezzo efekt kristala. Med dno posode in membrano je vstavljena rezina kristala, v katerem se ob stiskanju in raztezanju generira električna napetost. Ti mikrofoni imajo zelo širok frekvenčni spekter (vse tja do nekaj 100kHz), nizek šum in srednje visoko impedanco.



2. ZVOČNIKI

Zvočnik je naprava, ki (ravno obratno od mikrofona) pretvarja električno napetost v mehansko nihanje membrane. Velika večina zvočnikov, ki so danes na tržišču (prav tako tudi vsi zvočniki v radijskih postajah), je sestavljena podobno kot dinamični mikrofون, le dosti bolj robustno.

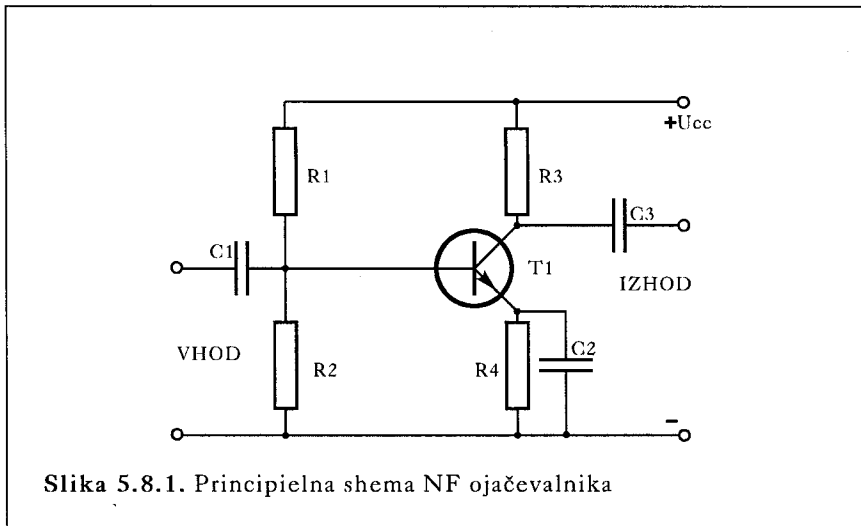
Namesto posode imamo tu močan trajen magnet, ki ima v sredini jedro, na katerega nasadimo tuljavo, ki je pritrjena na membrano. Ko tuljavi dovajamo napetost, se le-ta giblje po jedru gor in dol, s tem pa pomika membrano, ki na ta način tvori zvok.

Zvočniki imajo običajno nizko impedanco (4, 8, 16 ohmov), obstajajo pa tudi visokoohmske izvedbe. Izdelujejo jih za različne moči in frekvenčna področja.

5.8. OJAČEVALNIKI

Seveda sam nelinearni element (elektronka, tranzistor...) ne pomeni nič, če ni vgrajen v primerno elektronsko vezje. Oglejmo si dve vrsti ojačevalnikov.

1. NIZKOFREKVENČNI OJAČEVALNIK



Slika 5.8.1. Principielna shema NF ojačevalnika

Nizkofrekvenčni ojačevalnik na sliki 5.8.1 je res izredno enostaven, vendar je prikazano bistvo delovanja.

Upora R1 in R2 tvorita napetostni delilnik, ki služi za nastavitve delovne točke tranzistorja, R4 pa skupaj s C2 tvori povratno vezavo, pri čemer ima C2 vlogo blokirnega kondenzatorja, ki nam določa tudi zgornjo frekvenčno mejo (najvišjo frekvenco, ki jo ojačevalnik še normalno ojačuje) ojačevalnika. R3 je v bistvu bremenski upor, C1 in C3 pa sta ločilna kondenzatorja, ki preprečujeta vstop (C1) in izstop (C3) enosmerne napetosti. Tranzistor je NPN tip.

2. RAZREDI DELOVANJA OJAČEVALNIKOV

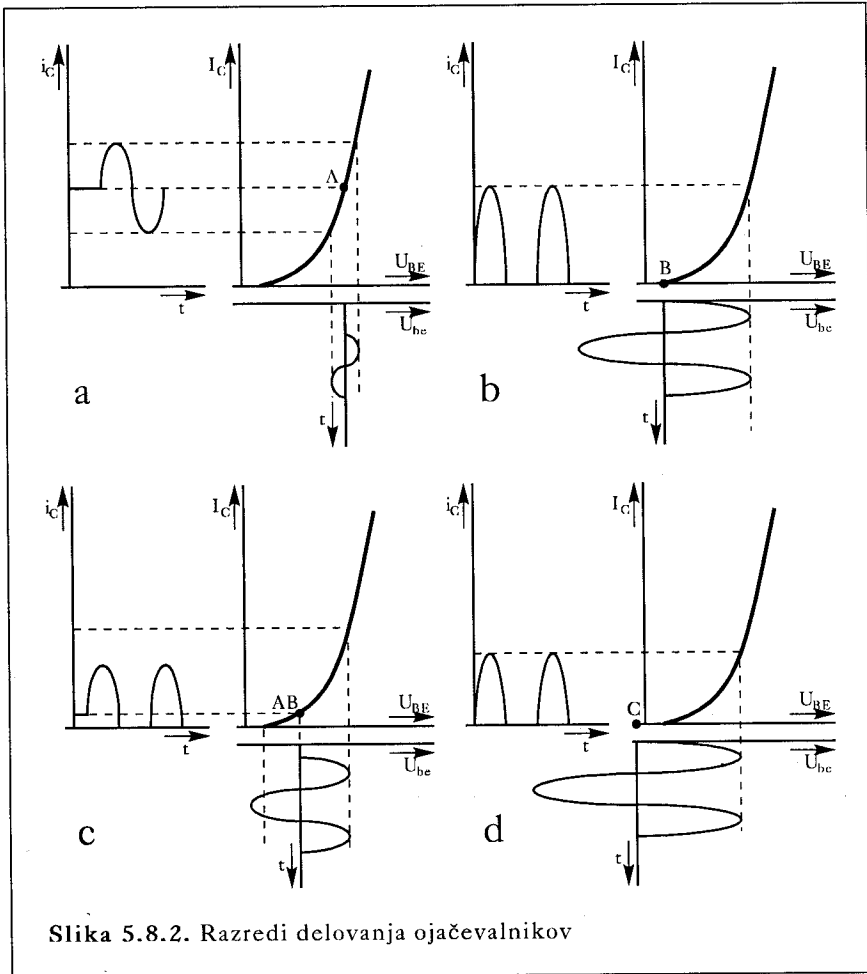
Glede na nastavitve delovne točke lahko dosežemo različno kvaliteto ojačevalnika, predvsem glede na linearnost (vernost sledenja vhodnemu signalu), prav tako glede na ojačenje toka A_I , napetosti A_U (iz tega seveda tudi ojačenje moči), kakor tudi glede na izkoristek η . Glede na postavitev delovne točke ločimo različne razrede delovanja: A, B, AB in C.

Razred A: Delovna točka v razredu A se nahaja v linearnem delu I_C / U_{BE} karakteristike, zato skozi tranzistor venomer teče enosmerni kolektorski tok ne glede na prisotnost vhodnega signala. Izkoristek je zato zelo majhen, prav tako je relativno majhna koristna moč, vendar je potrebno poudariti, da je popačenje tu najmanjše (ojačevalnik je najbolj linearen). Ojačevalniki v razredu A se torej uporabljajo za ojačevanje majhnih signalov in v VF tehniki za SSB ojačevalnike.

Razred B: Tu se delovna točka nahaja v spodnjem delu I_C / U_{BE} karakteristike, običajno v točki, kjer preneha teči kolektorski tok (ko ni signala na vhodu, tok ne teče). Zato je izkoristek tu dosti večji kot v razredu A, prav tako koristna moč. Žal so tu popačenja izredno velika, kar je največja pomankljivost tega razreda. Zaradi opisanih prednosti pa se razred B uporablja v ojačevalnikih moči.

Razred AB: Zaradi zakrivljenosti karakteristike I_C / U_{BE} v njenem spodnjem delu se popačenju ne moremo izogniti, zato se delovna točka postavlja v vmesen položaj za razred AB. Tu kljub vsemu majhen kolektorski tok venomer teče, zato je izkoristek malce manjši od razreda B, vendar pa smo pridobili na linearnosti, saj se popačenje drastično zmanjša. Ta razred se zato največkrat uporablja tako za ojačevanje napetosti, kakor tudi za ojačevanje moči.

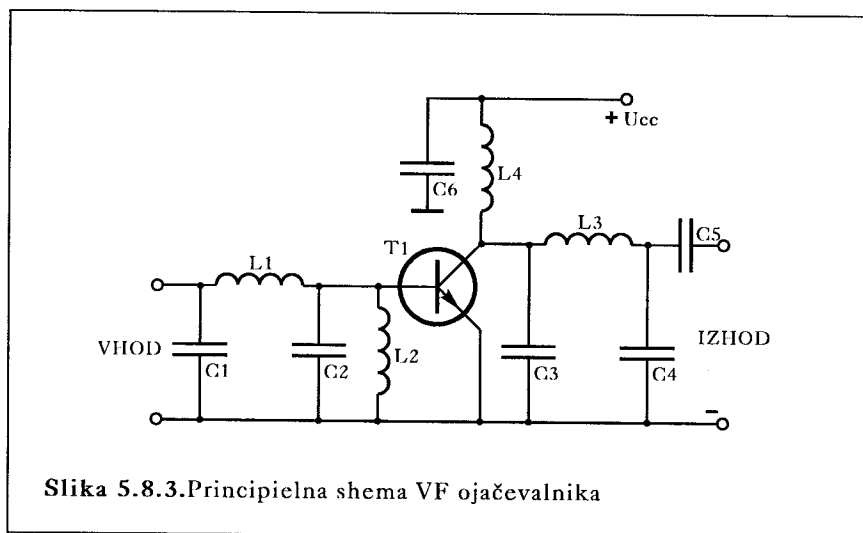
Razred C: Delovna točka v razredu C se nahaja v zapornem področju tranzistorja, zato tok skozi tranzistor teče samo v vrhovih period vhodnega signala. Izkoristek in ojačanje sta izjemna, vendar pa je popačenje prav tako največje. Razred C je primeren za ojačevanje konstantnih signalov, predvsem v VF tehniki, v NF vezjih pa ni uporaben.



3. VISOKOFREKVENČNI OJAČEVALNIK

Visokofrekvenčni ojačevalnik (Slika 5.8.3) je opremljen še z nekaterimi elementi, ki pri nizkofrekvenčnem niso potrebni. Tu so uporabljene tuljavnice in kondenzatorji za dušenje neželenih višjih harmonskih komponent signala.

Ojačevalnik na sliki deluje v razredu C, torej je primeren za ojačevanje FM in CW signalov, kjer se amplituda signala ne spreminja.



Na vходу tvorijo L1, C1 in C2 vhodni π filter (sito), prav tako pa L3, C3 in C4 tvorijo izhodno π pasovno sito. C6 je blokirni kondenzator, ki preprečuje visokofrekvenčnim signalom vpliv na napajalno napetost, prav tako pa C5 preprečuje enosmerni napajalni napetosti napredovanje v naslednjo stopnjo.

Pri ojačevalnikih omenimo še problem sproščanja odvečne moči v obliki toplote. Zaradi gretja tranzistorjev lahko zelo hitro pride do okvar le teh, zato moramo odvečno toploto odvajati v okolico. To najlažje storimo s pomočjo hladilnih teles, največkrat v obliki rebrastih teles iz aluminija. Aluminij je dober prevodnik toplote, narebrenost pa poveča koristno površino takšnega hladila. Pri montaži tranzistorja na hladilno rebro moramo tudi paziti, da je mehanski stik čim boljši, da na stiku ni zračnih mehurčkov in podobno. Zato dajemo na take stike posebno pasto, ki izredno dobro prevaja toploto.

5.9. NAPAVALNIKI

Večina radijskih postaj, ki jih danes uporabljajo radioamaterji, ima predvideno napajalno napetost okoli 12V. To seveda pomeni, da jih ne moremo kar direktno priključiti na električno omrežje 220V, saj poleg nižje napetosti potrebujemo enosmerno in ne izmenično napetost.

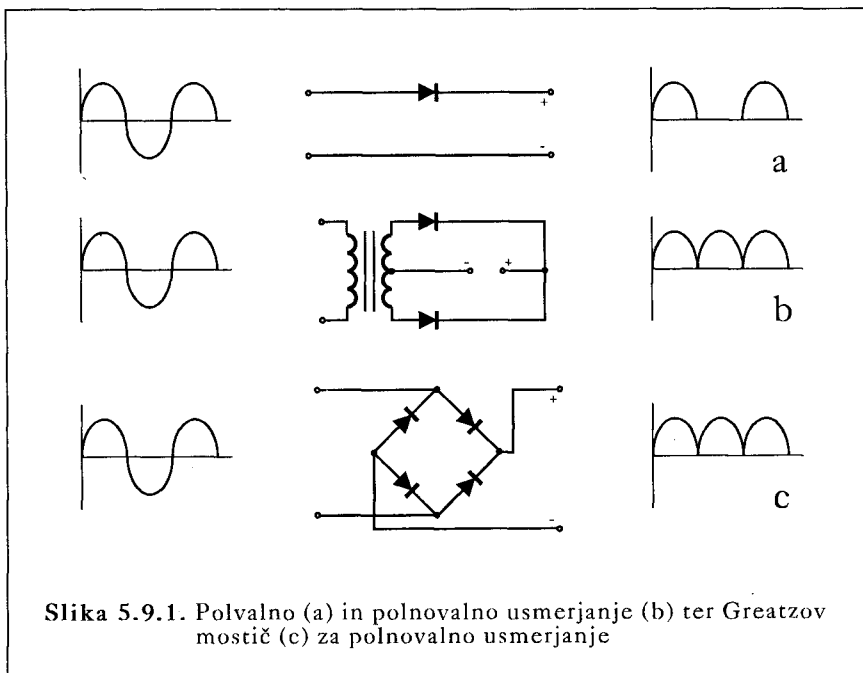
Potrebujemo torej vezje, ki nam bo napetost 220V znižalo na 12V, poleg tega pa nam bo izmenično napetost spremenilo v enosmerno.

Napajalniki za radijske postaje in drugo radioamatersko opremo vsebujejo nekaj delov, ki so potrebni za pravilno in predvsem kvalitetno delovanje. To so transformator, usmernik, gladilnik, stabilizator in zaščita. Oglejmo si jih po vrsti.

1. USMERNIK

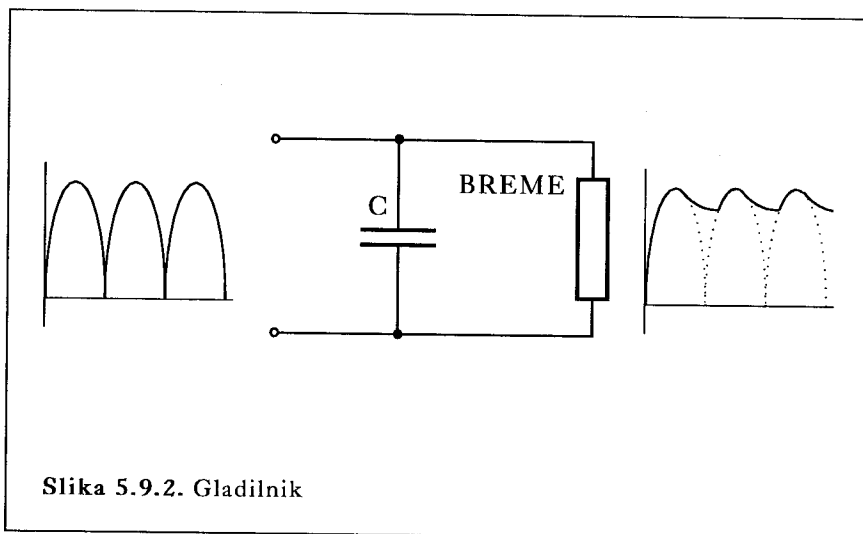
Ker smo o transformatorju in njegovem delovanju že govorili, takoj preidimo k usmerniku. Naloga usmernika je izmenično napetost spremeniti v enosmerno. Poznamo dve vrsti usmerjanja: polvalno in polnovalno.

Polnovalni usmerniki so dosti bolj pogosti, saj imajo precej večji izkoristek, za izdelavo pa niso zahtevni. Za usmernik potrebujemo eno ali več diod. Polnovalni usmernik s štirimi diodami na sliki 5.9.1 se z drugimi besedami imenuje tudi Graetzov spoj ali Graetzov mostič, poznamo pa tudi druge vezave za polnovalno usmerjanje.



2. GLADILNIK

Iz usmernika resda dobimo enosmerno napetost, ki pa je še zelo neenakomerna, zato potrebujemo gladilnik, ki vsaj malo zgladi napetostna nihanja. Najenostavnejši gladilnik je kar kondenzator, seveda s čim večjo kapaciteto, da lahko vskladišči dovolj energije, ki jo oddaja med dvema polperiodama. Običajno se za to uporabijo elektrolitski kondenzatorji.

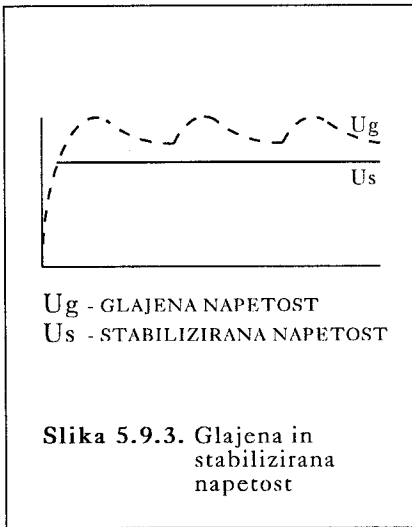


Seveda lahko namesto kondenzatorja uporabimo tudi druge elemente: tuljavo, LC člen, PI (π) filter (sito) idr.

3. STABILIZATOR

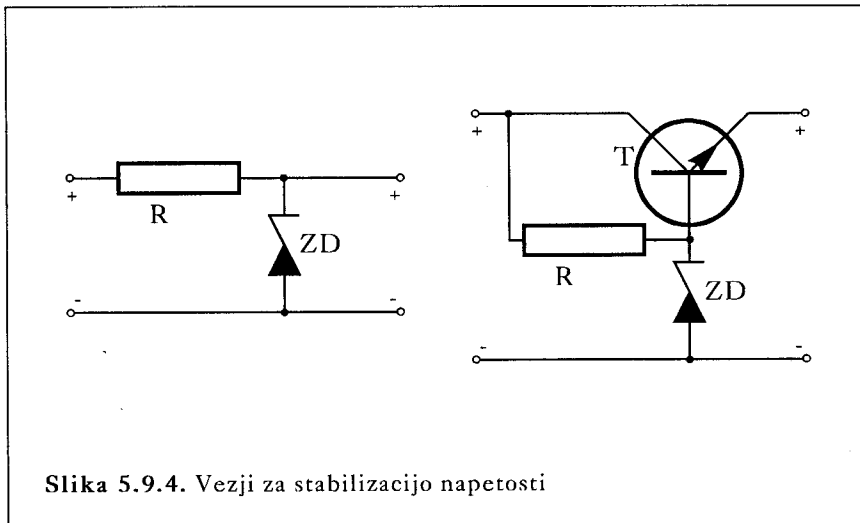
Kljub vsemu naštetemu na izhodu napajalnika še vedno nimamo povsem enosmerne napetosti, saj le-ta opleta okoli srednje vrednosti. Zato potrebujemo vezje, ki nam napetost spusti na določen nivo tako, da ne opleta več.

Najbolj enostavno vezje za stabilizacijo je zener dioda, pri kateri izkoriščamo efekt prebojne napetosti. Višek napetosti povzroči padec napetosti na uporniku R. Seveda pa sama zener dioda pri večjem toku ni dovolj. Takrat uporabimo še dodatni tranzistor, katerega naloga je razbremeniti zener diodo.



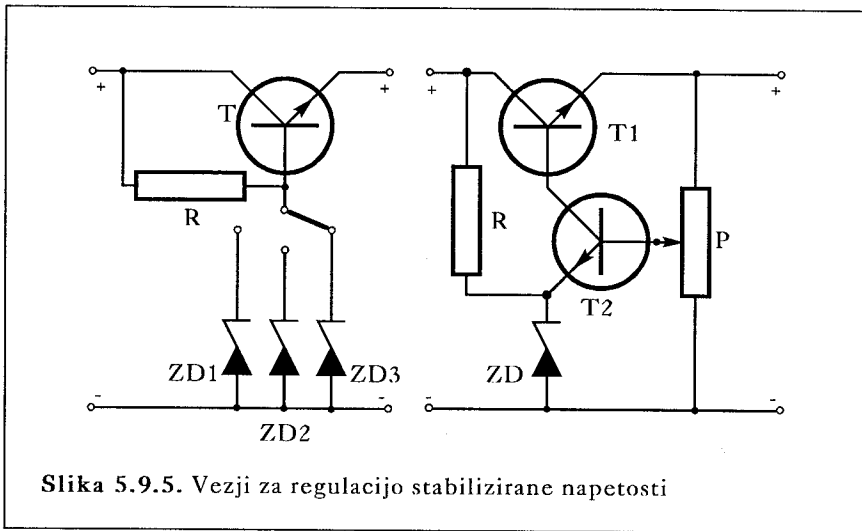
Za stabilizacijo lahko namesto tranzistorjev uporabimo tudi integrirana vezja, namenjena ravno tem potrebam. Najbolj znana družina stabilizatorskih integriranih vezij so 78xx za pozitivne napetosti in 79xx za negativne napetosti, pri čemer 'xx' pomeni stabilizacijsko napetost (7812 je torej namenjen za stabilizacijo pri 12V). Poznamo še druga integrirana vezja (npr. LM317, LM723), stabilizacija manjših tokov do nekaj miliamperov pa je mogoča tudi z operacijskimi ojačevalniki (npr. 741).

Pri stabilizaciji omenimo še možnost regulacije izhodne napetosti, ki jo lahko



izvedemo stopenjsko z običajnim preklopnikom, s katerim preklapljam različne zener diode, ali pa zvezno s pomočjo potenciometra (Slika 5.9.5).

Kljub temu da je izvedba s preklopnikom enostavnejša, je zvezno spreminjanje napetosti uporabnejše v radioamaterski delavnici. Največkrat se namreč zgodi, da potrebujemo napetost, ki je pri napajalniku s preklopnikom ne moremo izbrati.



Slika 5.9.5. Vezji za regulacijo stabilizirane napetosti

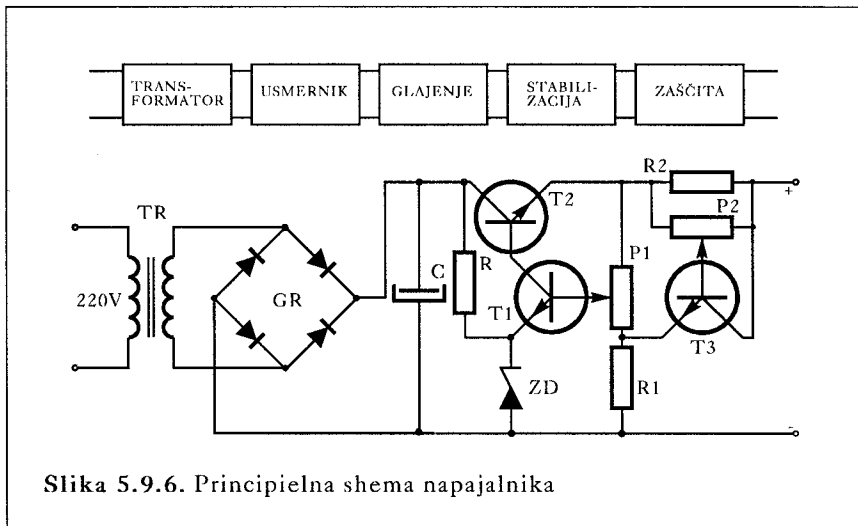
4. ZAŠČITA

Pomembno je, da napajalnika ne preobremenimo, saj lahko uničimo sestavne dele, kar pa ni poceni. Dosti bolj enostavno je dodati vezje za zaščito pred prevelikim tokom, torej pred kratkim stikom (tranzistor T3 na sliki 5.9.6). Zaznati mora prevelik tok na uporniku R2 (nivo nastavimo s potenciometrom P2) in takoj omejiti tok, ki ga napajalnik posreduje na izhodne sponke.

Druga vrsta zaščite je (pre)napetostna zaščita. Le-ta skrbi za pravilno vrednost napetosti na izhodnih sponkah. Nastavljena je na določeno dovoljeno območje napetosti, saj je težko venomer vzdrževati konstantno vrednost napetosti. Če izhodna napetost prekorači zgornjo mejo, zaščita poskuša zmanjšati izhodno napetost, če pa ji to ne uspe, zniža izhodno napetost na nič.

5. IZVEDBA NAPAJALNIKA

Praktična izvedba napajalnika, ki ima vgrajene vse omenjene sestavne dele, je prikazana na sliki 5.9.6.



Slika 5.9.6. Principielna shema napajalnika

Na zgornjem delu slike je prikazana blok - shema napajalnika, pod njo pa električni načrt: oboje skupaj tvori lep pregled poteka obdelave napetosti od izmenične omrežne napetosti, preko transformacije na nižje vrednosti, glajenja s kondenzatorjem, stabilizacije z zener diodo (ob pomoči tranzistorjev je izvedena tudi regulacija napetosti), do končne tokovne zaščite celotnega napajalnika. Na izhodu napajalnika tako dobimo enosmerno, stabilizirano in dobro glajeno napetost.

Seveda je prikazani napajalnik le ena od naštetih možnosti, vendar pa je njegova lastnost, da je pregleden, enostaven in da deluje tako kot od dobrega napajalnika pričakujemo. Pri gradnji napajalnika ne pozabimo na hlajenje tranzistorjev, saj lahko pregrevanje privede do poškodb in s tem do uničenja elementov.

6. RADIOTEHNIKA

6.1. RADIJSKI VALOVI IN PRENOS INFORMACIJ

Želja po prenosu sporočil na daljavo je stara skoraj toliko kot človeštvo. Človek lahko s pomočjo svojih naravnih danosti prenaša sporočila le na kratke razdalje. Tako največjo razdaljo med govorcem in poslušalcem določata glasnost in kvaliteta govora govorca, slušna sposobnost poslušalca ter motnje okolice (na primer zavijanje vetra). Razdaljo (domet) so najprej povečali z uporabo posrednikov, za kar so uporabljali najrazličnejše možnosti: od posebej za to izurjenih ljudi - slov, ki so peš ali s konji prenašali govorna ali pisna sporočila, do poštnih golobov. Slabosti takšnega prenašanja sporočil sta bili predvsem počasnost in nezanesljivost (sel je lahko do cilja potoval več dni ali tednov, na poti so ga lahko ujeli roparji ipd.). Določena sporočila pa so morala prispeti do cilja kar se da hitro in zato so si ljudje izmislili tudi druge načine sporazumevanja na daljavo: ko so Turki ropali po deželi, so ljudje na vrhovih gora prižigali kresove in s tem prenašali sporočilo o bližajoči se nevarnosti. Indijanci so napravili korak naprej in so s pošiljanjem dimnih signalov znali sporočiti tudi vrsto nevarnosti, saj so informacijo o tem spravili v ustrezno obliko in zaporedje dimnih signalov. Informacijo so torej znali na ustrezen način kodirati. Na drugi strani pa je zato moral biti izurjen Indijanec, ki je poznal pomen dimnih signalov in je tako uspel signale dekodirati - izluščiti iz njih informacijo (sporočilo). Iz tega zadnjega primera si je važno zapomniti, kar velja za vse signale (tudi električne), in sicer, da so **SIGNALI NOSILCI INFORMACIJ!**

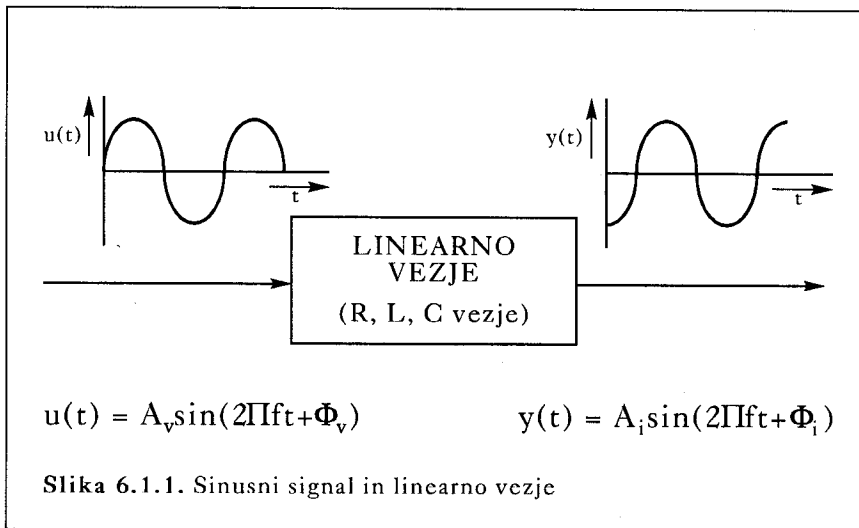
Takšnih in podobnih načinov sporazumevanja je bilo v zgodovini zelo veliko, vendar se je pravi razvoj tehnike prenašanja sporočil na daljavo (razvoj telekomunikacij) začel z odkritjem elektrike in še posebej z odkritjem elektromagnetnega valovanja. Elektromagnetno valovanje se širi po praznem prostoru s svetlobno hitrostjo, z ustrežno izbiro frekvence valovanja pa omogoča prenos velike količine informacij na velike razdalje. Elektromagnetno valovanje je torej res dober "posrednik" za prenos informacij. Da lahko elektromagnetno valovanje uporabimo za te namene, potrebujemo napravo, ki ga ustvari in "opremi" z informacijo, ter napravo, ki valovanje zaznava in iz njega informacijo izlušči. Nekaj

teh naprav ter osnovnih principov delovanja le-teh bomo obravnavali v tem poglavju. Posebej si bomo ogledali nekaj postopkov, kako "opremiti" elektromagnetno valovanje določene frekvence z informacijo. Omejili se bomo na radijske valove. Radijski val določene frekvence, ki "nosi" informacijo, bomo imenovali NOSILNI VAL oziroma NOSILNI SIGNAL ali NOSILEC, postopek, s katerim nosilni signal opremimo z informacijo, pa bomo imenovali MODULACIJA.

Najprej pa nekaj o signalih.

1. SIGNALI

Za uporabo v elektrotehniki so zelo primerni signali sinusne oblike. Sinusni signal se pri prehodu skozi električno vezje, ki vsebuje pasivne elemente (R,L,C) - linearno vezje, po obliki ne spremeni. Še vedno je sinusne oblike, spremenita pa se lahko njegova amplituda in faza (Slika 6.1.1.).



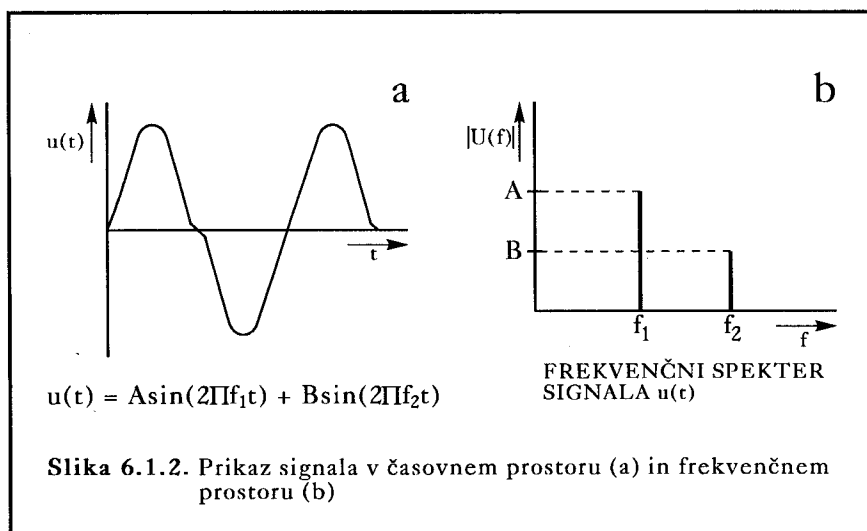
Poleg tega lahko signale drugih oblik (pravokotne, trikotne...) vedno zapišemo kot vsoto sinusnih signalov različnih amplitud in frekvenc. Slika 6.1.2.a. prikazuje signal $u(t)$, ki je vsota dveh sinusnih signalov različnih frekvenc in amplitud. Če signal narišemo tako, da na vodoravno

os nanašamo čas t , na navpično os pa vrednost funkcije $u(t)$, vidimo, kako se naš signal $u(t)$ s časom spreminja. Pravimo tudi, da smo signal prikazali v časovnem prostoru.

Pogosto pa nas zanima, katere frekvence naš signal vsebuje. V našem primeru s slike 6.1.2.a. sta to dve frekvenci: f_1 in f_2 ($f_2 = 2 \cdot f_1$). Tudi te lahko podamo v obliki diagrama, s tem, da zdaj na vodoravno os nanašamo frekvenco, na navpično os pa na primer amplitudo sinusoide pri dani frekvenci. Tako smo narisali FREKVENČNI SPEKTER našega signala. Pravimo tudi, da smo signal prikazali v frekvenčnem prostoru (Slika 6.1.2.b).

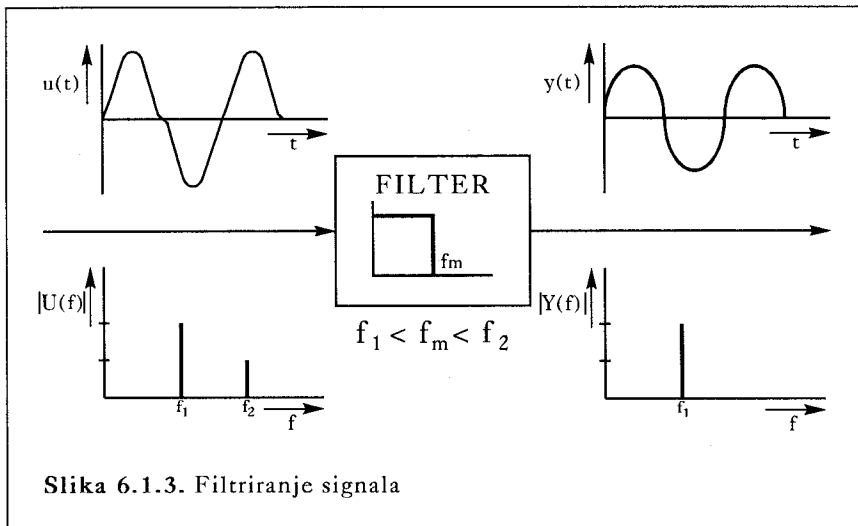
Signal torej lahko obravnavamo kot vsoto posameznih frekvenčnih komponent. Komponento pri frekvenci f_1 imenujemo osnovno harmonsko komponento, komponento pri f_2 pa prvo harmonsko komponento.

Sedaj si bomo pogledali nekaj operacij nad signali, ki so osnova za delovanje radijskih sprejemnikov in oddajnikov.



Če želimo iz signala izločiti določene frekvence (določene frekvenčne komponente) ali pa kar določen frekvenčni pas, potem moramo signal **FILTRIRATI** (signal pošljemo skozi **FILTER**).

Slika 6.1.3 prikazuje naš signal $u(t)$, ki ga pošljemo skozi nizkoprepustni filter, ki ima mejno frekvenco višjo od f_1 in nižjo od f_2 . Skozi filter lahko torej pride samo frekvenčna komponenta pri frekvenci f_1 .

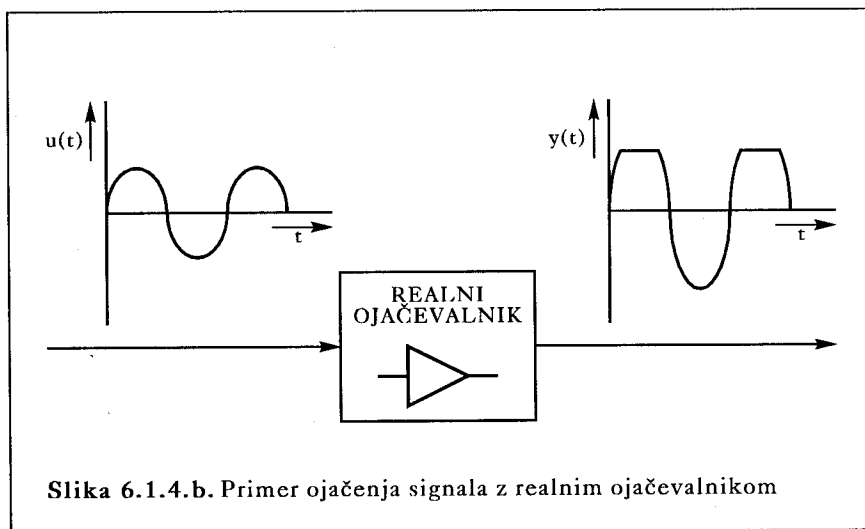
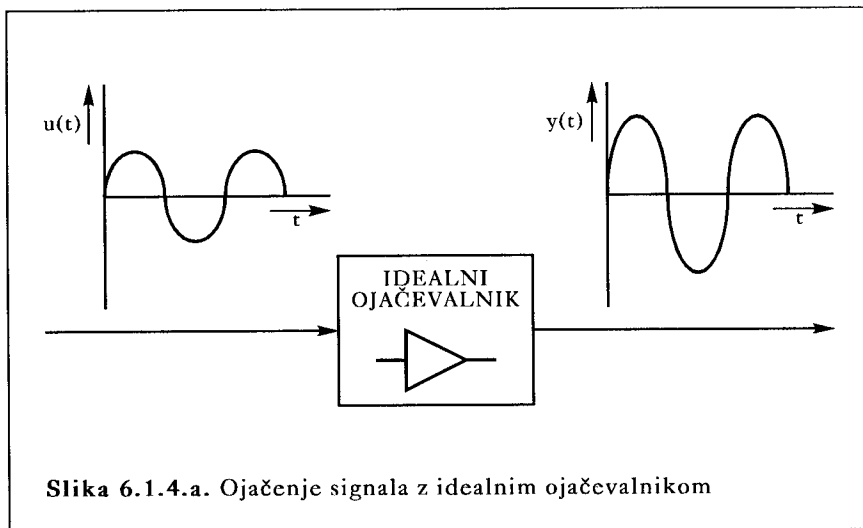


Slika 6.1.3. Filtriranje signala

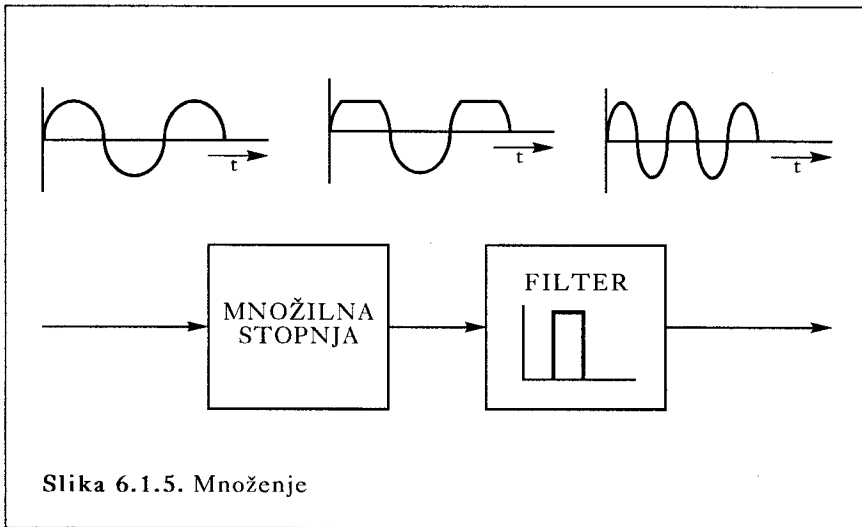
Poleg tega, da s filtrom izločimo določene frekvence iz signala, vplivamo s tem še na fazo signala. Signal, ki pride iz filtra, je fazno premaknjen glede na signal pred filtrom. Vsak filter povzroči fazni zasuk!

Signalu želimo pogosto spremeniti amplitudo; lahko ga OJAČIMO ali pa OSLABIMO. Napravo, ki signale ojačuje, imenujemo OJAČEVALNIK, napravo, ki signale slabi, pa SLABILNIK ali s tujko atenuator. Ojačevalniki so sestavljeni iz nelinearnih elementov (tranzistorjev, elektro-nskih cevi...), slabilniki pa so navadno vezja sestavljena iz uporov. Ker so ojačevalniki sestavljeni iz nelinearnih elementov, so to v splošnem nelinearna vezja in zato lahko pričakujemo, da oblika izhodnega signala ne bo povsem enaka obliki vhodnega signala oziroma da bo izhodni signal poleg osnovne harmonske komponente vseboval še višje harmonske komponente (Sliki 6.1.4.a. in 6.1.4.b.). To je slabost ojačevalnikov, saj pri ojačenju navadno želimo dobiti na izhodu signal enake oblike, kot ga imamo na vhodu ojačevalnika. Poznamo nekaj razredov delovanja ojačevalnikov (A, AB, B, C). Izhodni signal najbolj verno sledi vhodnemu signalu, če ojačevalnik deluje v razredu A, najbolj pa je popačen, če ojačevalnik deluje v razredu C.

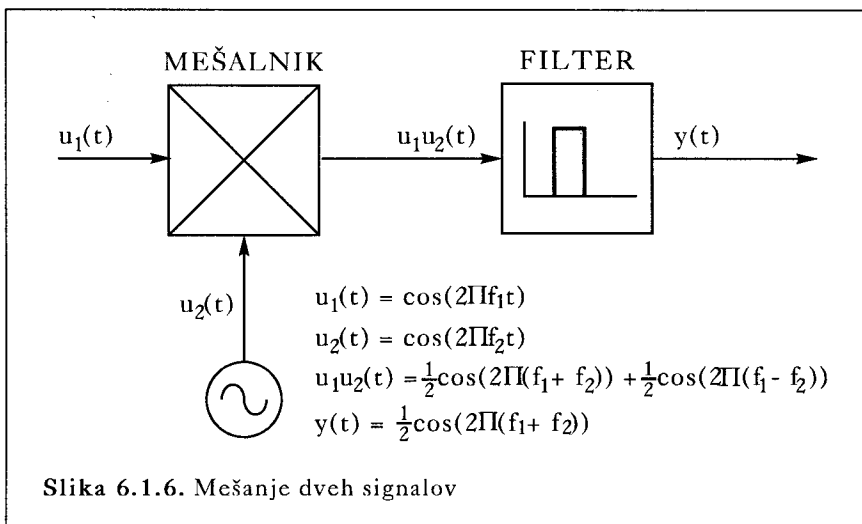
Lastnost ojačevalnikov, da popačijo signal (kar pomeni, da signal vsebuje višje harmonske komponente), pa nam pride prav pri tako



imenovanem MNOŽENJU frekvenc. Denimo, da imamo signal neke frekvence, radi pa bi dobili signal dvakrat višje frekvence. Signal pošljemo skozi MNOŽILNO STOPNJO, ki ni nič drugega kot ojačevalnik, ki deluje v razredu C (Slika 6.1.5). Na izhodu množilne stopnje dobimo poleg osnovne še višje harmonske komponente in z ustreznim filtrom izločimo želeno harmonsko komponento. V našem primeru je to prva harmonska komponenta (dvakrat višja frekvenca vhodnega signala).



Zelo pomembna operacija je MEŠANJE dveh signalov različnih frekvenc. Denimo, da v MEŠALNIK (konverter) pripeljemo signal s frekvenco f_1 ter signal s frekvenco f_2 . Na izhodu mešalnika dobimo zagotovo signal frekvence $f_1 + f_2$ (mešanje navzgor) ter signal frekvence $f_1 - f_2$ (mešanje navzdol). Z ustreznim filtrom nato izločimo želen signal. Slika 6.1.6 prikazuje mešanje moduliranega signala $u_1(t)$ s signalom $u_2(t)$. Idealni mešalnik je v bistvu množilnik in tako dobimo na izhodu produkt signalov $u_1(t)$ in $u_2(t)$. Ta produkt je signal, ki je sestavljen iz



dveh signalov: prvi signal ima frekvenco $f_1 - f_2$, drugi pa ima frekvenco $f_1 + f_2$. Če na primer mešamo signal frekvence 576 MHz s signalom frekvence 144 MHz, dobimo na izhodu signal frekvence 432 MHz in signal frekvence 720 MHz. Če bi radi dobili samo signal s frekvenco 432 MHz, pošljemo izhodni signal iz mešalnika skozi filter, ki prepušča signal želene frekvence, signala frekvence 720 MHz pa ne prepušča.

2. MODULACIJA

Že v uvodu smo poudarili, da so signali nosilci informacij. Na splošno signali niso prilagojeni na komunikacijski kanal. Frekvenčni spekter govora na primer obsega območje od 300 Hz do 3400 Hz. Če izberemo za komunikacijski kanal telefonsko žico, potem lahko pretvorjeni govor v električni signal direktno prenašamo preko tega komunikacijskega kanala, ne moremo pa ga direktno prenašati preko radijskega kanala, saj so za razširjanje po prostoru primerni le signali visokih frekvenc (dosti višjih od 3400 Hz). V tem primeru moramo našo informacijo (nizkofrekvenčni signal) "vtisniti" v visokofrekvenčni nosilni val (nosilec). Pravimo, da nosilec moduliramo z informacijskim signalom. Ta postopek imenujemo MODULACIJA. Seveda moramo zato na sprejemni strani izvesti obratno operacijo (izluščiti informacijo iz nosilca), kar imenujemo DEMODULACIJA.

Nosilci so pogosto signali sinusne oblike:

$$u(t) = A \cos(2\pi ft + \phi)$$

f - frekvenca	ϕ - faza
A - amplituda	t - čas

Za prenos informacije spreminjamo enega od parametrov nosilnega signala linearno z informacijo. Če kot spreminjajoči parameter vzamemo amplitudo nosilnega signala, potem govorimo o AMPLITUDNI modulaciji, če spreminjamo frekvenco, govorimo o FREKVENČNI modulaciji in če spreminjamo fazo, govorimo o FAZNI modulaciji.

Preden se posvetimo različnim modulacijam, si pogledjmo pojem PASOVNA ŠIRINA, ki predstavlja bistveno omejitev hitrosti prenosa informacij. Če se signal s časom hitro spreminja, potem ima širok frekvenčni spekter oziroma zahteva veliko pasovno širino. Govorni signal na primer zahteva okoli 3 kHz pasovne širine, TV video signal pa zahteva pasovno širino nekaj MHz! Tudi komunikacijske naprave (na

primer radijski sprejemniki, oddajniki) imajo določeno pasovno širino, saj vsebujejo elemente, ki shranjujejo energijo (kondenzatorje, tuljave), shranjena energija pa se ne more poljubno hitro spreminjati. (Pasovna širina realnega vzporednega nihajnega kroga, ki ima Q - faktor od 10 do 100, se giblje od 1 do 10% okrog resonančne frekvence.) Pasovna širina in frekvenca nosilca sta zato tesno povezani. Velja pravilo, da naj bo razmerje pasovna širina proti frekvenci nosilca manjše od 0.1 in večje od 0.01:

$$0.01 < \frac{B}{f_c} < 0.1$$

B - pasovna širina
 f_c - frekvenca nosilca

Iz te enačbe vidimo, da informacijski signali z veliko pasovno širino zahtevajo visoko frekvenco nosilnega signala. Amaterskih TV signalov ne moremo oddajati na kratkem valu, saj tam nimamo na razpolago dovolj pasovne širine.

Omenimo še, da je poleg pasovne širine bistvena omejitev prenosa informacij preko komunikacijskega sistema še ŠUM, ki se mu nikakor ne moremo izogniti. Moč šuma navadno merimo relativno glede na informacijski signal - definiramo razmerje signal-šum (S/N = signal/noise power ratio). Več bomo o šumu povedali pri obravnavi radijskih sprejemnikov.

Omenimo samo še to, da hitrost prenosa informacij ne more presežati kapacitete komunikacijskega kanala, ki je podana z enačbo:

C - kapaciteta kanala

$$C = B \log\left(1 + \frac{S}{N}\right)$$

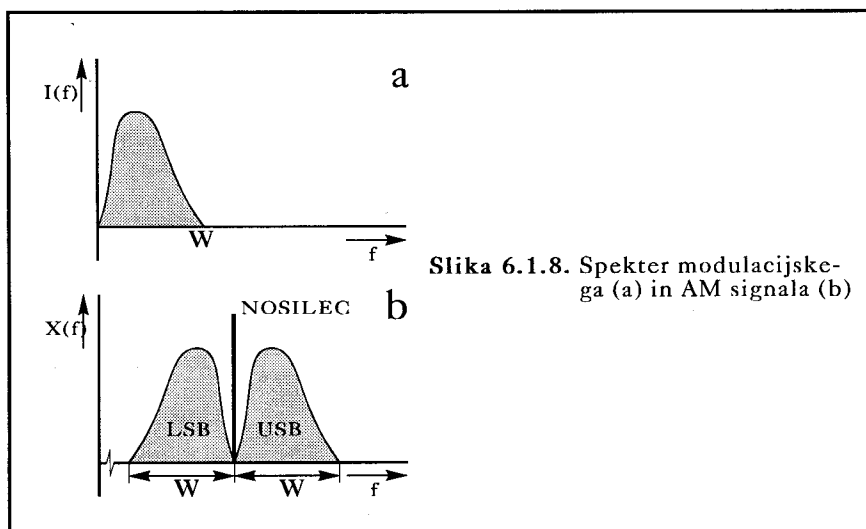
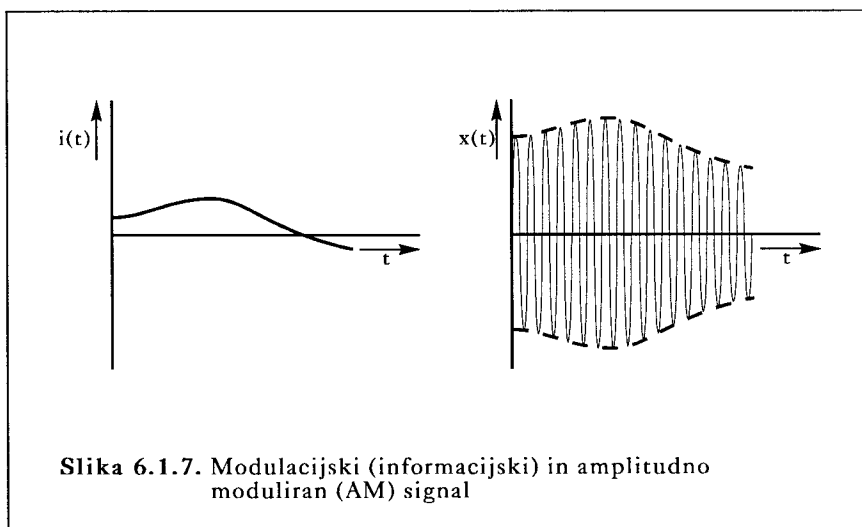
B - pasovna širina

$\frac{S}{N}$ - razmerje signal - šum

Ta relacija predstavlja zgornjo mejo zmogljivosti komunikacijskega sistema z dano pasovno širino in danim razmerjem signal-šum.

AMPLITUDNA MODULACIJA (AM)

Kot nosilec uporabimo sinusni signal. Bistvo AM je, da ima ovojnica moduliranega nosilca enako obliko kot informacija, ki jo prenašamo - spreminjamo torej amplitudo nosilca glede na informacijski signal. Modulacijski (informacijski) signal $i(t)$ in modulirani signal $x(t)$ prikazuje slika 6.1.7.



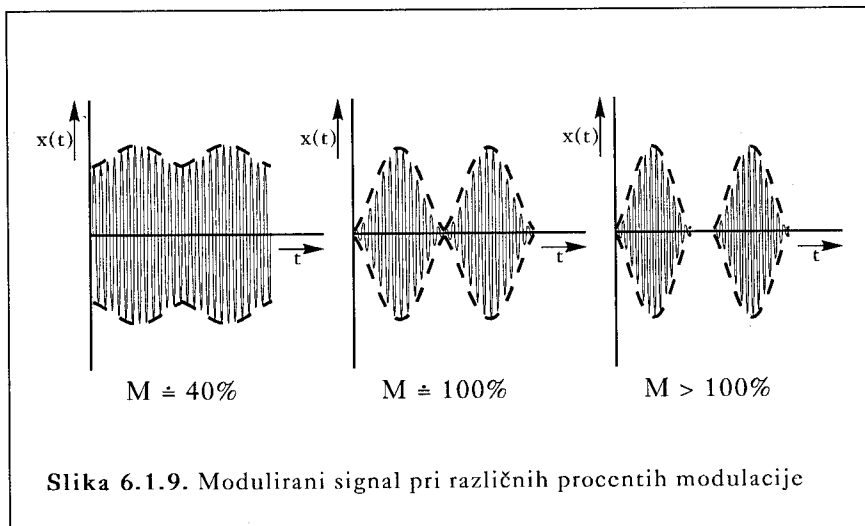
$I(f)$ naj bo frekvenčni spekter modulacijskega signala $i(t)$. Najvišjo frekvenco, ki jo vsebuje signal $i(t)$, označimo z W . Frekvenčni spekter AM signala pa označimo z $X(f)$. Na sliki 6.1.8.a. je prikazan spekter modulacijskega signala, na sliki 6.1.8.b. pa je prikazan spekter AM signala. Vidimo, da je spekter AM signala sestavljen iz frekvenčne komponente nosilca ter iz dveh simetričnih bočnih pasov (spodnji bočni pas = Lower-SideBand, zgornji bočni pas = Upper-SideBand). Pasovna širina AM signala je torej enaka dvakratni pasovni širini modulacijskega signala:

$$B = 2 \cdot W$$

Pri AM podajamo modulacijski indeks (m), ki predstavlja stopnjo, s katero informacijski signal modulira nosilec oziroma procent modulacije (M), ki je v procentih izražen modulacijski indeks:

$$m = \frac{\text{maksimalna vrednost modulacijskega signala}}{\text{maksimalna vrednost nosilca}} \quad M = m \cdot 100 [\%]$$

Slika 6.1.9 prikazuje modulirani signal pri različnih procentih modulacije.

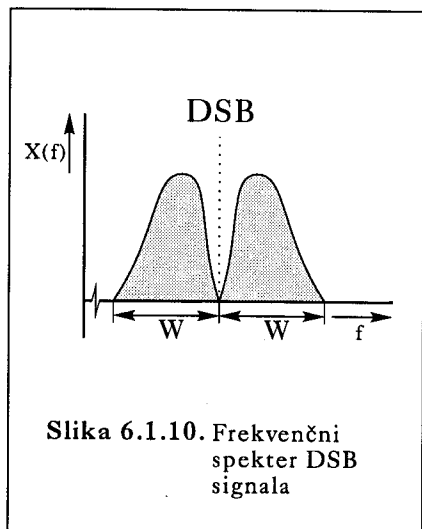


Ovojnica moduliranega signala verno predstavlja informacijski signal, če sta izpolnjena dva pogoja:

1. Frekvenca nosilca je veliko večja od najvišje frekvence, ki jo vsebuje informacijski signal;
2. Procent modulacije ne presega 100%.

Izkaže se, da pri AM najmanj 50% moči porabimo za nosilec, ki sploh ne nosi nobene informacije. Zato je koristno, da se nosilca znebimo in dobimo amplitudno modulacijo s potlačenim nosilcem, ki jo označimo z DSB-SC (Double-SideBand Suppressed-Carrier) ali krajše z DSB.

Frekvenčni spekter DSB signala prikazuje slika 6.1.10. Spekter je podoben spektru AM signala (manjka samo frekvenčna komponenta nosilca).



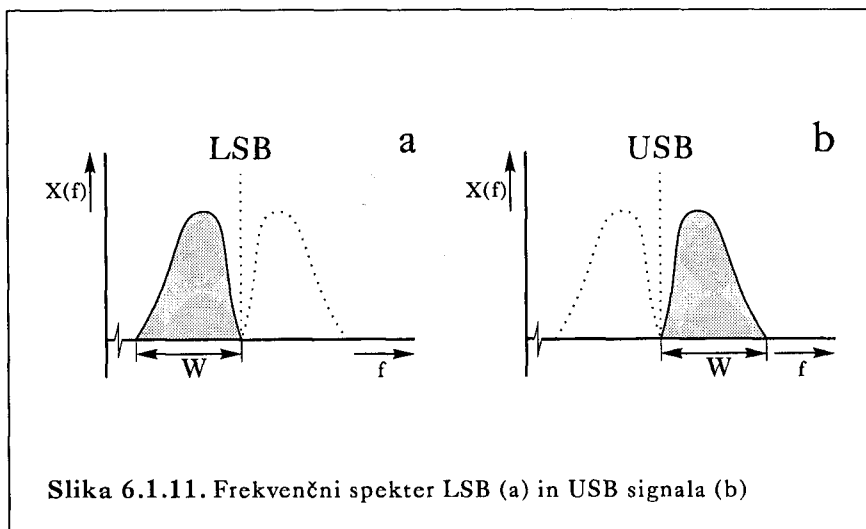
Moč, ki bi jo pri AM porabili za nosilec, lahko sedaj porabimo na bočnih pasovih. DSB prihrani moč glede na AM, vendar pa zahteva bolj zapleten postopek demodulacije.

Z odstranitvijo nosilca smo prihranili moč, še vedno pa nismo prihranili pasovne širine, saj tudi DSB zahteva dvakrat večjo pasovno širino od pasovne širine informacijskega signala. V bistvu koristno informacijo prenašamo dvakrat - na spodnjem in na zgornjem bočnem pasu. Če poleg nosilca potlačimo še bodisi spodnji bodisi zgornji bočni pas, dobimo enobočno modulacijo, ki jo označimo s SSB (Single-SideBand). Če

potlačimo zgornji bočni pas, govorimo o LSB (Lower-SideBand, če pa spodnjega, pa govorimo o USB (Upper-SideBand).

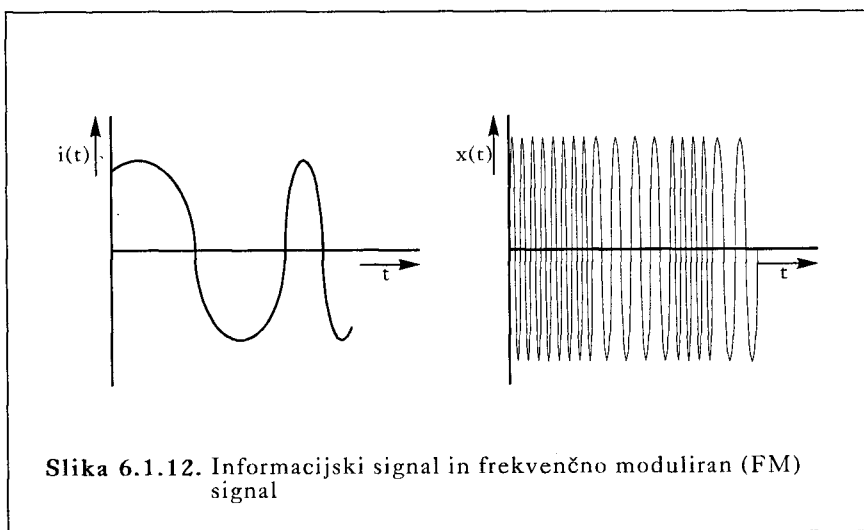
Frekvenčna spektra LSB in USB signala prikazuje slika 6.1.11.a. in b.

SSB prihrani moč in pasovno širino glede na AM, vendar pa zahteva zapleten postopek moduliranja in demoduliranja. SSB ima tudi boljše razmerje signal-šum, kot ga ima klasična AM pri sicer enaki grebenki oddajni moči.



FREKVENČNA MODULACIJA (FM)

Pri frekvenčni modulaciji spreminjamo frekvenco linearno z informacijskim signalom. Slika 6.1.12 prikazuje frekvenčno moduliran signal.



Iz slike vidimo, da frekvenca FM signala varira okoli vrednosti frekvence nosilnega signala. Amplituda nosilca pa ni odvisna od modulatorskega signala - je torej konstantna!

Frekvenčni spekter FM signala je teoretično neskončno širok, vendar amplituda stranskih komponent hitro upada, tako da ga v praksi lahko ocenimo z enačbo:

$$B=2W+2D$$

W je najvišja frekvenca, ki jo vsebuje modulatorski signal, D pa je FREKVENČNA DEVIACIJA, ki je definirana kot največji odmik frekvence FM signala od nosilne frekvence. Frekvenčna deviacija je sorazmerna amplitudi modulatorskega signala. Za primer vzemimo, da je naš modulatorski signal govor, ki naj ima najvišjo frekvenco 3 kHz, deviacija pa naj bo 5 kHz. Potrebna pasovna širina je torej 16 kHz.

Modulatorski indeks pri FM je definiran z enačbo:

$$m = \frac{D}{f_m}$$

f_m je frekvenca sinusnega modulatorskega signala amplitude 1, D pa frekvenčna deviacija. Vidimo, da se modulatorski indeks pri FM spreminja s spreminjanjem frekvence modulatorskega signala. Če na primer moduliramo oddajnik s frekvenco 2 kHz pri deviaciji 6 kHz, je modulatorski indeks 3; če moduliramo s frekvenco 6 kHz, pa je modulatorski indeks 1.

Frekvenčna modulacija je glede na pasovno širino kar potratna. Prenos govora preko UKV radioamaterskih postaj na primer zahteva okoli 15 kHz pasovne širine. Če je pasovna širina FM signala pod 50 kHz, govorimo o ozkopasovni FM (NBFM), če pa je večja, govorimo o širokopasovni FM (WBFM); radiodifuzne postaje, ki oddajajo glasbo, zahtevajo okoli 150 kHz pasovne širine.

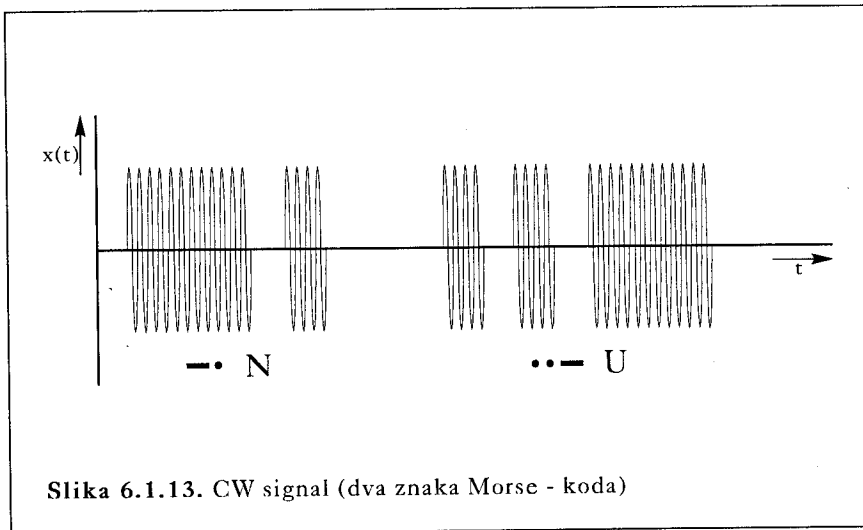
FAZNA MODULACIJA (PM)

Pri fazni modulaciji spreminjamo fazo nosilnega signala glede na modulatorski signal. Spreminjanje faze ima za posledico spreminjanje frekvence nosilnega signala. To spreminjanje frekvence (frekvenčna deviacija) je sorazmerno hitrosti spreminjanja faze, le-ta pa je odvisna od frekvence

in amplitude modulacijskega signala. Deviacija pri FM je sorazmerna samo amplitudi, deviacija pri PM pa je sorazmerna tako amplitudi kot frekvenci modulacijskega signala. Kljub tej razliki je težko ugotoviti, ali je nek signal fazno ali frekvenčno moduliran.

TELEGRAFIJA (CW)

To je pravzaprav najpreprostejša metoda, s katero nosilni signal opremimo z informacijo. Nosilec preprosto vklapljamo in izklapljam v ritmu vnaprej dogovorjenih znakov. Radioamaterji uporabljamo Morse-kod, kjer je vsak znak (črka, številka, ločilo) predstavljen z določeno kombinacijo dolgih in kratkih elementov (element predstavlja stanje "nosilec vključen"). Med elementi so kratki premori, med posameznimi znaki pa daljši (premor predstavlja stanje "nosilec izključen"). Slika 6.1.13 prikazuje nosilni signal, ki "vsebuje" dva znaka Morse-koda: N in U.



Zahtevana pasovna širina je sicer odvisna od hitrosti oddajanja znakov, je pa vsekakor majhna (okoli 100 Hz).

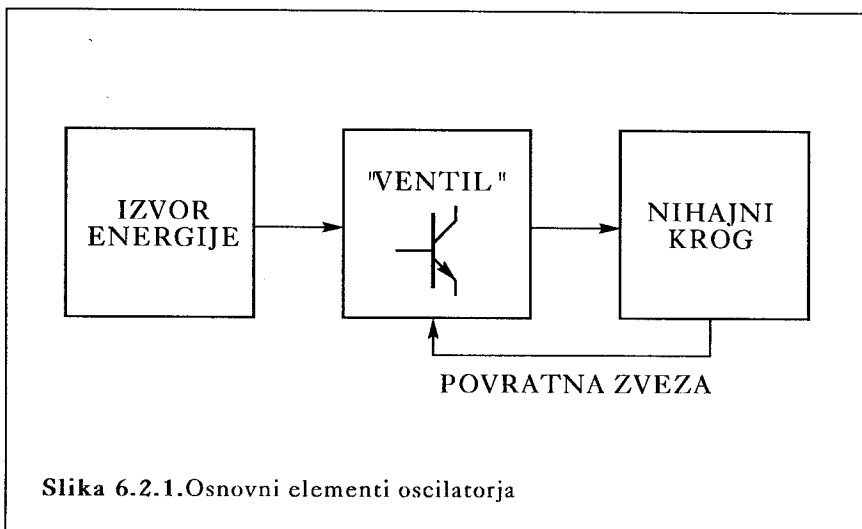
6.2. RADIJSKI ODDAJNIKI

V grobem povedano je RADIJSKI ODDAJNIK naprava, ki ustvari RF (radiofrekvenčni) signal, ga opremi z informacijo (ga ustrezno modulira), ojači in nato pošlje v anteno, kjer se izseva v prostor. Sestavljen je iz več elektronskih sklopov. Posebej si bomo ogledali izvore RF signala (to so oscilatorji in RF sintetizatorji), ostale sklope pa na posameznih primerih oddajnikov za različne načine modulacije.

1. OSCILATORJI

Oscilatorji (električni) so izvori izmeničnih napetosti ali tokov določene frekvence. To so vezja, v katerih se energija izvora enosmerne napetosti pretvarja v energijo izmenične napetosti določene frekvence. Oscilatorje, ki delajo na področju radijskih frekvenc, imenujemo RF oscilatorje in so osnovni gradniki radijskih naprav; prva stopnja v vseh preprostih oddajnikih je oscilator (ta določa frekvenco, na kateri bo oddajnik deloval).

Če nihajnemu krogu dovedemo začetno energijo, ta zaniha, vendar nihanje zaradi izgub v samem vezju izzveni - dušeno nihanje. Želimo pa dobiti nedušeno nihanje, zato je očitno, da moramo nihajnemu krogu



Slika 6.2.1. Osnovni elementi oscilatorja

na nek način dovajati energijo, tako da dobimo nihanje konstantne amplitude (nedušeno nihanje). Sklop, ki takšno nihanje "proizvaja", se imenuje OSCILATOR. Slika 6.2.1 prikazuje osnovne elemente oscilatorja.

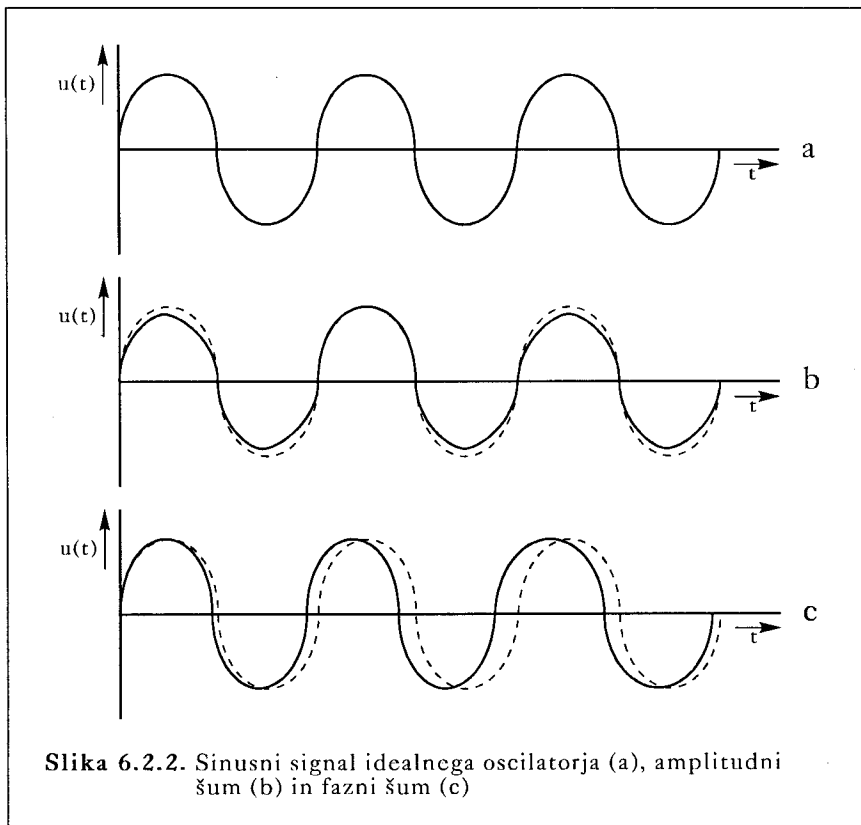
Izvor energije - je izvor enosmerne napetosti (na primer baterija).

Nihajni krog - določa frekvenco nihanja (osciliranja), saj je to frekvenčno selektivno vezje (filter).

"Ventil" - skrbi za dovajanje energije nihajnemu krogu (na primer tranzistor ali elektronka).

Povratna zveza - z njo dosežemo, da je delovanje "ventila" sinhronizirano z nihanjem nihajnega kroga.

Oscilator je v bistvu ojačevalnik, kateremu določen del izhodnega signala preko povratne zveze pripeljemo nazaj na vhod. Ni nujno, da v takšnem vezju nastanejo oscilacije, saj so zato potrebni še nekateri dodatni pogoji.



Idealen oscilator bi generiral sinusni signal dane frekvenca, kateremu se ne bi spreminjala niti amplituda niti faza (Slika 6.2.2.a.). Ker se idealnega oscilatorja ne da narediti, je izhodni signal iz oscilatorja sinusoida, ki se ji (malo) spreminja tako amplituda kot faza. Govorimo o AMPLITUDNEM ŠUMU in o FAZNEM ŠUMU oscilatorja. Pod pojmom amplitudni šum torej razumemo nezaželeno spreminjanje amplitude (Slika 6.2.2.b.), pod pojmom fazni šum pa nezaželeno spreminjanje faze generiranega sinusnega signala (Slika 6.2.2.c.).

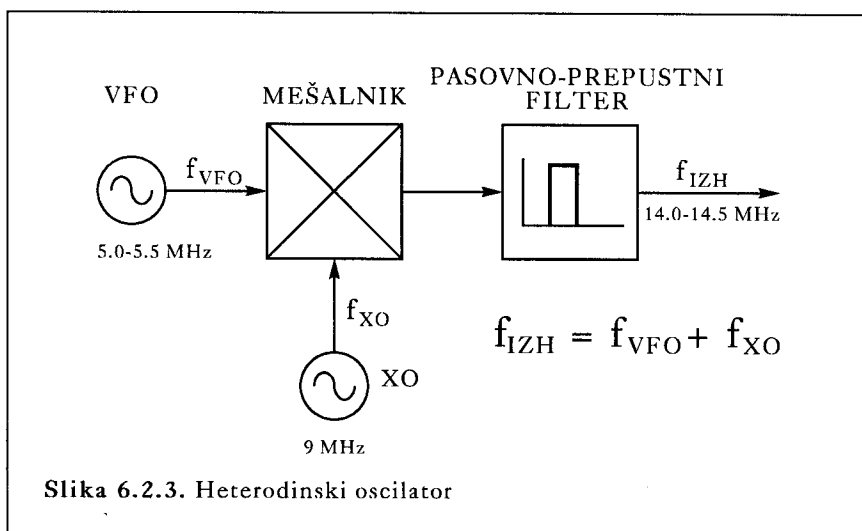
Od dobrega oscilatorja pričakujemo, da se mu frekvenca, na kateri dela, čimmanj spreminja (pravimo, da mora biti oscilator čimbolj STABILEN). To je odvisno predvsem od izvedbe (električne in mehanske) in od uporabljenih elementov. Na stabilnost oscilatorja vplivata tudi temperatura okolice in staranje elementov.

Glede na uporabljeni nihajni krog ločimo več vrst oscilatorjev:

- Kristalni oscilator (XO) - za nihajni krog uporabimo kremenov kristal. Frekvenca nihanja je zelo stabilna. Določena je predvsem z debelino ploščice kristala, ki lahko niha na svoji osnovni frekvenci ali pa na overtonskih frekvencah (na lihih mnogokratnikih osnovne frekvenca; največkrat na tretji ali peti).
- Kristalni oscilator spremenljive frekvenca (VXO) - kristalu zaporedno ali vzporedno vežemo spremenljivi kondenzator ali zaporedno tuljavo in tako lahko s spreminjanjem kapacitivnosti kondenzatorja oziroma induktivnosti tuljave v zelo majhnem območju spreminjamo frekvenca nihanja.
- Oscilator spremenljive frekvenca (VFO) - uporabimo LC nihajni krog. Kondenzator je navadno spremenljivi kondenzator, s katerim nastavlamo frekvenca nihanja.
- Napetostno kontrolirani oscilator (VCO) - uporabimo LC nihajni krog, le da namesto spremenljivega kondenzatorja uporabimo varaktorsko diodo, ki ji kapacitivnost spreminjamo s spreminjanjem napetosti na njej.

Praktična zgornja meja za dobro stabilnost (za uporabo v CW in SSB radijskih postajah) VFO-ja je nekje med 7 in 10 MHz. Za uporabo

VFO-ja na višjih frekvencah pa lahko uporabimo heterodinski tip oscilatorja (Slika 6.2.3). Signal iz VFO-ja mešamo s signalom kristalnega oscilatorja (XO) in nato s filtrom izločimo signal želene frekvence. Denimo, da imamo VFO, ki pokriva frekvenčno območje od 5 MHz do 5.5 MHz. Po mešanju s signalom kristalnega oscilatorja frekvence 9 MHz dobimo poleg drugih produktov mešanja tudi signal frekvence 14 MHz, ki ga s filtrom izločimo. Tako dobimo oscilator, ki pokriva frekvenčno območje od 14 do 14.5 MHz. Z izbiro kristala v kristalnem oscilatorju in z izbiro filtra torej določimo, kam naj se "preslika" frekvenca VFO-ja. Na tak način je možno z enim VFO-jem pokriti na primer vsa amaterska frekvenčna področja na kratkem valu.



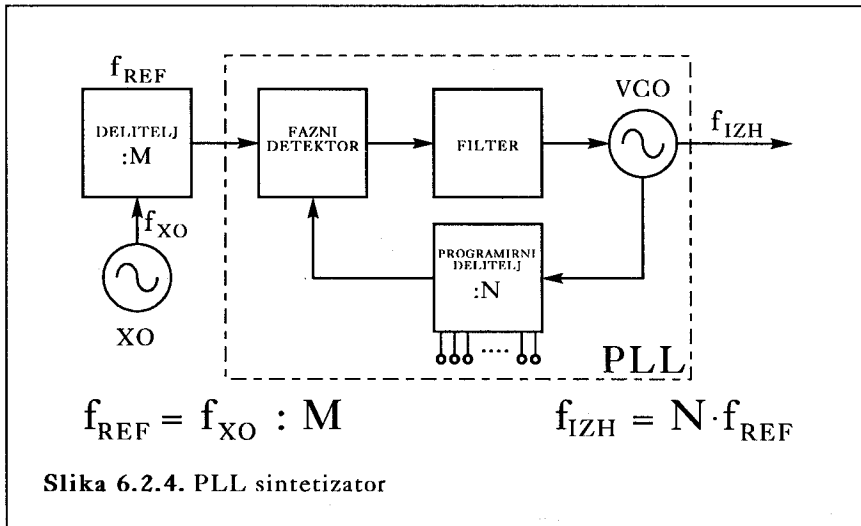
2. RF SINTETIZATORJI

Osnovni RF izvor v večini starejših radijskih oddajnikih in sprejemnikih je bil VFO. Danes so to vlogo v glavnem prevzeli frekvenčni sintetizatorji. Uporabljata se predvsem dva tipa sintetizatorjev: PLL sintetizator in direktni digitalni sintetizator (DDS); pa tudi kombinacija obeh.

PLL SINTETIZATOR

Ideja PLL sintetizatorja je uporabiti VCO, ki ga s pomočjo povratne zanke stabiliziramo. To dosežemo s fazno sklenjeno zanko (PLL = Phase-Locked Loop). Preprost PLL sintetizator prikazuje slika

6.2.4. Izhod iz VCO peljemo preko programirnega delitelja na fazni detektor. Fazni detektor primerja deljen izhod iz VCO z natančnim in stabilnim referenčnim signalom. Izhod faznega detektorja je signal, ki je proporcionalen razliki faz vhodnih signalov. Izhod faznega detektorja nato filtriramo in peljemo na varaktorsko diodo v VCO, kjer povzroči spremembo frekvence VCO tako, da se zmanjša razlika med referenčno frekvenco in deljeno frekvenco VCO. Ta proces se nadaljuje, dokler frekvenci nista enaki. Takrat pravimo, da se zanka ujame.



Delovno frekvenco pri PLL sintetizatorju nastavljamo digitalno s programiranjem programirnega delitelja. Frekvenco lahko nastavljamo samo v diskretnih korakih, ki jih določa referenčna frekvenca. Signal referenčne frekvence dobimo navadno z deljenjem izhodnega signala kristalnega oscilatorja. Referenčna frekvenca je zato zelo stabilna in točna, kar pomeni, da je takšna tudi izhodna frekvenca PLL sintetizatorja.

Referenčna frekvenca določa najmanjši frekvenčni korak. Za FM delo je najmanjši korak običajno 12.5 oziroma 25 kHz, za SSB in CW delo pa mora biti najmanjši korak vsaj 100 Hz, običajno pa je v novejših postajah še manjši. Manjši frekvenčni korak ima za posledico daljši čas vnihanja zanke (to je čas od spremembe delovne frekvence do trenutka, ko se zanka ujame) in/ali povečanje faznega šuma.

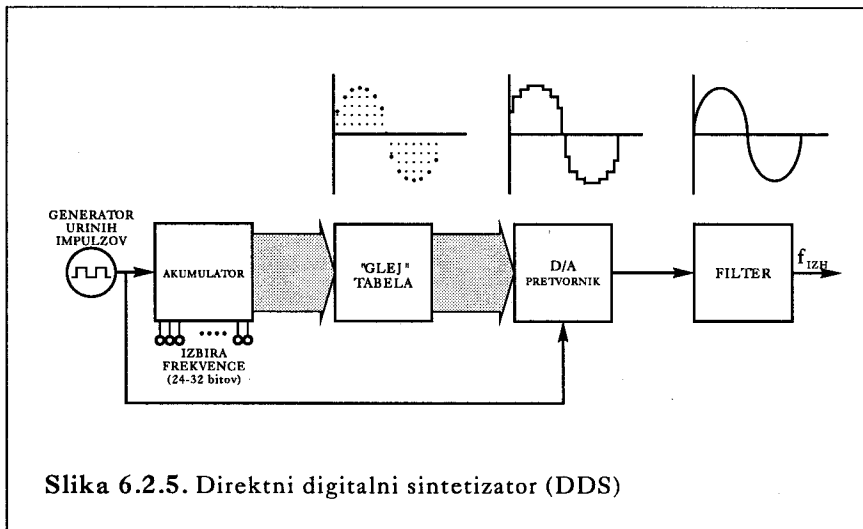
DIREKTNI DIGITALNI SINTETIZATOR (DDS)

Sinusni signal lahko generiramo tako, da za določene vrednosti faz signala vnaprej izračunamo vrednosti amplitud. Izračunane vrednosti amplitud shranimo v pomnilnik v obliki, ki se imenuje "glej tabela". DDS temelji na dejstvu, da je frekvenca signala sorazmerna hitrosti spreminjanja njegove faze. Zato lahko iz vnaprej izračunanih vrednosti, ki so v "glej tabeli", generiramo sinusni signal skoraj poljubne frekvence. Skoraj poljubne pravimo zato, ker obstajata dve omejitvi in sicer: najvišja frekvenca, ki jo lahko sintetiziramo, in najmanjši korak spremembe frekvence (resolucija), ki ga lahko dosežemo. Pri DDS dosežemo ustrezno hitrost spreminjanja faze (oziroma ustrezno frekvenco generiranega signala) z izbiro koraka pri naslavljanju "glej tabele" in z ustrezno izbiro časovnih trenutkov čitanja podatkov iz nje. Podatki so shranjeni v digitalni obliki, zato jih moramo pretvoriti v analogno obliko.

Pri DDS imamo opraviti z digitalnimi signali. To so signali, ki imajo definirano točno določeno vrednost samo ob določenih trenutkih, ki jih določa frekvenca urinih impulzov. Da lahko takšne signale verno pretvorimo v analogne, mora biti po teoriji frekvenca urinih impulzov najmanj dvakrat večja od najvišje frekvence signala, poleg tega pa jih moramo po D/A pretvorbi še obvezno filtrirati z nizkoprepustnim filtrom.

Slika 6.2.5 prikazuje osnovni direktni digitalni sintetizator. Akumulator je binarni števec, ki ob vsakem urinem impulzu prišteje trenutni vrednosti nastavljeno vrednost. Vrednost akumulatorja je naslov v "glej tabeli", ki se nahaja v pomnilniku (v ROM ali v RAM). Na tem naslovu pa se nahaja ustrezna vrednost amplitude, ki gre potem v digitalno - analogni pretvornik (D/A pretvornik). Tako nastane stopničasti signal, ki ga je potrebno še filtrirati, da dobimo na izhodu lep sinusen signal določene frekvence. Frekvenco določajo frekvenca urinih impulzov, velikost akumulatorja ter nastavljena vrednost. Najmanjši frekvenčni korak pa določata velikost akumulatorja ter seveda frekvenca urinih impulzov. Če je na primer frekvenca urinih impulzov 17 MHz in je velikost akumulatorja 24 bitov, potem je najmanjši korak približno 1 Hz!

Če želimo narediti DDS za frekvence do 10 MHz, mora biti frekvenca urinih impulzov najmanj 20 MHz, v praksi pa vzamemo še nekaj več, na primer 30 MHz. Nizkoprepustni filter pa naj ima mejno



frekvenco nekje pri 12 MHz. Vidimo, da v tem primeru rabimo zelo hiter D/A pretvornik, saj mora delati na frekvenci 30 MHz! Hitri in hkrati dobri D/A pretvorniki pa so danes še zelo dragi.

Preden si pogledamo posamezne primere oddajnikov, omenimo tri stopnje, ki jih najdemo praktično v vsakem oddajniku. To so:

LOČILNA STOPNJA (Buffer) je ojačevalnik. Glavna naloga ločilne stopnje je preprečiti vpliv naslednje stopnje na predhodno stopnjo. Oscilatorju navadno sledi ločilna stopnja, saj bi brez nje le-ta lahko zaradi prevelike obremenitve postal nestabilen.

KRMILNA STOPNJA (Driver) je močnostni ojačevalnik, ki mora ojačiti signal na nivo, ki je potreben za delovanje končne stopnje.

KONČNA STOPNJA (PA = Power Amplifier) je sestavljena iz močnostnega ojačevalnika in ustreznega pasovno-prepustnega ali nizkoprepustnega filtra. Naloga končne stopnje je ojačiti signal na zahtevan nivo ter filtrirati izhodni signal. Ojačevalniki so namreč nelinearna vezja in zato vsebuje izhodni signal iz ojačevalnika poleg osnovne še višje harmonske frekvence, ki pa jih je treba čimbolj zadušiti. Po predpisih mora biti nivo višjih harmonskih komponent vsaj 40dB pod nivojem osnovne frekvence. Izhodna impedanca končne stopnje je 50 ohmov in je standardizirana za vse radioamaterske radijske naprave.

Močnostni ojačevalnik končne stopnje ima navadno izkoristek nekje med 0.4 do 0.7 (40 % do 70 %). Izkoristek pove, koliko moči je koristne (RF signal) in koliko se je nekoristno porabi (segrevanje tranzistorjev ali elektronskih cevi). Izhodna moč (output power) oddajnika je zato enaka produktu vhodne moči (input power) in izkoristka.

Vse stopnje morajo biti med sabo impedančno prilagojene, tako da je zagotovljen največji prenos moči med njimi.

3. CW ODDAJNIKI

Telegrafija z uporabo Morse - koda je najpreprostejša modulatorska metoda v radioamaterski praksi. Pri radioamaterjih je zelo priljubljena, saj lahko izkušen radioamater pravilno dekodira telegrafske signale, čeprav so le-ti zelo šibki ali pa moteni.

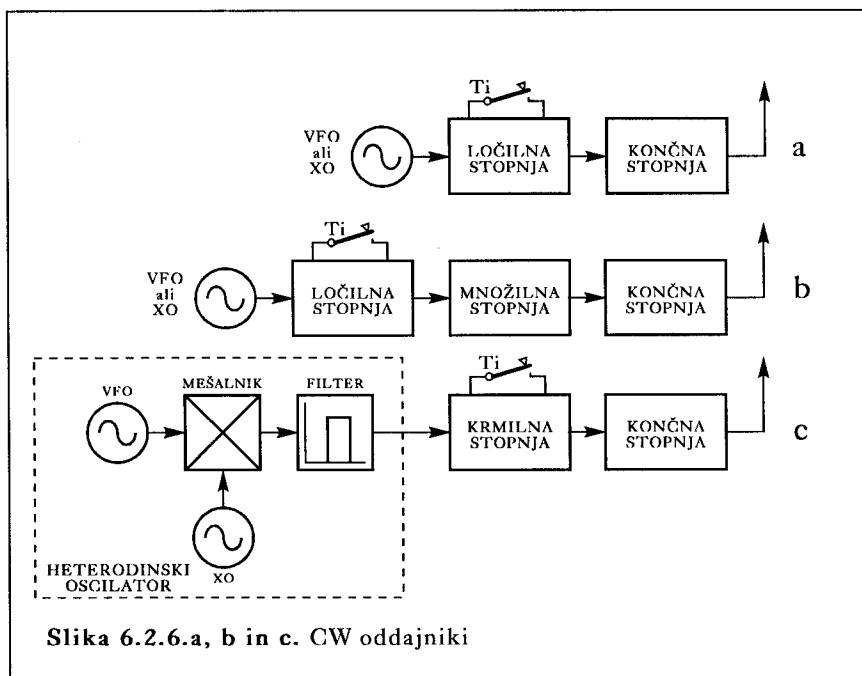
Preprost kratkovalovni CW oddajnik prikazuje slika 6.2.6.a. Sestavljen je iz oscilatorja, ločilne stopnje in končne stopnje. Delovna frekvenca oddajnika je kar frekvenca, na kateri dela oscilator.

Oddajnik na sliki 6.2.6.b. je podoben prejšnjemu, le da vsebuje še množilno stopnjo. Oscilator lahko zato dela na nižji frekvenci od delovne frekvence oddajnika. Če na primer dela oscilator na 3.5 MHz, množilna stopnja množi z 2 - rezultat je torej delovna frekvenca 7 MHz. Oddajnik lahko vsebuje tudi več množilnih stopenj.

Oddajnik na sliki 6.2.6.c. pa vsebuje heterodinski oscilator. Delovna frekvenca je torej produkt mešanja frekvence VFO ter frekvence kristalnega oscilatorja. Z izbiro kristala v kristalnem oscilatorju izbiramo frekvenčno področje oddajnika.

Pri oddajanju telegrafije moramo na nek način prekinjati RF signal v ritmu telegrafskih znakov. To lahko naredimo tako, da vklapljammo ali izklapljammo oscilator, vendar se pogosteje uporablja vklapljanje ali izklapljanje stopenj, ki sledijo oscilatorju, torej ločilne ali krmilne stopnje.

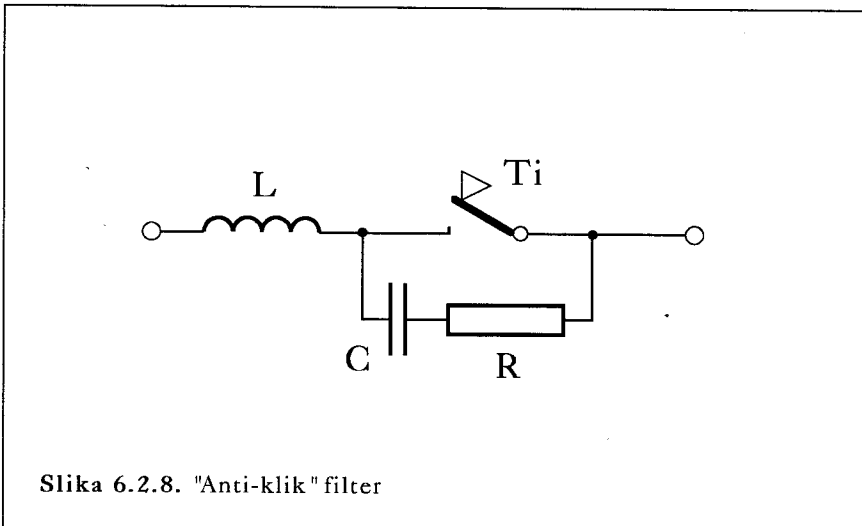
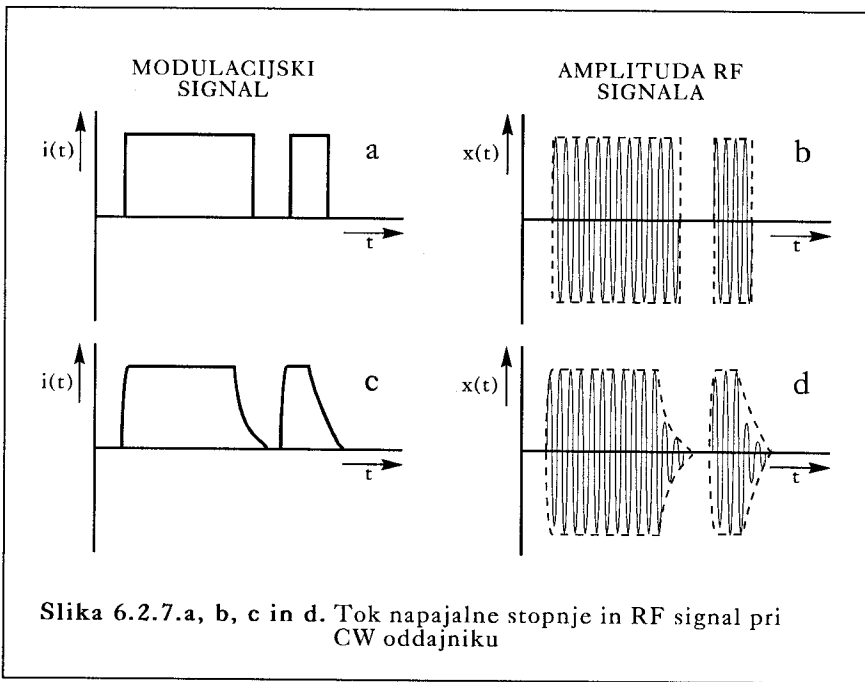
Neprestano vklapljanje in izklapljanje RF signala od nič do največje vrednosti in nazaj na nič je enakovredno 100 procentni amplitudni modulaciji s pravokotnim modulatorskim signalom. Ostri robovi signala povzročajo stranske frekvenčne komponente v spektru RF signala, ki se



na sprejemni strani na določenih frekvencah slišijo kot “klik” vsakič, ko pritismo ali spustimo tipkalo. Klik se pri tako ostrih robovih lahko slišijo več kot 100 kHz proč od nosilne frekvence in lahko predstavljajo resne motnje. Slika 6.2.7.a. prikazuje napajalni tok stopnje, ki jo vklaplamo oziroma izklaplamo, če tipkamo črko N, slika 6.2.7.b. pa rezultirajoč RF signal.

Klike zelo zmanjšamo, če upočasnimo naraščanje in padanje toka napajanja stopnje (Slika 6.2.7.c.). Tako je tudi ovojnica rezultirajočega RF signala bolj “pohlevna” (Slika 6.2.7.d.).

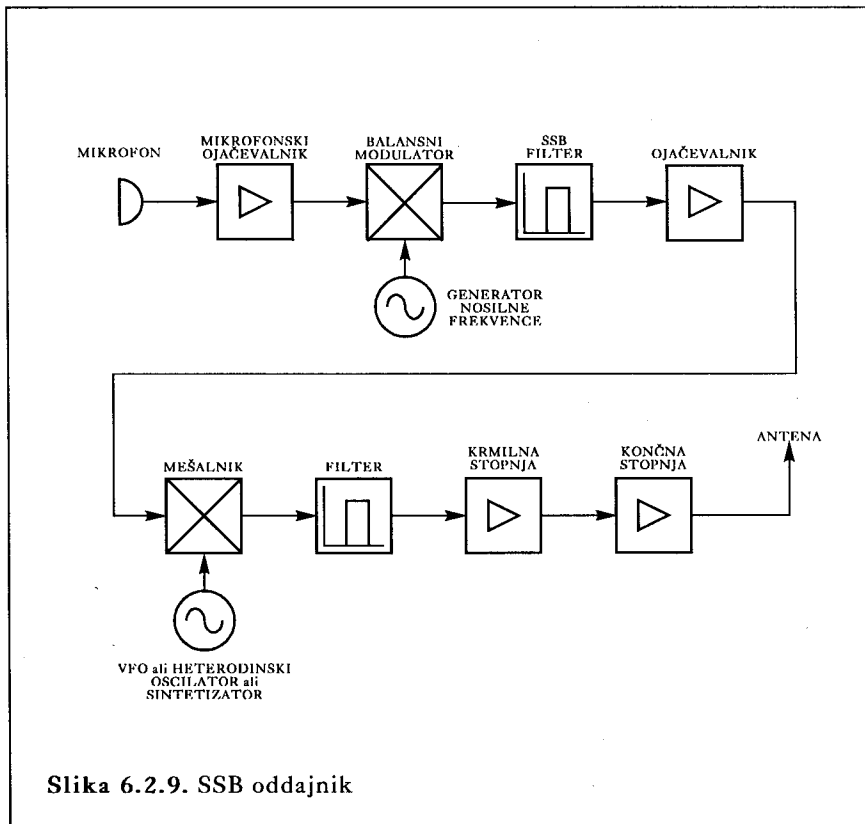
Slika 6.2.8 prikazuje preprost “anti-klik” filter, ki ga lahko uporabimo v primeru, ko tipkalo prekinja enosmerno napajanje določene stopnje v oddajniku. Ko tipkalo pritismo, tuljava upočasnno naraščanje toka, ko tipkalo spustimo, pa polnjenje kondenzatorja upočasnno padanje toka. Upor prepreči hitro praznjenje kondenzatorja, ko tipkalo pritismo.



Ojačevalniki za CW signale lahko delajo tudi v C razredu.

4. SSB ODDAJNIKI

SSB modulacija je pri radioamaterjih zelo priljubljena in se uporablja predvsem za prenos govora na skoraj vseh radioamaterskih frekvenčnih področjih. V poglavju o modulacijah smo povedali, da je SSB modulacija vrsta amplitudne modulacije, ki ima potisnjen nosilec in ima samo en bočni pas. Eno izmed metod, kako dosežemo takšno modulacijo, si pogledjmo na primeru SSB oddajnika, ki ga prikazuje slika 6.2.9.



Začnimo pri balansnem modulatorju. BALANSNI MODULATOR je električno vezje, ki ima dva vhoda. To sta vhoda za modulacijski signal in za RF nosilni signal. Na izhodu iz balansnega modulatorja dobimo DSB signal - torej signal, ki vsebuje spodnji in zgornji bočni pas, nosilca pa ne. Nosilec smo torej že izločili, sedaj moramo poskrbeti še za to, da bo RF signal vseboval samo en bočni pas (LSB ali USB), kar dosežemo s SSB filtrom.

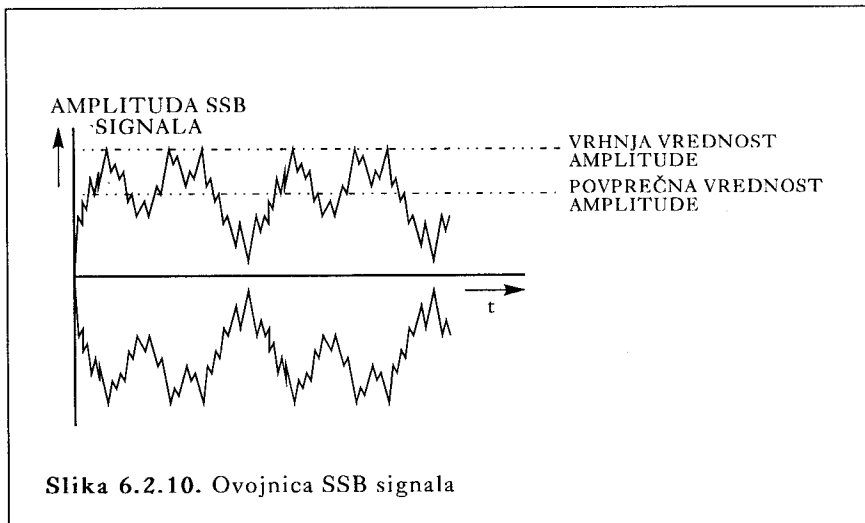
SSB FILTER je pasovno-prepustni filter, ki poreže vse razen enega od bočnih pasov. Pasovna širina takšnega filtra je navadno od 1.8 do 3 kHz. Zahteve za dušenje frekvenc izven prepustnega področja so zelo velike, zato se v te namene uporabljajo predvsem kristalni filtri.

Ali bomo oddajali LSB ali USB, izberemo bodisi z izbiro ustreznega SSB filtra bodisi z izbiro kristala v oscilatorju nosilne frekvence.

RF signal po filtriranju še ojačimo in nato mešamo s signalom iz oscilatorja ali sintetizatorja, s katerim izbiramo delovno frekvenco oddajnika in tako dobimo SSB signal želene frekvence, ki ga je potrebno samo še ojačiti na ustrezen nivo.

Ojačevalniki za SSB signale morajo biti kar se da linearni, zato običajno delujejo v A ali AB razredu.

Slika 6.2.10 prikazuje ovojnico SSB signala. Najvišjo vrednost amplitude ovojnice imenujemo vrhnja vrednost amplitude. Moč, ki jo ima signal pri vrhnji vrednosti ovojnice, imenujemo PEP (Peak-Envelope Power) in je ena izmed karakteristik, ki jih podajamo pri SSB oddajnikih. Definiramo tudi povprečno vrednost amplitud ovojnice, ki je povpreček vrednosti amplitud v določenem časovnem obdobju (na primer trajanje zloga v govornem signalu).



Zaželeno je, da je razmerje med vrhnjo vrednostjo amplitude ovojnice in povprečno vrednostjo čim manjše, saj to pomeni večjo

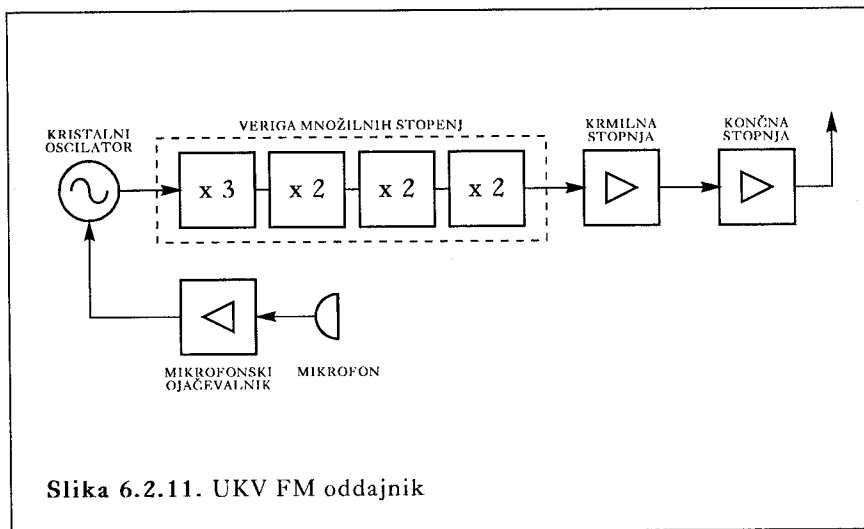
povprečno moč oddajnika oziroma boljše razmerje signal-šum na sprejemni strani. Ker sam govorni signal (audio signal) vsebuje nenadne zelo kratke skoke amplitude, ga moramo zato ustrezno obdelati. Govornemu signalu lahko ekstremno visoke vrhove amplitud pri določeni meji enostavno odrežemo (Audio Clipper) ali pa uporabimo ojačevalnik s povratno vezavo, kateremu se ojačenje spreminja tako, da "drži" izhodni signal v določenih mejah (Audio Compression). Tako obdelan audio signal nato filtriramo in peljemo naprej na modulator. Obe operaciji lahko naredimo tudi na RF signalu (RF Clipper, RF Compression oziroma Automatic Level Control = ALC).

5. FM ODDAJNIKI

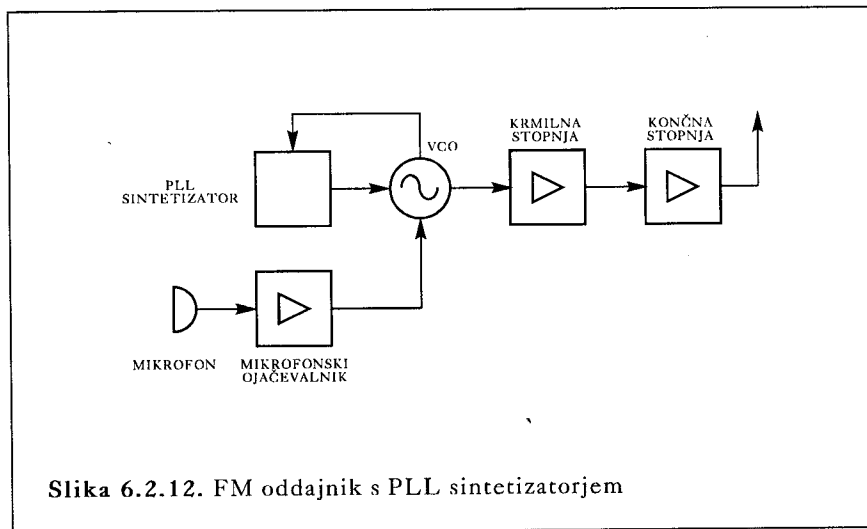
Radioamaterji uporabljamo frekvenčno modulacijo predvsem za lokalne in mobilne zveze na UKV, saj omogoča kvaliteten prenos govora. Žal pa zahteva dosti več pasovne širine kot na primer SSB modulacija in se na KV zato ne uporablja (razen na 10m področju).

Slika 6.2.11 prikazuje preprost UKV FM oddajnik. Sestavljen je iz kristalnega oscilatorja, verige množilnih stopenj ter iz krmilne in končne stopnje. FM modulacijo dosežemo tako, da zaporedno kristalu v kristalnem oscilatorju vežemo varaktorsko diodo, na katero preko RC filtra pripeljemo modulacijski signal, ki povzroči spreminjanje napetosti na varaktorski diodi, kar ima za posledico majhno spreminjanje frekvence nihanja kristala. Dobljeni FM RF signal moramo sedaj "prestaviti" v želeno frekvenčno področje, kar dosežemo z množilnimi stopnjami. Pri množenju se za ustrezní faktor poveča tudi frekvenčna deviacija! Ko dobimo signal ustrezne frekvence, ga je potrebno še ojačiti na želen nivo. Ojačevalniki za FM lahko delujejo tudi v razredu C.

Za primer vzemimo, da imamo v kristalnem oscilatorju kristal frekvence 6.06354 MHz. Po množenju s skupnim faktorjem 24 dobimo RF signal frekvence 145.525 MHz. Če je frekvenčna deviacija RF signala oscilatorja na primer okoli 1 kHz, bo frekvenčna deviacija RF signala frekvence 145.525 MHz okoli 24 kHz.



FM oddajnik na sliki 6.2.12 uporablja VCO, ki dela kar na delovni frekvenci oddajnika. Za stabilno delovanje VCO skrbi PLL sintetizator. Modulacijski signal pripeljemo preko RC filtra na varaktorsko diodo VCO-ja. RF signal iz VCO je potrebno samo še ojačiti na želen nivo.



6.3. RADIJSKI SPREJEMNIKI

V prejšnem poglavju smo obravnavali radijske oddajnike, ki ustvarijo RF signal določene frekvence ter ga opremijo z informacijo. RF signal se nato preko antene izseva v prostor. Za prenos informacije pa seveda rabimo še napravo, ki je sposobna tak signal zaznati ter iz njega izluščiti informacijo. Takšno napravo imenujemo RADIJSKI SPREJEMNIK. Tudi radijski sprejemniki so sestavljeni iz več elektronskih sklopov, ki jih imenujemo STOPNJE SPREJEMNIKA. Nekatere sklope že poznamo, saj jih najdemo tudi v oddajnikih, nekaj značilnih sklopov, ki so samo v sprejemnikih, pa bomo obravnavali v tem poglavju. Na začetku poglavja bomo povedali nekaj o šumu ter o nekaterih najpomembnejših pojmi, ki jih srečamo pri obravnavi sprejemnikov.

1. ŠUM

Šum je pojav, ki se mu pri radijskih komunikacijah nikakor ne moremo izogniti in ki določa nekatere parametre komunikacijskega sistema. V grobem ga lahko razdelimo na TERMIČNI ŠUM in ŠUM OKOLICE.

TERMIČNI ŠUM

Termični šum nastane zaradi naključnega gibanja elektronov v prevodnikih in polprevodnikih. Iz termodinamike uporabimo rezultat, ki pravi, da je povprečna vrednost kvadrata napetosti šuma na upor R enaka:

$$\langle u^2 \rangle = 4kTBR$$

$\langle u^2 \rangle$ - povprečna vrednost kvadrata napetosti šuma

$$k - \text{Boltzmannova konstanta, } 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$$

R - upornost

B - pasovna širina šuma

T - absolutna temperatura

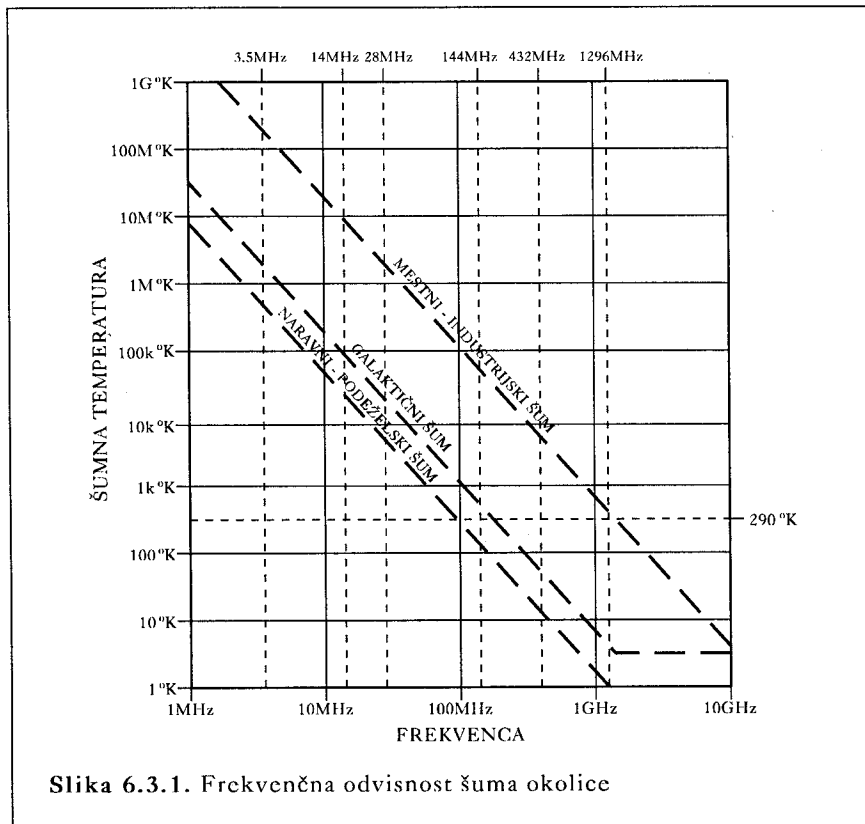
Če gledamo sedaj upor R kot generator šuma, je razpoložljiva moč, ki jo generator daje (prilagojenemu) bremenu, enaka:

$$N = \frac{\langle u^2 \rangle}{4R} = kTB$$

Razpoložljiva moč šuma je torej odvisna samo od pasovne širine in absolutne temperature. Pri absolutni ničli (0 K) je moč šuma nič - gibanje elektronov popolnoma zamre. Vidimo tudi, da termični šum ni odvisen od frekvence!

ŠUM OKOLICE

Poleg termičnega šuma na komunikacijski sistem vpliva še šum, ki ga antena sprejema iz okolice. Tu gre predvsem za naravni šum, ki ga antena sprejema iz neba, nekaj pa je tudi šuma, ki je posledica človeške dejavnosti (izvori šuma so lahko na primer mesta, industrija, drugi komunikacijski sistemi itd.). Ta šum ovrednotimo s ŠUMNO TEMPE-



RATURO ANTENE (T_a), kar pomeni, da si lahko namesto antene predstavljamo upor, ki je segret na temperaturo T_a in zaradi tega "proizvaja" termični šum, ki ima ravno tolikšno moč, kot jo ima šum, ki ga antena sprejema. Sprejemani šum torej nadomestimo z ekvivalentnim termičnim šumom.

Šum okolice je močno frekvenčno odvisen (Slika 6.3.1).

RAZMERJE SIGNAL-ŠUM

Ko se pogovarjamo o sprejemu signalov, ki so moteni s šumom, nas vedno zanima razmerje med močjo koristnega signala in med močjo šuma. Zato definiramo količino, ki jo imenujemo RAZMERJE SIGNAL - ŠUM (S/N) (Signal/Noise power ratio), podajamo pa jo navadno v decibelih:

$$\frac{S}{N} = 10 \lg \frac{\text{moč signala}}{\text{moč šuma}} \quad [\text{dB}]$$

Bolj kot je signal moten s šumom, slabše je razmerje signal-šum. To razmerje nam torej na nek način podaja kvaliteto sprejema. Razmerje signal-šum pri telefonski zvezi je okoli 45 dB, razmerje signal-šum pri poslušanju glasbe s CD gramofona pa okoli 90 dB.

ŠUMNI FAKTOR, ŠUMNO ŠTEVILO IN EKVIVALENTNA ŠUMNA TEMPERATURA

Ker so elektronski sklopi, ki sestavljajo sprejemnik, narejeni iz prevodnikov in polprevodnikov, so izvori termičnega šuma. Šum teh stopenj moramo zato na nek način ovrednotiti.

Vsaka stopnja, ki je izvor termičnega šuma, poslabša razmerje signal-šum, ki je na njenem vhodu. ŠUMNI FAKTOR (F , Noise factor) definiramo kot razmerje razmerja signal-šum na vhodu stopnje in razmerja signal-šum na izhodu stopnje. Šumni faktor nam torej pove, koliko se poslabša razmerje signal-šum zaradi termičnega šuma same stopnje:

$$F = \frac{\left(\frac{S}{N} \right)_{vh}}{\left(\frac{S}{N} \right)_{iz}}$$

Bolj pogosto uporabljamo količino, ki se imenuje ŠUMNO ŠTEVILO (NF , Noise figure). To ni nič drugega kot šumni faktor, izražen v decibelih:

$$NF = 10 \lg F \text{ [dB]}$$

Za opis šumnih lastnosti stopenj pa poleg omenjenih dveh količin uporabljamo še količino, ki se imenuje EKVIVALENTNA ŠUMNA TEMPERATURA (T_e , Excess temperature). Vzemimo, da na vhod stopnje priključimo 50 ohmski upor (zaradi prilagoditve ravno 50 ohmski), ki naj bo ohlajen na -273 stopinj C oziroma 0 K. Upor pri tej temperaturi ne bo "proizvajal" šuma. Šum, ki ga izmerimo na izhodu stopnje, je le termični šum same stopnje. Sedaj segrevajmo upor (dvigujmo njegovo temperaturo) tako dolgo, da se bo šum na izhodu stopnje dvakrat povečal (to pomeni, da bo šum, ki ga "proizvaja" upor, enak termičnem šumu stopnje). Temperatura, pri kateri se to zgodi, je enaka EKVIVALENTNI ŠUMNI TEMPERATURI STOPNJE. Večji kot je termični šum stopnje, večja je šumna temperatura. Ekvivalentno šumno temperaturo podajamo v kelvinih.

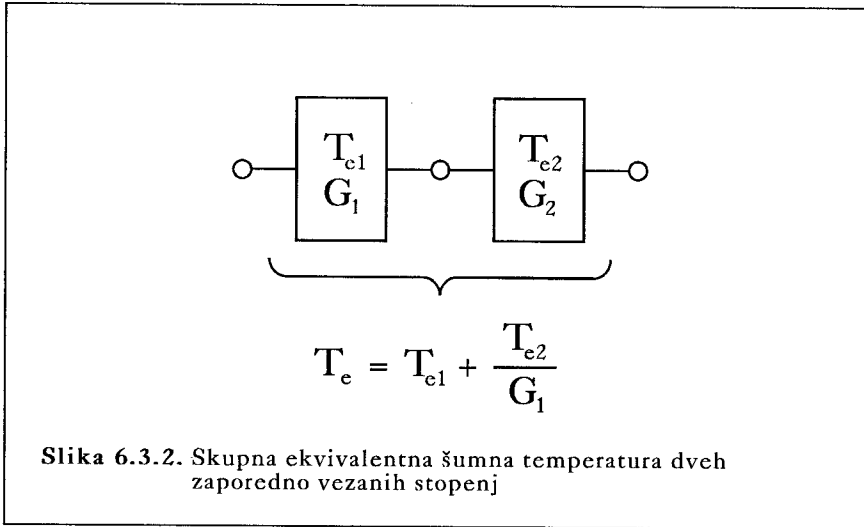
Ker vse tri količine opisujejo eno in isto stvar, obstajajo med njimi zveze:

$$NF = 10 \lg F = 10 \lg \left(1 + \frac{T_e}{T_o} \right) \text{ [dB]}$$

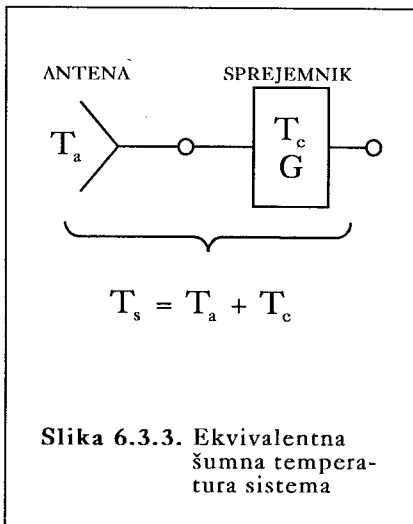
$$T_e = T_o \left(10^{\frac{NF}{10}} - 1 \right) = T_o (F - 1) \text{ [K]}$$

$$T_o = 290K$$

Vzemimo sedaj dve zaporedno vezani stopnji. Vsaka stopnja naj bo opisana z ekvivalentno šumno temperaturo in z njenim ojačenjem (Slika 6.3.2).



T_e je skupna ekvivalentna šumna temperatura. Vidimo, da je vpliv šuma druge stopnje toliko manjši, kolikor je večje ojačenje prve stopnje! To praktično pomeni, da v primeru nizkošumnega ojačevalnika z velikim ojačenjem na začetku sprejemnika šum naslednje stopnje (na primer mešalnika) sploh ni pomemben! Toda ta trditev lahko zavaja, saj ni nujno, da to tudi izboljša razmerje signal-šum na izhodu sprejemnika. Kadar želimo razpravljati o razmerju signal-šum, ni dovolj, da govorimo samo o ekvivalentni šumni temperaturi sprejemnika, temveč moramo tej temperaturi prišteti še temperaturo antene.



Tako dobimo **EKVIVALENTNO ŠUMNO TEMPERATURO SISTEMA** (T_s) -slika 6.3.3.

Razmerje signal - šum je obratnosorazmerno TEMPERATURI SISTEMA, kar pomeni, da ga bomo izboljšali takrat, ko bomo zmanjšali temperaturo sistema! Ker je šumna temperatura antene zelo frekvenčno odvisna, je frekvenčno odvisna tudi šumna temperatura sistema. Šumna temperatura antene je na KV tudi do 10000-krat večja od šumne temperature antene na UKV. Izboljšanje ekvivalentne temperature sprejemnika s pomočjo dobrega predojačevalnika se na kratkem valu na spremembi temperature sistema praktično sploh ne pozna, ker je temperatura antene na KV področju zelo velika in njen delež v vsoti povsem prevlada. Drugače je na mikrovalovnem področju, kjer je temperatura antene dovolj majhna, da v vsoti za temperaturo sistema prevlada temperatura sprejemnika. Dobri nizkošumni predojačevalniki z velikim ojačenjem so zato navadno prva stopnja sprejemniškega sistema za to področje.

2. OSNOVNI POJMI

Poglejmo si nekatere pojme, ki jih srečamo pri obravnavi radijskih sprejemnikov.

OBČUTLJIVOST

Podatek o občutljivost sprejemnika nam pove, kako močan mora biti RF signal na vhodu sprejemnika, da bo na izhodu razmerje signal-šum enako 10 dB. Boljša kot je občutljivost, šibkejše signale je naš sprejemnik sposoben detektirati. Občutljivost je obratnosorazmerna pasovni širini. S SSB sprejemnikom zato dosežemo boljšo občutljivost kot pa na primer s FM sprejemnikom. Nivo signala na vhodu sprejemnika podajamo relativno glede na en miliwatt ali pa kot ekvivalentno napetost na vhodnih sponkah sprejemnika:

$$P_{dBm} = 10 \lg \frac{P}{1 \text{ mW}} \quad [dBm]$$

$$u = \sqrt{PR} \quad [V] \quad R = 50\Omega$$

Podatek, da je občutljivost sprejemnika $0.5 \mu V$ za razmerje signal-šum 10 dB, nam pove, da mora biti na vhodu sprejemnika nivo signala -113 dBm, da dobimo na izhodu razmerje signal-šum 10 dB.

SELEKTIVNOST

Selektivnost pomeni sposobnost prepuščanja signalov na želenem (navadno na ozkem) frekvenčnem pasu in hkrati sposobnost čimvečjega dušenja signalov izven njega. Selektivnost dosežemo z ustreznimi pasovno-prepustnimi filtri. Vsaka stopnja sprejemnika, ki vsebuje pasovno-prepustne filtre, ima določeno selektivnost. Potrebno selektivnost po navadi dosežemo z medfrekvenčnimi filtri v medfrekvenci sprejemnika. Medfrekvenčni filtri za SSB prepuščajo frekvenčni pas širine 2.4 KHz, filtri za CW navadno okoli 500 Hz, filtri za FM pa okoli 15 kHz.

DINAMIČNO OBMOČJE

Dinamično območje sprejemnika nam pove v kakšnih mejah se lahko giblje jakost vhodnega signala. Spodnjo mejo dinamičnega območja določata termični šum sprejemnika in šum okolice, ki ga sprejema antena, zgornjo mejo pa določa obnašanje sprejemnika pri močnih signalih, ki povzročajo preobremenitev, intermodulacijo in še kaj. Sodobni sprejemniki imajo dinamično območje od 80 db do 120 dB.

PREOBREMENITEV

Preobremenitev nastopi, ko se na vhodu sprejemnika pojavi izredno močan RF signal, ki spravi v nasičenje eno ali več stopenj sprejemnika. Sprejemnik postane zelo neobčutljiv oziroma popolnoma "ogluši". Pri tem sploh ni potrebno, da je to signal, ki ga želimo sprejemati.

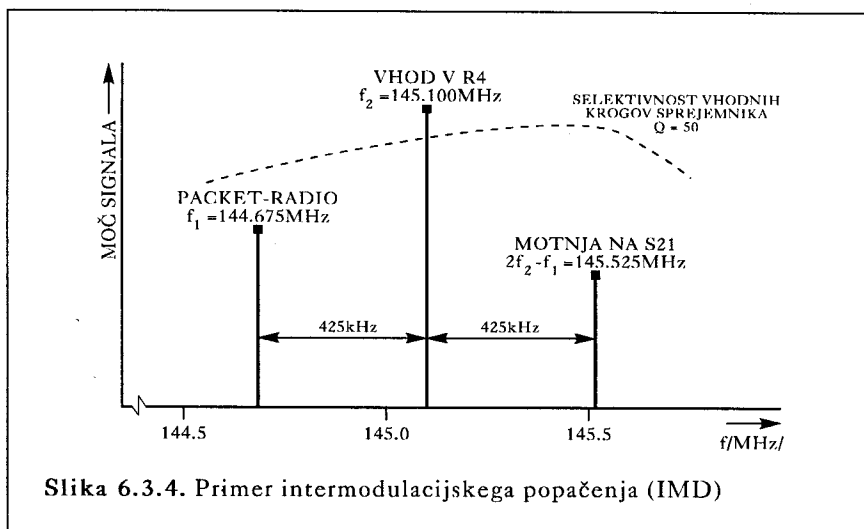
INTERMODULACIJSKO POPAČENJE

V sprejemnikih imamo opravka z nelinearnimi vezji (ojačevalniki niso povsem linearni, mešalniki in množilne stopnje morajo biti nelinearna vezja itd.). Zaradi tega dobimo na njihovem izhodu tudi nezaželene frekvenčne komponente spektra izhodnega signala, ki jih potem z ustreznimi filtri želimo izločiti. Zelo težko pa je izločiti frekvenčne komponente, ki so zelo blizu želenim frekvencam, saj bi za to potrebovali zelo dobre filtre. Problem se pojavi predvsem takrat, ko nelinearno vezje krmilimo z dvema frekvencama (f_1 in f_2), ki sta zelo blizu skupaj. V tem primeru je težko izločiti nastali frekvenčni komponenti $2f_1 - f_2$ in $f_1 - 2f_2$, ki ju imenujemo INTERMODULACIJSKA PRODUKTA TRETJEGA REDA, kot tudi ostale intermodulacijske produkte višjih redov, ki pa imajo že dosti manjšo jakost. Omenjeni pojav imenujemo

INTERMODULACIJSKO POPAČENJE (IMD = InterModulation Distortion). Jakost intermodulacijskih produktov je odvisna od linearnosti celega sprejemnika. Merilo za nelinearnost oziroma linearnost sprejemnika je presečna točka intermodulacije tretjega reda IP3 (third-order intercept point), ki jo podajamo v dBm. Čim višji je IP3, tem boljši je naš sprejemnik.

Poglejmo si še primer intermodulacijskega popačenja.

V strnjenem naselju se pogosto zgodi, da je aktivnih več radioamaterjev hkrati. Če naš sosed uporablja repeter R4, potem bo na vhodu našega sprejemnika zagotovo prisoten precej močan signal na 145.100 MHz (vhodna frekvenca R4). Če poslušamo na frekvenci 145.525 (S21) ravno takrat, ko naš sosed oddaja, bomo na tej frekvenci slišali motnjo packet-radio signala s frekvence 144.675! (Slika 6.3.4) Za to motnjo ni kriv ne sosed, ne packet-radio, ampak naš sprejemnik, ki ima nizek IP3.

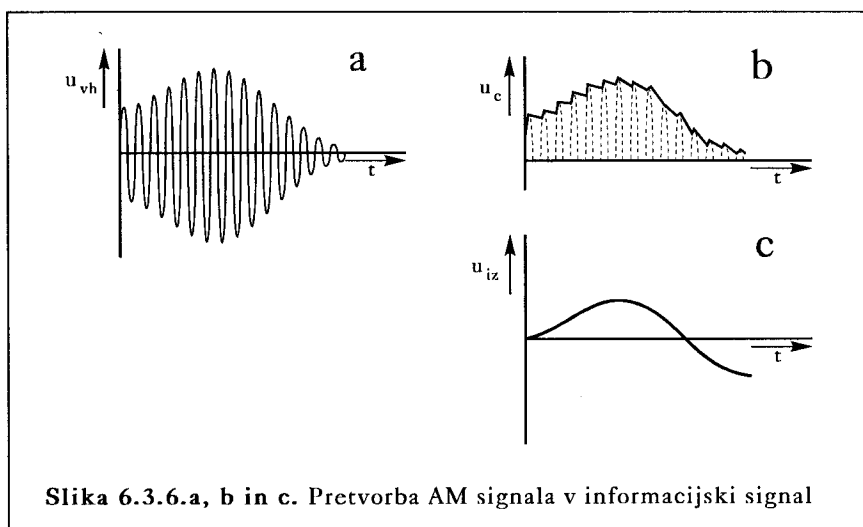
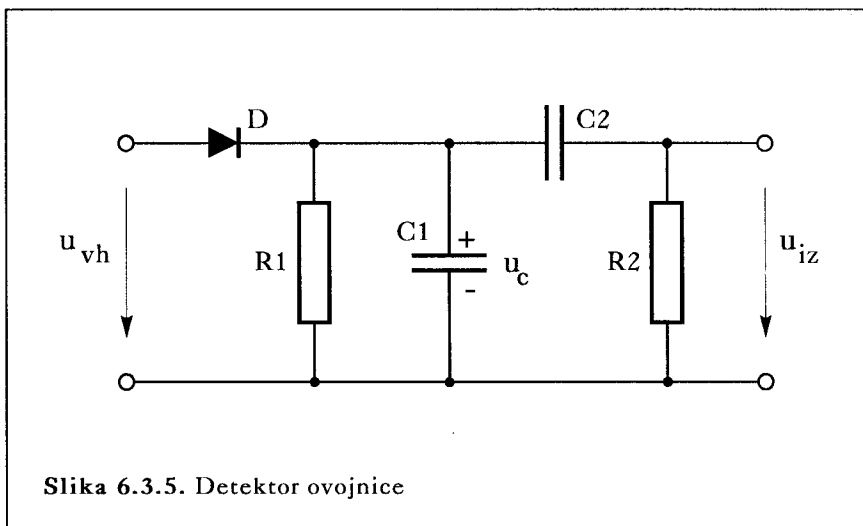


3. DETEKTORJI

Naloga detektorjev je, da iz signala izluščijo informacijo. Tak postopek imenujemo DEMODULACIJA. Detektor lahko zato imenujemo tudi demodulator.

DETEKCIJA AM SIGNALOV

Pri amplitudno moduliranem signalu ima ovojnica signala enako obliko kot informacijski signal. Na izhodu AM detektorja moramo zato dobiti napetost, ki se spreminja tako kot ovojnica AM signala. Detektor za AM se zato imenuje tudi DETEKTOR OVOJNICE. Tak detektor je zelo preprost (Slika 6.3.5). Vhodni AM signal (Slika 6.3.6.a.) najprej usmerimo z diodo, nato ga filtriramo z nizkoprepustnim filtrom (R1 C1). Če sta R1 in C1 pravilno izbrana, je napetost na kondenzatorju



C1 dober približek ovojnice vhodnega AM signala (Slika 6.3.6.b.), saj se C1 med dvema zaporednima vrhovoma usmerjenega AM signala le malo izprazni. S kondenzatorjem C2 nato še odstranimo enosmerno komponento in tako dobimo želeni informacijski signal (Slika 6.3.6.c.).

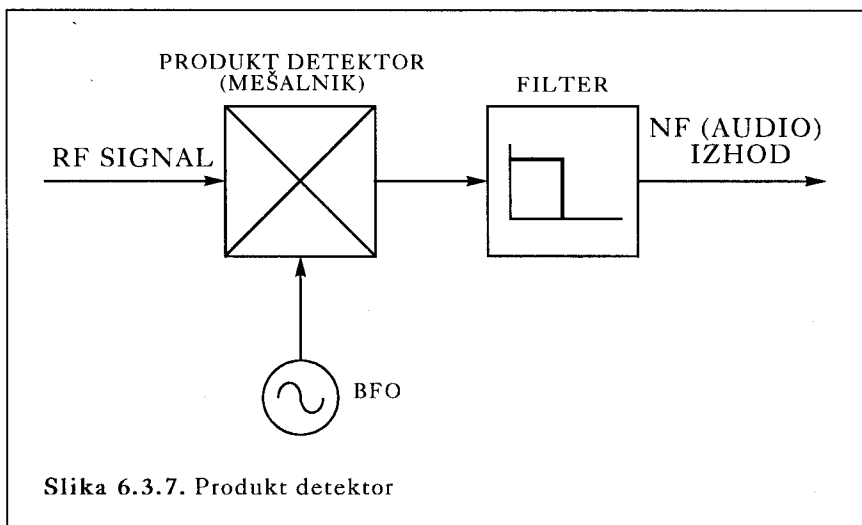
DETEKCIJA CW SIGNALOV

CW signal je nemodulirani nosilec, ki ga prekinjamo v ritmu vnaprej dogovorjenih znakov. Tak signal detektiramo tako, da ga mešamo s signalom, ki ima malenkost višjo ali nižjo frekvenco in ki ga generiramo s posebnim oscilatorjem imenovanim BFO (Beat Frequency Oscillator). Frekvenco BFO izberemo tako, da je eden izmed produktov mešanja v nizkofrekvenčnem (NF) področju. S filtrom, ki prepušča signale v NF področju, se nato znebimo še ostalih produktov mešanja.

Če na primer želimo demodulirati CW signal frekvence 3550 kHz, mešamo CW signal s signalom frekvence 3550.5 kHz (iz BFO). Na izhodu iz mešalnika dobimo signal frekvence 7100.5 kHz in NF signal frekvence 0.5 kHz. Po filtriranju ostane samo želeni signal frekvence 0.5 kHz, ki ga lahko poslušamo s slušalkami.

DETEKCIJA SSB SIGNALOV

Detekcija SSB signala zahteva, da v detektor pripeljemo signal, ki simulira manjkajoči nosilec (nosilec namreč potlačimo v oddajniku in ga



ne oddajamo). Ta signal generiramo z BFO.

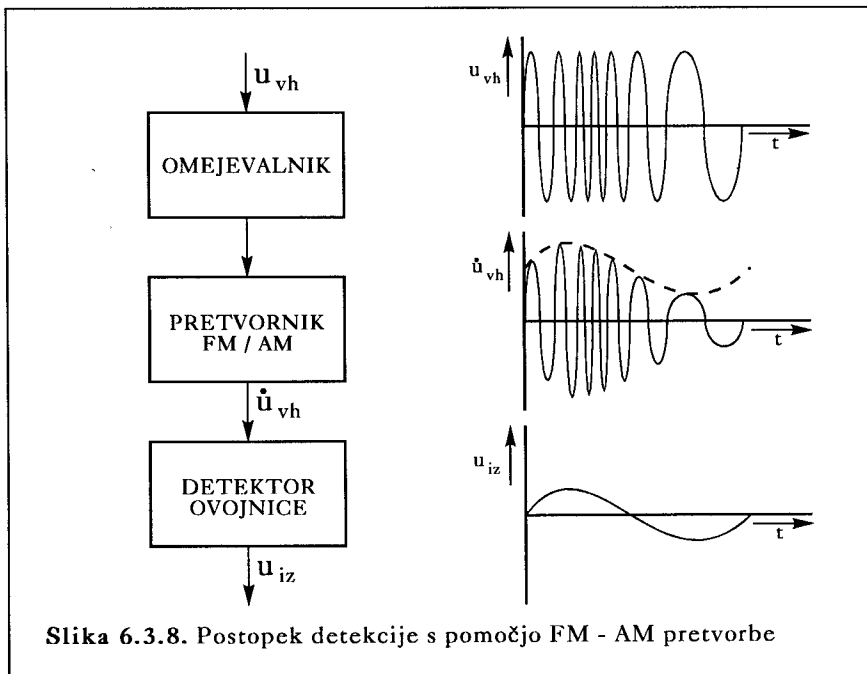
SSB signal lahko detektiramo s PRODUKT DETEKTORJEM. To je mešalnik (Slika 6.3.7), katerega izhod je produkt mešanja SSB signala in signala iz BFO. Frekvenco BFO izberemo tako, da je eden izmed produktov mešanja v NF področju. Mešalniku sledi seveda filter, ki prepušča le nizke frekvence.

S produkt detektorjem lahko detektiramo tudi CW in AM signale.

DETEKCIJA FM SIGNALOV

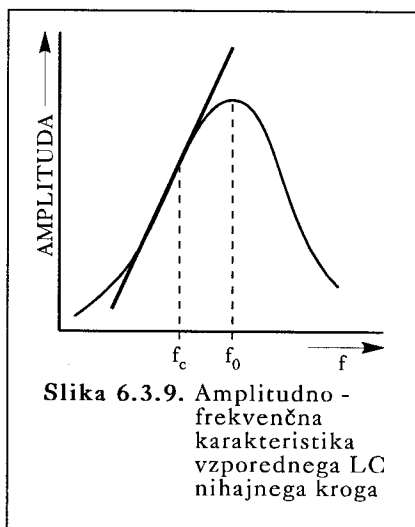
Detektor za FM signale imenujemo tudi FREKVENČNI DISKRIMINATOR. Izhodna napetost diskriminatorja se mora linearno spreminjati s spreminjajočo frekvenco vhodnega FM signala. Ena izmed metod, s katero to dosežemo, je pretvorba FM signala v AM signal, ki ga nato detektiramo z detektorjem ovojnice.

Postopek detekcije s pomočjo FM - AM pretvorbe prikazuje slika 6.3.8. FM signal najprej pošljemo skozi omejevalnik (limiter), ki zagotovi konstantno amplitudo FM signala, saj bi morebitna nezaželena nihanja amplitude lahko vplivala na kasnejšo detekcijo ovojnice pretvorjenega



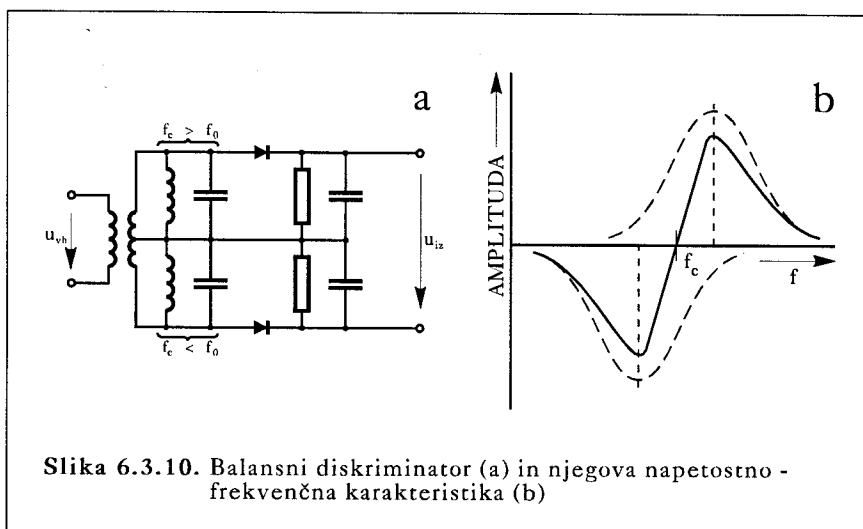
signala. Sledi pretvorba FM signala v AM signal ter detektiranje ovojnice.

Slika 6.3.9 prikazuje amplitudno - frekvenčno karakteristiko vzporednega LC nihajnega kroga, ki ima resonančno frekvenco malo nad frekvenco nosilca f_c . Vidimo, da lahko določen del krivulje aproksimiramo s premico, kar pomeni, da sta na majem področju okoli frekvence f_c amplituda in frekvenca linearno odvisni. LC nihajni krog lahko torej na majem področju v okolici frekvence f_c uporabimo za pretvorbo FM signala v AM signal.

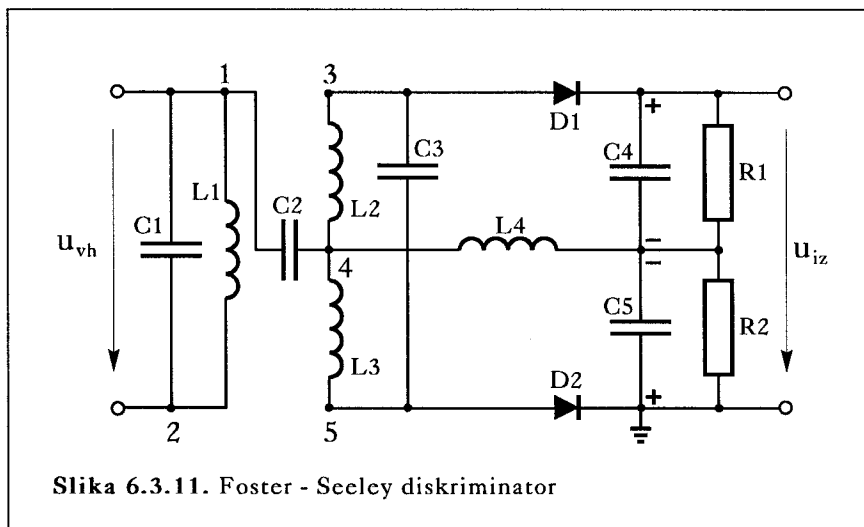


Frekvenčno področje, kjer sta amplituda in frekvenca linearno odvisni, pa lahko povečamo z uporabo balansnega diskriminatorja (Slika 6.3.10.a.).

Ta diskriminator vsebuje dva nihajna kroga. Eden je uglasen malo nad f_c , drugi pa malo pod f_c . Vsakemu nihajnemu krogu sledi detektor ovojnice. Izhod diskriminatorja je potem razlika obeh "ovojnic". Slika 6.3.10.b. prikazuje frekvenčno-napetostno karakteristiko takšnega diskriminatorja.



Za detekcijo FM signalov pa lahko izkoristimo tudi vezja, ki imajo na določenem frekvenčnem območju linearno fazno karakteristiko (frekvenca in faza sta na ozkem področju linearno odvisni). To lastnost izkorišča "diskriminator s faznim zamikom" (phase-shift discriminator). Slika 6.3.11 prikazuje tak diskriminator, ki se imenuje tudi FOSTER-SEELEY DISKRIMINATOR.



Tuljave L_1 , L_2 in L_3 predstavljajo transformator. Njegov primar (L_1) in sekundar (L_2L_3) sta dela resonančnih vezij (C_1L_1 in $C_3L_2L_3$), ki sta v resonanci pri srednji frekvenci vhodnega FM signala. Napetosti na primarju in na sekundarju sta pri resonančni frekvenci med seboj fazno zamaknjeni točno za 90 stopinj, s spreminjajočo frekvenco vhodnega signala pa se fazni kot med njima spreminja. To spreminjanje faze moramo pretvoriti v ustrezno spreminjanje izhodne napetosti, ki mora biti sorazmerna spreminjanju informacijskega signala "skritega" v vhodnem FM signalu.

Sekundar ima točno na sredini odcep, kamor pripeljemo tudi vhodno napetost. Le-to zagotovimo s kondenzatorjem C_2 . Ker je odcep točno na sredini, sta tuljavi L_2 in L_3 enaki. Gledano iz referenčne točke (odcep) sta napetosti na tuljavi L_2 in L_3 med seboj za 180 stopinj fazno zamaknjeni, po velikosti pa enaki. Pri resonančni frekvenci zato napetost na tuljavi L_2 prehiteva vhodno napetost za 90 stopinj, napetost na tuljavi L_3 pa za 90 stopinj za njo zaostaja. V tem primeru tečeta skozi

diodi D_1 in D_2 enako velika tokova, usmerjeni napetosti na kondenzatorjih C_4 in C_5 sta zato po velikosti enaki, vendar nasprotnega predznaka. Izhodna napetost je torej nič. Drugače je seveda, če vhodna frekvenca ni enaka resonančni frekvenci, oziroma, če se le-ta spreminja (vhodni signal je frekvenčno moduliran). Zaradi tega se spreminjajo tudi omenjeni fazni koti, kar ima za posledico spreminjanje velikosti tokov skozi diodi in seveda posredno spreminjanje napetosti na kondenzatorjih C_4 in C_5 . V tem primeru v danem trenutku omenjeni napetosti po velikosti med sabo nista več enaki, zato tudi izhodna napetost ni nič. Z ustrezno izbiro R_1 , C_4 , R_2 in C_5 je izhodna napetost dober približek informacijskega (NF) signala (izhodna napetost dobro sledi spremembam frekvence vhodnega signala).

Tudi Foster-Seeley diskriminator je občutljiv na spremembo amplitude vhodnega signala, zato moramo vhodni signal predhodno amplitudno omejiti (z omejevalnikom).

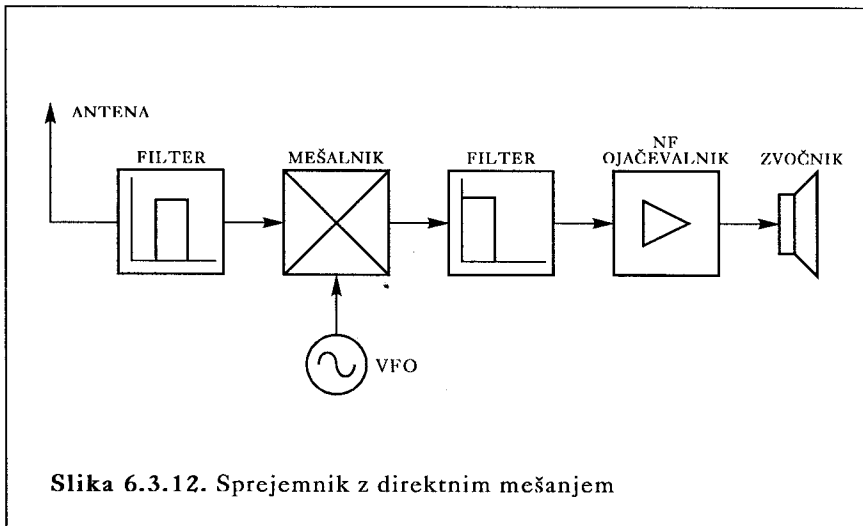
Pogosto se za detekcijo FM signalov uporablja modificiran Foster-Seeley diskriminator, ki se imenuje detektor razmerja (ratio detector).

4. SPREJEMNIK Z DIREKTNIM MEŠANJEM

Sprejemnik z direktnim mešanjem je preprost sprejemnik predvsem za sprejem CW in SSB signalov, možen pa je tudi sprejem AM signalov.

Slika 6.3.12 prikazuje preprost sprejemnik tega tipa. Detektor tega sprejemnika je pravzaprav produkt detektor, ki dela na želeni frekvenci, ki jo določa VFO. Na vhodu je pasovno-prepustni filter, ki prepušča signale na želenem frekvenčnem področju. Rezultat mešanja in nato filtriranja je nizkofrekvenčni (NF) signal, ki ga je potrebno samo še ojačiti na potreben nivo, da ga lahko slišimo v zvočniku oziroma v slušalkah.

Denimo, da želimo sprejemati CW signal na frekvenci 3550 kHz. Če nastavimo VFO na frekvenco 3550 kHz, ne slišimo ničesar, saj je rezultat mešanja nič ($3550 - 3550 = 0$). To frekvenco VFO-ja imenujemo "ZERO BEAT". Nastavimo sedaj VFO na frekvenco 3550.5 kHz. V slušalkah slišimo CW signal frekvence 0.5 kHz ($3550.5 - 3550 = 0.5$). Če frekvenco VFO-ja še malo povečamo, na primer na 3551 kHz, slišimo CW signal frekvence 1 kHz, itd. Zavrtimo sedaj kondenzator VFO-ja v drugo stran - nastavimo na primer frekvenco 3549.5 kHz: v slušalkah



spet slišimo signal frekvence 0.5 kHz ($3550 - 3549.5 = 0.5$). Vidimo, da s sprejemnikom z direktno konverzijo slišimo CW signal dvakrat (pod in nad "zero beat" frekvenco). To lastnost lahko uporabimo za sprejem SSB signalov, saj lahko na ta način na eni strani (od "zero beat" frekvence) sprejemamo LSB, na drugi strani pa USB signal. AM signale pa lahko sprejemamo, če nastavimo VFO na "zero beat" frekvenco.

Sprejemnike z direktnim mešanjem uporabljamo predvsem na nižjih frekvencah kratkega vala. Ker je na teh frekvencah šum neba, ki ga sprejema antena, zelo velik in precej večji od šuma mešalnika, na vходу sprejemnikov z direktno konverzijo ne uporabljamo RF ojačevalnikov. Zadostuje torej samo resonančno vezje - filter. Signal ojačimo šele po demodulaciji. V praksi potrebujemo od 80 dB do 100 dB ojačenja. Ti sprejemniki torej zelo ojačijo nizkofrekvenčni signal, kar ima za posledico probleme z mikrofonijsko, saj lahko že zelo majhni mehanski tresljaji povzročijo motnje na sprejemu. Potrebno selektivnost za sprejem CW in SSB signalov lahko dosežemo z RC filtrom, ki ga priključimo med NF ojačevalnik in slušalke oziroma zvočnik.

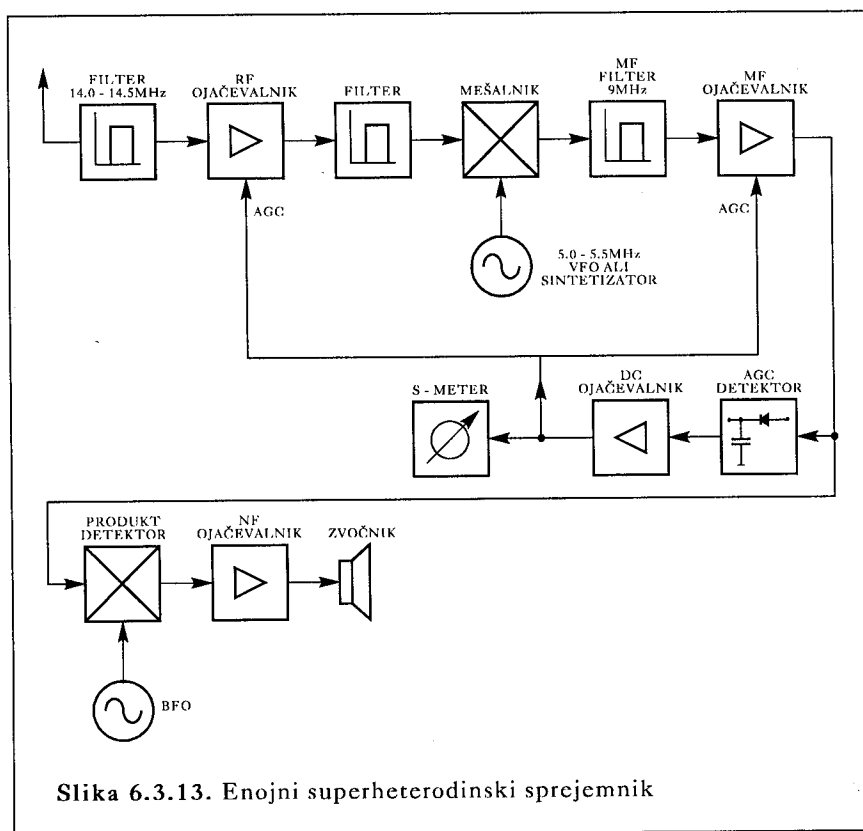
5. SUPERHETERODINSKI SPREJEMNIK

Modulirani RF signal visoke frekvence lahko mešamo na nižjo (ali na višjo) frekvenco, pri tem pa ne pokvarimo njegove informacijske vsebine. Ta proces mešanja smo že spoznali. Operacijo izvedemo v

mešalniku, v katerem mešamo modulirani RF signal z nedomuliranim nosilcem iz lokalnega oscilatorja. Rezultata mešanja sta med drugimi tudi razlika frekvenc vhodnih signalov in vsota frekvenc vhodnih signalov. S filtrom nato izločimo signal želene frekvence.

Sodobni sprejemniki lahko delajo na zelo širokem frekvenčnem področju (na primer sodoben kratkovalovni sprejemnik dela od 0.5 MHz do 30 MHz). Dobri ojačevalniki z velikim ojačenjem se navadno dajo narediti le za dosti ožja frekvenčna področja. Podobno velja tudi za druge sklope, ki sestavljajo sprejemnik. Zato je smiselno prestaviti vhodne signale na skupno fiksno MEDFREKVENCO (MF) in jih tam ustrezno obdelati. Sprejemnik lahko vsebuje več medfrekvenc. Če vsebuje le eno medfrekvenco, ga imenujemo enojni, če pa dve, dvojni superheterodinski sprejemnik.

Slika 6.3.13 prikazuje primer enojnega superheterodinskega sprejemnika za frekvenčno območje od 14.0 do 14.5 MHz.



Slika 6.3.13. Enojni superheterodinski sprejemnik

Vhodno selektivnost sprejemnika na sliki 6.3.13 zagotavljata dva pasovno-prepustna filtra (pred in za RF ojačevalnikom). Ta del sprejemnika se imenuje tudi PRESELEKTOR. RF ojačevalnik ojači signal iz antene. (Na kratkem valu na vhodu sprejemnika ne potrebujemo velikega ojačenja.) V mešalniku se RF signal meša s signalom iz lokalnega oscilatorja, ki je lahko VFO ali pa frekvenčni sintetizator. Želeni rezultat mešanja (v našem primeru signal frekvenca 9 MHz) izločimo s pasovno-prepustnim MF FILTROM. V ta namen navadno uporabljamo kristalne filtre. Frekvenčni pas, ki ga MF filter prepušča, znaša običajno 2.4 kHz (za SSB in CW) oziroma okoli 500 Hz (samo za CW). MF filter torej določa selektivnost sprejemnika. MF filtru sledi eden ali več MF ojačevalnikov, ki ojačijo MF signal na potreben nivo za detekcijo. Detekcijo (demodulacijo) signala izvrši produkt detektor. Njegov izhod je NF signal, ki ga po ojačenju z NF ojačevalnikom lahko poslušamo z zvočnikom. Frekvenco BFO-ja nastavimo glede na to, kaj želimo sprejemati. Za sprejem SSB signalov mora biti frekvenca BFO-ja približno 1.5 kHz zamaknjena glede na srednjo frekvenco MF filtra, za sprejem CW signalov pa je navadno zamaknjena okoli 800 Hz, kar da na NF izhodu ton frekvenca 800 Hz. BFO lahko izvedemo kot kristalni oscilator, kateremu s preklapljanjem kristalov spreminjamo frekvenco glede na izbrano vrsto modulacije (USB, LSB, CW), ali pa ga izvedemo kot VXO (kristalu zaporedno vežemo varaktorsko diodo) in mu tako lahko zvezno spreminjamo frekvenco okoli srednje vrednosti medfrekvenca. Ustrezen frekvenčni zamik za LSB, USB oziroma CW, preprosto nastavimo s potenciometrom.

Zaželeno je, da se ojačenje sprejemnika spreminja glede na jakost vhodnega signala, to pa zato, da je izhodni nizkofrekvenčni signal čimbolj konstanten, ne glede na to, da se jakost vhodnega signala zaradi različnih vzrokov spreminja. Za kontrolo ojačenja zato v sprejemniku skrbi posebno vezje, ki se imenuje vezje za AVTOMATSKO REGULACIJO OJACENJA (AGC = Automatic Gain Control). Informacijo o jakosti vhodnega signala dobi AGC vezje z detektiranjem MF signala ali pa z detektiranjem NF signala. V našem primeru s slike 6.3.13 AGC vezje usmeri MF signal. Sledi enosmerni ojačevalnik, ki ojači napetost na nivo, potreben za regulacijo ojačenja RF in MF ojačevalnika. Dobro načrtovano AGC vezje zagotavlja konstanten NF izhod (v mejah 3dB), tudi če se jakost vhodnega signala spreminja do 100 dB.

Izhod AGC vezja lahko uporabimo tudi za relativno oceno jakosti signala s S - metrom. S-METER je navadno umerjen tako, da pomeni

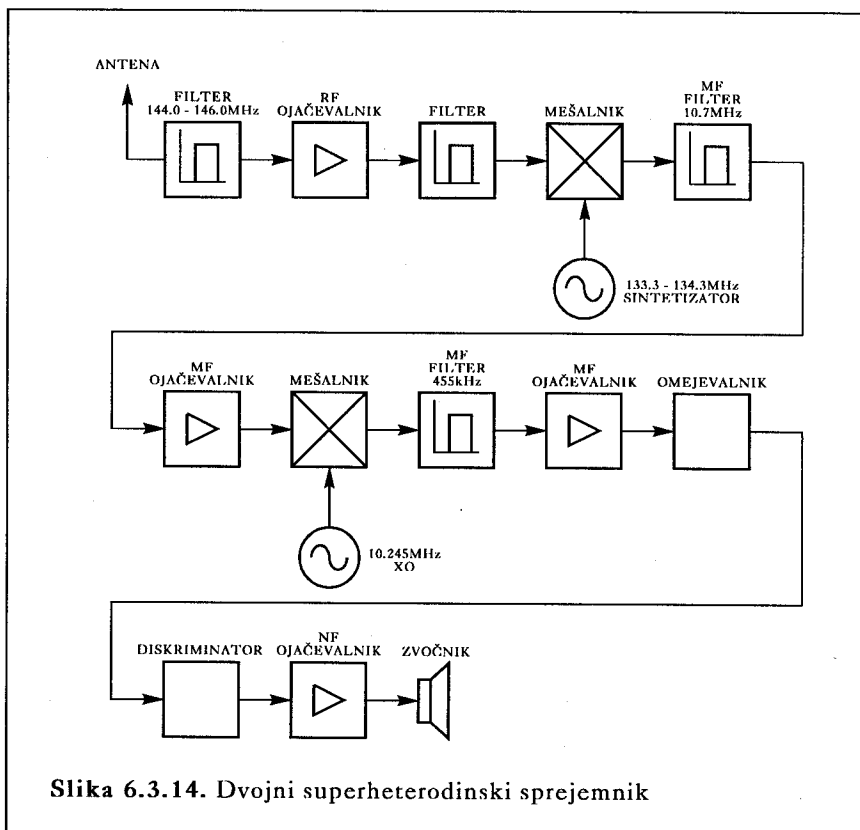
povečanje signala za 6 dB spremembo kazalca za eno S-STOPNJO. S-meter vsebuje 9 S-stopenj. Če je signal močnejši od S9, potem se podajajo decibeli, ki povedo, za koliko je signal močnejši od S9 (na primer +20 dB). Definicija S-stopnje ni standardizirana, zato pri različnih proizvajalcih naletimo na različne definicije (na primer ena S-stopnja lahko pomeni spremembo signala za 4 dB). Prav tako ni standardizirane definicije za jakost signala pri S9.

Pri superheterodinskih sprejemnikih naletimo na problem ZRCALNIH FREKVENC. Denimo, da sprejemamo RF signal frekvence 14 MHz. Po mešanju s signalom lokalnega oscilatorja frekvence 5 MHz dobimo medfrekvenčni signal frekvence 9 MHz ($14 - 5 = 9$). MF signal frekvence 9 MHz pa dobimo tudi, če pride v mešalnik RF signal frekvence 4 MHz ($4 + 5 = 9$)! Rezultat mešanja je torej prav tako MF signal frekvence 9 MHz, ki ga po detektiranju slišimo. Frekvenca 4 MHz je v tem primeru ZRCALNA FREKVENCA (Image frequency). Zelo močan RF signal frekvence 4 MHz bi lahko potemtakem povzročal resne motnje pri sprejemu RF signala frekvence 14 MHz, če bi se uspel "prebiti" skozi vhodne filtre sprejemnika do mešalnika. V našem primeru je zrcalna frekvenca kar precej oddaljena od delovne frekvence našega sprejemnika, zato ji vhodni filtri lahko "preprečijo preboj" do mešalnika. Če pa bi izbrali nižjo medfrekvenco, na primer 0.455 MHz, bi bila zrcalna frekvenca 13.09 MHz, kar je slab MHz proč od delovne frekvence (14 MHz), in filtriranje močnega RF signala tako blizu delovne frekvence bi zahtevalo dober filter na vhodu sprejemnika. Vidimo, da se lahko z izbiro višje medfrekvence in z dobrimi filtri na vhodu sprejemnika precej izognemo problemu zrcalnih frekvenc.

Katero medfrekvenco izbrati, je odvisno predvsem od potrebne selektivnosti sprejemnika in od problema zrcalnih frekvenc. Boljšo selektivnost je lažje zagotoviti na nižjih medfrekvencah, medtem ko je zaradi problema zrcalnih frekvenc boljše izbrati višjo medfrekvenco. Zato imajo sprejemniki navadno dve medfrekvenci (dvojni superheterodinski sprejemniki) - prvo visoko, drugo nizko.

Slika 6.3.14 prikazuje primer dvojnega superheterodinskega sprejemnika za sprejem FM signalov na frekvenčnem področju od 144 do 146 MHz.

Na vhodu sprejemnika s slike 6.3.14 se nahaja RF ojačevalnik s pasovno-prepustnima filtroma na njegovem vhodu in izhodu. Njegovo ojačenje mora biti dosti veliko, da pokrije šum mešalnika in s tem popravi občutljivost sprejemnika. RF signal nato mešamo s signalom



Slika 6.3.14. Dvojni superheterodinski sprejemnik

lokalnega oscilatorja (frekvenčni sintetizator, ki mu lahko nastavimo frekvenco od 133.3 do 135.3 MHz) in po filtriranju dobimo signal prve medfrekvence (10.7 MHz). (Za filter navadno uporabimo kristalni filter pasovne širine okoli 15 kHz - za FM.) Sledi MF ojačevalnik ter ponovno mešanje s signalom lokalnega oscilatorja, ki je v tem primeru kristalni oscilator, ki dela na fiksni frekvenci 10.245 MHz. Po filtriranju dobimo signal druge medfrekvence (455 kHz). (Za filtriranje signala na drugi medfrekvenci pogosto uporabljamo keramične filtre.) Signal pred detekcijo še ojačimo in amplitudno omejimo, nato s frekvenčnim diskriminatorjem izvedemo demodulacijo. Z NF ojačevalnikom ojačimo NF signal na želen nivo.

FM sprejemniki običajno vsebujejo še posebno vezje, ki odklopi NF izhod, če ni vhodnega signala oziroma če je nivo vhodnega signala manjši od določenega praga, ki ga nastavimo. To vezje se imenuje SQUELCH. Imajo ga tudi nekateri SSB sprejemniki.

6.4. VALOVANJE

Ljudje so že zgodaj ugotovili, da v naravi pogosto pride do pojava valov. Valove najlažje opazimo na vodni površini. Tudi struna pri instrumentu valovi in s tem generira valovanje, ki ga uho zazna kot zvok. Elektromagnetne valove so odkrili kasneje, nekje na začetku 19. stoletja. Ravno področje elektromagnetnih valov, med katere spadajo tudi radijski valovi, nas bo v nadaljevanju najbolj zanimalo.

Za razumevanje elektromagnetnih valovanj so pomembni pojmi amplituda, frekvenca, valovna dolžina, faza in hitrost širjenja valov. To so osnovni pojmi, s katerimi se bomo srečevali vedno, ko nas bo delo zaneslo na področje valov. Z njimi smo se seznanili v uvodnih poglavjih, ko smo opazovali sinusno spreminjanje napetosti in toka. Vse kar smo izvedeli tam, nam bo tudi na tem mestu koristilo.

Takoj ko nas pogovor zanese na področje radijskih komunikacij, se srečamo s pojmom valovanja. Najbolj nazoren način valovanja opazimo na vodni površini, saj je to pojav, s katerim se skoraj vsakodnevno srečujemo, za njegovo opazovanje pa ne potrebujemo nobenih dodatnih naprav. V primeru, da na površino stoječe vode vržemo neki predmet, bomo izzvali valovanje, ki se krožno širi iz mesta, kjer je predmet priletel v vodo. Nastalo valovno gibanje nima oblike vodnega toka, voda ne teče. To dokažemo tako, da na vodi opazujemo drevesni list ali kak drug majhen plavajoč predmet. List se ne premika po vodni gladini, le dviga in spušča se na mestu v ritmu valovanja.

1. ELEKTROMAGNETNI VALOVI

Valovi, ki smo jih opazovali na vodi, so ena od oblik prenosa energije. V primeru zvoka potrebujemo zrak kot medij za prenos energije od oddajnika (npr. struna) do sprejemnika (npr. človeško uho). Kot vidimo, take vrste valovanj potrebujejo neko snov, ki služi kot medij za prenos valov. Od sedaj naprej se bomo osredotočili na elektromagnetne (EM) valove. To so valovi, ki za prenos energije ne potrebujejo neke snovi. V praznem prostoru se širijo s hitrostjo svetlobe, 300000 kilometrov na sekundo. To hitrost obravnavamo kot konstanto in jo označimo s "c". Ob upoštevanju tega dejstva, lahko enačbo za hitrost širjenja EM valovanja napišemo v sledeči obliki:

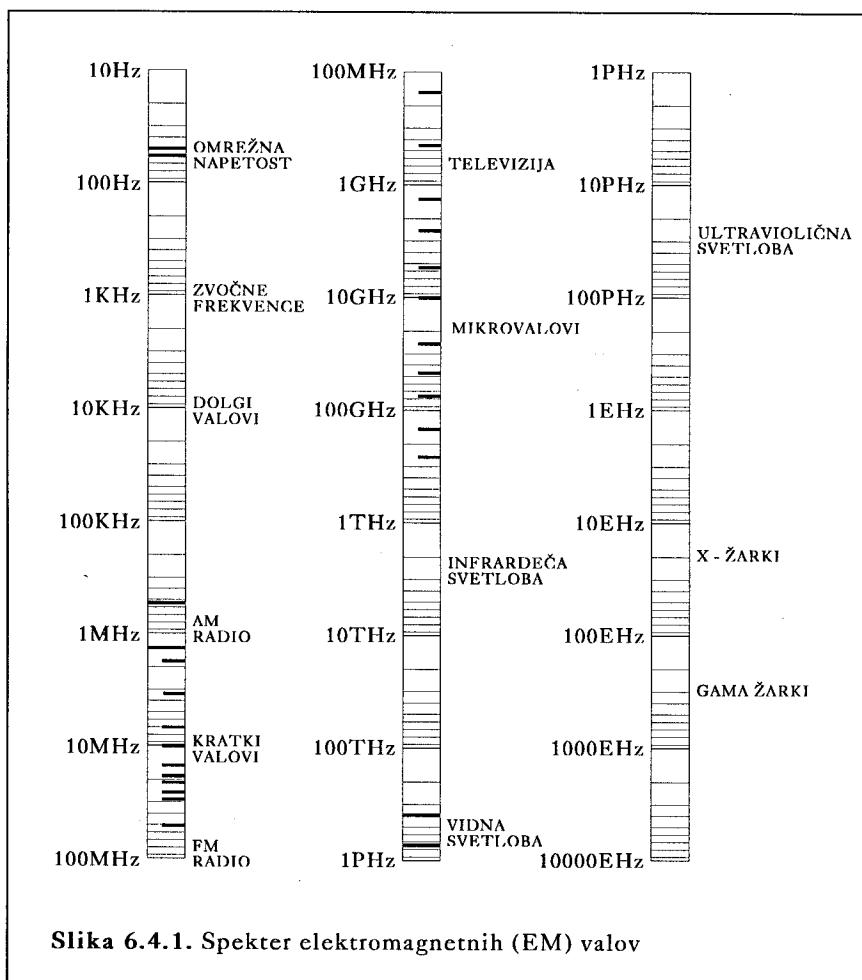
$$c = f \cdot \lambda$$

c - hitrost širjenja svetlobe 300 000 000m/s

f - frekvenca valovanja (Hz)

λ - valovna dolžina (m)

Spekter EM valovanj (Slika 6.4.1) obsega široko paleto valovanj z vsemi možnimi frekvencami. S krajšimi odebeljenimi črticami je označeno, kje v tem spektru se nahajajo frekvenčna področja, namenjena delu radioamaterjev.



Iz enačbe za hitrost širjenja EM valov lahko izpeljemo sledeči zvezi:

$$f = \frac{c}{\lambda} \qquad \lambda = \frac{c}{f}$$

V primeru, da računamo frekvenco v megahertzih (1 MHz = 1 000 000 Hz) in valovno dolžino v metrih (m), pridemo do enačb, ki ju bomo pogosto srečevali:

$$f = \frac{300}{\lambda} \qquad \lambda = \frac{300}{f}$$

Primer: Kakšna je frekvenca valovanja z valovno dolžino 80m?

$$f(\text{MHz}) = \frac{300}{80} = 3.750 \text{ MHz} = 3750 \text{ kHz}$$

Kakšna je valovna dolžina valovanja s frekvenco 145.0 MHz?

$$\lambda = \frac{300}{145} = 2.07 \text{ m}$$

2. FREKVENČNA DELITEV

Radijski valovi so del celotnega elektromagnetnega spektra, ki nas najbolj zanima. Obsegajo frekvence od 30kHz do 300GHz. Zaradi praktičnosti razdelimo celotni spekter, ki ga obsegajo radijski valovi, v frekvenčne pasove ali področja, ki jih radioamaterji imenujemo "bandi". Frekvenčni pas je skupina frekvenc, katero označimo s številsko vrednostjo, ki je blizu valovne dolžine ene od frekvenc iz skupine.

Poglejmo si dva primera:

Malo prej smo izračunali, da odgovarja valovni dolžini 80m frekvenca 3.750MHz.

Kljub temu, da je amaterjem v Sloveniji dovoljena uporaba frekvenc med 3.5MHz in 3.8MHz, iz praktičnosti govorimo le o 80-metrskem pasu.

Na drugi strani imamo 2-metrski pas, ki zavzema frekvence med 144MHz in 146MHz. Izračun pokaže, da ima to področje valovne dolžine med 2.08m in 2.05m.

Iz vsega navedenega vidimo, da oznaka pasu ali področja ni neka natančna številka, se pa zaradi praktičnosti zelo pogosto uporablja.

Radijski spekter je razdeljen v skupine frekvenc. Posamezne skupine imajo pri razširjenju valov zelo različne lastnosti, znotraj ene skupine pa so te lastnosti zelo podobne. Ta delitev je prikazana v nadaljevanju.

1. Zelo nizke frekvence - VLF (Very Low Frequencies) obsegajo frekvence od 3kHz do 30kHz. Zelo dolgi valovi imajo valovno dolžino, ki presega 10km.
2. Nizke frekvence - LF (Low Frequencies) obsegajo frekvence od 30kHz do 300kHz. Dolgi valovi imajo dolžino med 10km in 1km.
3. Srednje frekvence - MF (Medium Frequencies) obsegajo frekvence od 300kHz do 3MHz. Srednji valovi imajo dolžino med 1000m in 100m.
4. Visoke frekvence - HF (High Frequencies) obsegajo frekvence od 3MHz do 30MHz. Kratki valovi imajo dolžino med 100m in 10m.
5. Zelo visoke frekvence - VHF (Very High Frequencies) obsegajo frekvence od 30MHz do 300MHz. Tem valovom pravimo tudi "metrski valovi" in imajo dolžino med 10m in 1m.
6. Ultra visoke frekvence - UHF (Ultra High Frequencies) obsegajo frekvence od 300 MHz do 3 GHz. "Decimetrski valovi" imajo dolžino med 100cm in 10cm.
7. Super visoke frekvence - SHF (Super High Frequencies) obsegajo frekvence od 3 GHz do 30 GHz. "Centimetrski valovi" imajo dolžino med 10cm in 1cm.
8. Ekstremno visoke frekvence - EHF (Extremely High Frequencies) obsegajo frekvence od 30GHz - 300GHz. "Milimetrski valovi" imajo dolžino med 10mm in 1mm.

Radijski spekter si delijo mnogi uporabniki, med katerimi smo tudi radioamaterji, ki imamo določene frekvenčne pasove v skoraj vseh zgoraj naštetih frekvenčnih področjih. Izjema sta le najnižji področji - zelo nizke in nizke frekvence (VLF in LF). O frekvenčnih pasovih, ki so namenjeni radioamaterski dejavnosti, smo podrobneje govorili v poglavju Amaterske radijske komunikacije.

6.5. RAZŠIRJANJE RADIJSKIH VALOV

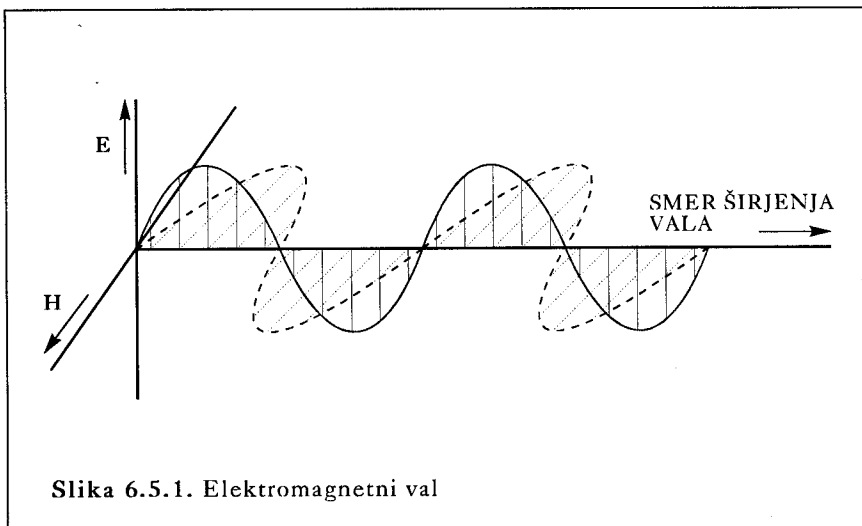
V poglavju o valovanju smo omenili, da radijski valovi za svoje razširjanje ne potrebujejo nekega prenosnega medija. Čisto brez problemov se razširjajo tudi v praznem prostoru. V praksi pa se to dogodi bolj poredko, saj se večina valov razširja skozi atmosfero, kjer so podvrženi raznim vplivom, zaradi katerih se začno kriviti, odbijati ali pa zaradi absorpcije v določenih plasteh atmosfere celo izginejo.

Razširjanje radijskih valov je tema poglavja, ki je pred nami. Seznanili se bomo, kako pridejo radijski signali od oddajnika do sprejemnika, kaj se dogaja na poti med obema postajama ter kaj vse vpliva na to pot.

1. ELEKTROMAGNETNO VALOVANJE

Ko v nekem vodniku, na primer v antenski žici, povzročimo električni tok, se v okolici tega vodnika ustvari elektromagnetno (EM) polje, ki se širi od antene s svetlobno hitrostjo 300000 km/s.

Ti valovi potujejo od izvora v ravnih linijah pod pogojem, da na njih ne delujejo neke zunanje sile. Z večanjem oddaljenosti od izvora valovanja se jakost valovanja zmanjšuje. Izkaže se, da jakost valovanja pada s kvadratom oddaljenosti od izvora. To pomeni, da bo moč signala 2km od izvora le še 1/4 moči, ki jo je signal imel 1km od izvora, in



Slika 6.5.1. Elektromagnetni val

da je moč 3km od izvora le 1/9 moči, ki jo je imel pri 1km. Vidimo, da moč hitro pada, vendar to danes ne predstavlja prehudega problema, saj so sprejemniki dovolj občutljivi in lahko "obdelajo" vhodni signal, ki je zelo šibak. Tako lahko sprejemamo signale, ki jih oddajajo na tisoče kilometrov oddaljeni oddajniki.

Na splošno lahko vse valove delimo v "transverzalne" in "longitudinalne". Transverzalni so tisti, ki nihajo pravokotno glede na smer širjenja, longitudinalni pa tisti, ki nihajo vzporedno glede na smer razširjanja valovanja.

Elektromagnetno valovanje sestavljata dve polji - električno (E) in magnetno (H). Električno polje je posledica napetosti - potencialne razlike med dvema točkama, magnetno pa gibanja električno nabitih delcev - električnega toka. Polji sta med seboj pravokotni. Medsebojno lego glede na smer širjenja nam prikazuje slika 6.5.1.

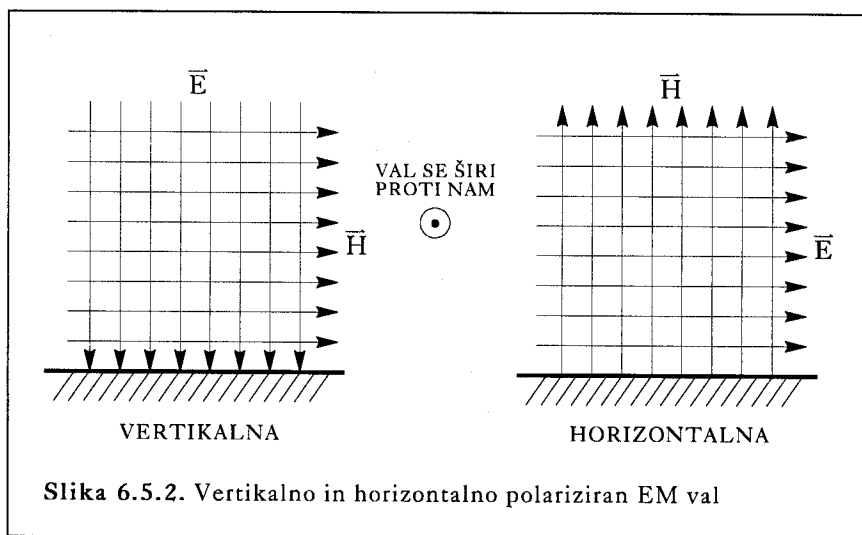
POLARIZACIJA

Smer električne komponente (E) elektromagnetnega polja določa njegovo polarizacijo. Splošna oblika polarizacije se imenuje eliptična polarizacija. Pri njej smer in amplituda E komponente polja nista fiksni, ampak se menjata v obliki elipse. Vse ostale vrste polarizacij so v bistvu le posebni primeri. Eden od teh je krožna ali cirkularna polarizacija, ki je glede na smer kroženja lahko desna ali leva. Ta tip polarizacije v kratkovalovnem področju nima posebne vloge. Večji pomen ima na UKV področjih, še posebno pri zvezah preko satelitov.

Pri linearni polarizaciji imajo silnice električnega polja konstantno smer. Z Zemljino površino, ki jo vzamemo kot referenčno ravnino, zavzemajo določen kot. Skrajna primera sta horizontalna in vertikalna polarizacija (Slika 6.5.2). Pri vertikalno polariziranem valu so silnice E polja pravokotne na zemljo. Pri horizontalno polariziranem valu pa so silnice električnega polja vzporedne z Zemljino površino. Možni so tudi vmesni koti. Na sliki 6.5.1 vidimo vertikalno polariziran EM val.

Na splošno lahko rečemo, da vertikalno postavljena antena generira vertikalno polarizirane valove in horizontalno postavljena antena horizontalno polarizirane valove. Teoretično ne moremo sprejemati vertikalno polariziranih valov s horizontalno postavljeno anteno in obratno. V praksi pa zaradi odbojev od ovir in nepravilnosti v ionosferi prihaja do sprememb v

polarizaciji. Zaradi tega je možna zveza tudi med postajami, od katerih ima ena vertikalno, druga pa horizontalno polarizirano anteno.



ODBOJ, LOM IN UKLON VALOVANJA

To so trije pojmi, ki jih pri valovanju pogosto srečujemo.

Odboj ali refleksija se deli na usmerjeno in difuzijsko. Usmerjen odboj nastane na ravni površini. Zanj je značilno, da sta vertikalna na odbojno površino, vpadni val in odbiti val, v isti ravnini. Vpadni kot je enak odbojnemu. Difuzijski odboj nastane na neravni površini in povzroči, da se valovanje, ki je zadelo ob tako površino zadelo, razprši.

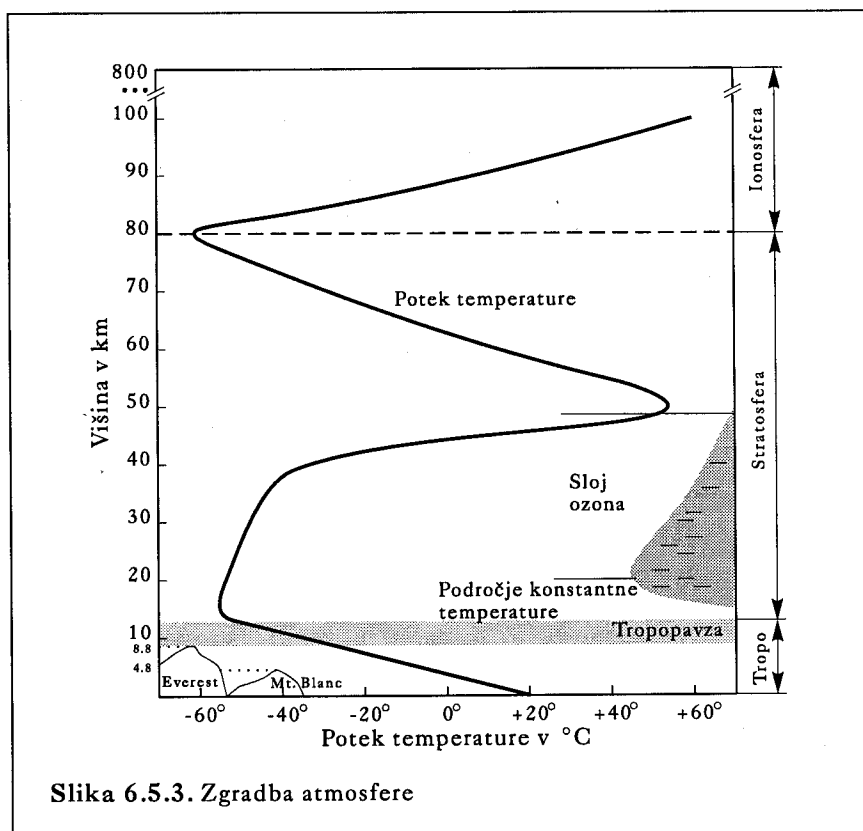
Lom ali refrakcija valovanja nastane pri prehodu med dvema prenosnima snovema, ki imata različni dielektrični konstanti. Od te konstante je odvisna hitrost razširjanja valovanja. Če se spremeni hitrost valovanja, se spremeni tudi njegova smer. Za primer lahko vzamemo palico, ki jo poševno postavimo v posodo z vodo - zdi se, da je palica zlomljena.

Do uklona ali difrakcije valovanja pride na robovih ovir, ki se nahajajo na poti valovanja. Ta pojav je zelo frekvenčno odvisen - s porastom frekvence se intenzivnost zavijanja zmanjšuje.

2. ZEMELJSKA ATMOSFERA

Zemeljska atmosfera ima pomembno vlogo pri razširjanju elektromagnetnih valov. Sega do višine okoli 2500 km in je sestavljena iz raznih plinov (kisik, dušik, ogljikov dioksid, ozon) ter vodne pare. Deli se na tri glavne plasti: troposfero, stratosfero, ionosfero.

Troposfera sega od zemljine površine do višine okoli 11km. V njej se odvijajo vsi meteorološki procesi, ki vplivajo na stanje vremena. Temperatura z višino konstantno pada in v zgornjih plasteh doseže približno minus 50 stopinj C. V troposferi je približno 3/4 vseh plinov in par, ki sestavljajo atmosfero. Stanje v tem atmosferskem pasu je še posebno pomembno za razširjanje UKV valov.

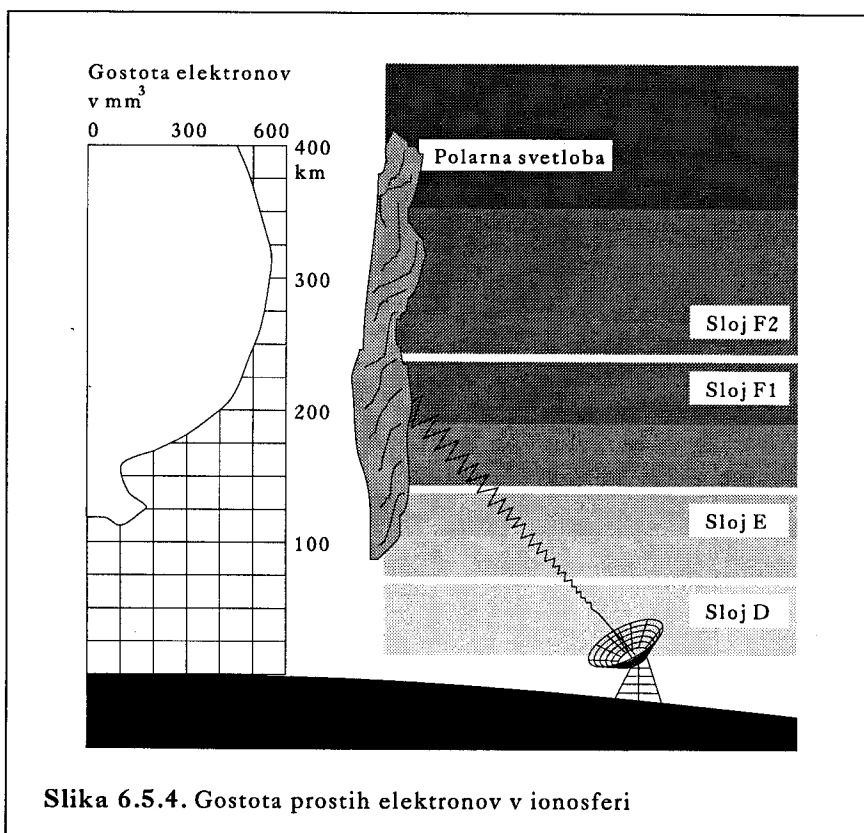


Slika 6.5.3. Zgradba atmosfere

Stratosfera se razprostira na višini od 11 - 80km. To področje je brez meteoroloških pojavov in ne vsebuje vodnih par. Sprva je temperatura

konstantna (do približno 20km), nato pa do 50km neprestano raste in doseže okoli 50 stopinj C. V tem področju je veliko ozona, ki varuje Zemljo pred življenju nevarnimi sevanji, (ultravijolični žarki - UV). Nad to višino začne temperatura ponovno padati vse do višine 80km, kjer se začne ionosfera in se prične temperatura dvigati (Slika 6.5.3).

Ionosfera se prične na višini 80km. Razširja se nekako do višine 800km, nato pa začne počasi prehajati v medplanetarni prostor - vesolje. Območje tega prehoda imenujemo tudi eksosfera. Za ionosfero je značilno, da je sestavljena iz velikega števila nosilcev električnega naboja - elektronov in ionov. Ti delci nastanejo pretežno zaradi cepljenja nevtralnih molekul zraka pod vplivom ultravijoličnega in rentgenskega sevanja sonca. Ta sevanja imajo dovolj veliko energijo, da izbijejo elektrone iz molekul prisotnih plinov. Tako poleg prostega elektrona dobimo tudi pozitivni ion. V primeru, da se svobodni elektron ponovno veže na pozitivni ion, ponovno dobimo nevtralno molekulo. Procesu, v



katerem ponovno nastane nevtralni atom ali molekula, pravimo rekombinacija.

Gostota prostih elektronov je odvisna od intenzivnost sevanja sonca in višine (Slika 6.5.4).

Odboj valov z določeno frekvenco lahko razložimo s prisotnostjo električno nabitih delcev. V bistvu ne gre za dobesedni odboj (kot svetloba v ogledalu), ampak za počasno zavijanje vala v ionosferski plasti.

Raziskave ionosfere so pokazale, da je ta sestavljena iz štirih glavnih slojev, ki jih imenujemo D, E, F1 in F2 sloj.

D sloj se nahaja na višini okoli 80km in je prisoten le čez dan, ponoči pa izgine. E sloj se nahaja na višini okoli 120km. Nad njem je F sloj. Čez noč in v času nizke ionizacije je to en sloj, ki pa se čez dan in v času velike ionizacije razdeli na dva sloja - F1 in F2. Višina F1 sloja je okoli 220km, F2 sloja pa 400km. Iz slike 6.5.4 je razvidno, da ionizacija raste vse do sloja F2, nato pa začne počasi upadati.

Zavedati se moramo, da so te številke namenjene orientaciji in lažji predstavi. Med posameznimi sloji ni ostre meje; en sloj počasi prehaja v drugega. Jakost ionizacije in višina maksimalne ionizacije se neprestano menjata v odvisnosti od aktivnosti sonca, letnega časa in ure dneva.

3. DELITEV RADIJSKIH VALOV GLEDE NA NAČIN ŠIRJENJA

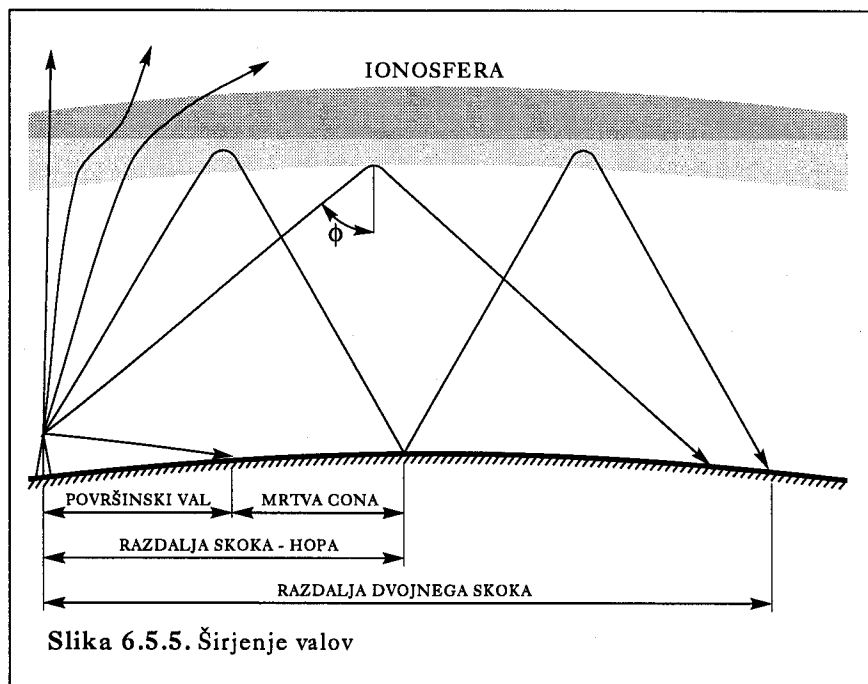
Glede na način širjenja delimo valove na:

- Površinske ali talne,
- Troposferske ali direktne,
- Prostorske ali ionosferske.

Površinski valovi se širijo ob površini Zemlje. Zaradi tega so podvrženi absorbciji v Zemljini površini, preko katere se širijo. Absorbpcija je tem večja, čim višjo frekvenco ima valovanje. Za doseganje velikih razdalj je ta način razširjanja uporaben le za srednje in dolge valove. Na kratkovalovnem področju je domet površinskega vala le od 15km do 100km, odvisno od frekvence.

Za troposferske valove je značilno, da se ves čas širijo v zemeljski

trospferi. Na ta način se širijo valovi vseh UKV področij. V primeru, da zadenejo ob oviro, se odbijejo in spremenijo smer.



Za kratke valove je značilno prostorsko razširjanje. Valovi se širijo v prostor, odbijejo od ionosfere in se vrnejo na Zemljo. S to vrsto razširjanja je mogoče doseči največje razdalje na KV področju. Do loma valovanja v ionosferi pride zaradi različnih hitrosti valovanja, ki so posledice različnih gostot prostih elektronov. Pri tem obstaja odvisnost: čim višja je frekvenca valovanja, večja mora biti gostota elektronov, da pride do uspešnega odboja.

Poleg tega na kvaliteto odboja vpliva tudi kot, pod katerim valovi zadenejo ionosfero. Nižji je vertikalni kot sevanja antene glede na Zemljino površino, uspešnejši je odboj, hkrati pa je tudi dosežena razdalja večja. Če je vpadni kot valovanja prevelik, se ne odbije. Prebije ionosfero in se izgubi v vesolju.

Slika 6.5.5 nam ponazarja, kako valovanje zapušča oddajno anteno in se vrača na zemljo. Področje, ki je blizu oddajne antene, bo sprejemalo signale površinskega vala. Temu sledi področje "mrtve cone", ki se nahaja med dosegom površinskega vala in vala, ki se odbije od ionosfere. Signal se lahko odbije od Zemljine površine nazaj proti

ionosferi, kjer se ponovno odbije proti Zemlji. Ta proces se lahko večkrat ponovi - govorimo o skokih ali "hopih".

4. AKTIVNOST SONCA - SOLARNI CIKLUS

Možnost vzpostavljanja zvez na kratkem valu s pomočjo prostorskih valov je najbolj odvisna od stanja v ionosferi. Na ionosfero pa najbolj vpliva UV sevanje Sonca, z drugimi besedami aktivnost Sonca ali solarni cikel. Približno pet let in pol je potrebno, da intenzivnost ultravijoličnega sevanja preide od minimuma na maksimum. V obdobju, ko je UV sevanje majhno, je tudi ionizacija majhna. Zaradi tega se signali, ki imajo kratko valovno dolžino, od nje ne morejo odbiti. Prebijejo ionosfero in se izgubijo v vesolju. V času velike intenzivnosti UV sevanja se ionizacija poveča, kar omogoči odboj signalov s krajšo valovno dolžino od ionosfere.

Emisija velikih količin UV sevanja je v tesni zvezi s pojavi na površini Sonca. Posebno pomembno vlogo pri tem imajo sončne pege. Pokazalo se je, da je UV sevanje minimalno v času, ko je teh najmanj. Pege se lahko pojavljajo v skupinah ali posamezno. Značilno je, da se pojavijo predvsem v območju Sončnega ekvatorja in se gibljejo hkrati z njegovo rotacijo, ki znaša 27 dni. Med nastankom in ponovnim izginotjem peg preteče nekaj ur, lahko pa tudi več mesecev. Na osnovi opazovanj so znanstveniki ugotovili, da se število sončnih peg periodično spreminja, v povprečju na vsakih 11 let. Temu pravimo cikel sončnih peg. Samega pojava sončnih peg in njihovega ciklusa znanost še ni uspela uspešno razložiti in za znanstvenike ostajajo ena od velikih ugank.

VPLIV AKTIVNOSTI SONCA NA POSAMEZNE SLOJE ATMOSFERE

F SLOJ

F sloj je od vseh slojev v ionosferi najmočnejše ioniziran. Za vzpostavljanje dolgih zvez (DX) na KV je najpomembnejši F2 sloj. Rekombinacija v tem sloju je počasna, tako da obstaja tudi ponoči. Minimum ionizacije je tik pred sončnim vzhodom. Z vzhodom Sonca ionizacija hitro doseže povprečno dnevno vrednost. Višina sloja se preko dneva spreminja. Podnevi je višje kot ponoči.

Za F2 sloj so značilne nepravilnosti ali anomalije, ki se pojavljajo občasno ali redno. Ena od teh je, da ionizacija ni največja v času, ko je Sonce v zenitu - opoldan, ampak v zgodnjih popoldanskih urah (dnevna anomalija). Drug primer je, da se ionizacija poveča ponoči, ko sloj sploh ni osvetljen (nočna anomalija).

F1 sloj obstaja le čez dan. Nastane pod F2 slojem, to se pravi bliže Zemlji. Poleti je bolj pogost kot pozimi. F1 sloj je za razširjanje kratkih valov nezaželen, saj s slabljenjem signalov otežkoča odboj od F2 sloja.

E SLOJ

E sloj se formira samo nad predelom Zemlje, ki ga osvetljuje Sonce. Po vzhodu Sonca se ionizacija hitro povečuje in doseže maksimum okoli poldneva. Nato začne ionizacija do zahoda Sonca počasi padati. Z nastankom noči E sloj v roku ene ure popolno izgine.

Sporadični E sloj (Es) je občasen pojav močno ioniziranega področja, ki pa nima obliko sloja, temveč je bolj podoben oblaku. Ta pojav spada med ionsferske motnje. Es je področje zelo velike ionizacije, ki lahko odbija celo UKV valove.

D SLOJ

D sloj je najnižji sloj v ionosferi in se nahaja v relativno gostem delu atmosfere. Gostota prostih elektronov v tem sloju je majhna, zato se od njega lahko odbijajo le relativno dolgi valovi. Kratki valovi pa skozenj prodrejo in se pri tem več ali manj oslabijo. Slabljenje pada z višanjem frekvence, tako da je največje na področju 80 m, najmanjše pa na področju 10m. D sloj nastane le čez dan, z nastopom noči pa nastopi hitra rekombinacija in sloj izgine.

MOTNJE V IONOSFERI

Motnje v ionosferi so vedno prisotne z večjo ali manjšo intenziteto. So posledica aktivnosti Sonca. S povečanjem njegove aktivnosti pride tako do povečanega sevanja, kakor tudi do povečane emisije delcev (Sončni veter). Vzrok motenj v ionosferi je največkrat veliko povečanje ionizacije v D sloju. Posledica tega je povečanje slabljenja signalov, tako da ni možno vzpostavljati dolgih zvez. Ti pojavi so lahko kratkotrajni ali pa trajajo več dni. Pojavijo se lahko tako podnevi kot ponoči. Med motnje v ionosferi štejemo tudi pojav polarne svetlobe (aurora) in

sporadičnega E sloja (Es). O nastanku Es, ki je zanimiv predvsem za UKV DX zveze, obstaja več teorij, vendar nobena v celoti ne razloži tega pojava.

5. KRITIČNA FREKVENCA, NAJVIŠJA IN NAJNIŽJA UPORABNA FREKVENCA

Med radioamaterji kroži kar nekaj računalniških programov, ki naj bi služili napovedovanju širjenja radijskih valov. Take napovedi objavljajo tudi nekatere tuje radioamaterske revije. V njih se pojavljajo izrazi, ki so razloženi v naslednjih vrsticah.

KRITIČNA FREKVENCA (označimo jo s f_{kr}) je najvišja frekvenca, pri kateri se val, ki pod pravim kotom zadene ionosfero, še odbije in se vrne na Zemljo. Valovi, ki imajo višjo frekvenco od kritične, se od ionosfere ne odbijejo. Iz tega sledi, da okoli oddajnika nastane področje, kjer ni mogoče sprejemati oddanih signalov. Tako področje je znano pod imenom MRTVA CONA. Njena velikost je odvisna od uporabljene frekvence in sloja ionosfere, ki sodeluje pri odboju.

Najvišja uporabna frekvenca - MUF (Maximum Usable Frequency) je najvišja frekvenca valovanja, ki se bo še odbilo od ionosfere. Pri tem je vpadni kot valov manjši od pravega kota. MUF je odvisna od sloja, ki sodeluje pri odboju, letnega časa, geografskega položaja postaj, ki sta v zvezi, ure in seveda od sončne aktivnosti. Kritična frekvenca in MUF sta povezani z enačbo:

$$MUF = \frac{f_{kr}}{\cos(\varphi)}$$

f_{kr} - kritična frekvenca
 φ - vpadni kot vala

Pri tem je φ vpadni kot vala (kot med normalo na ionosfero in valom), ki zadane ionosfero, f_{kr} pa kritična frekvenca.

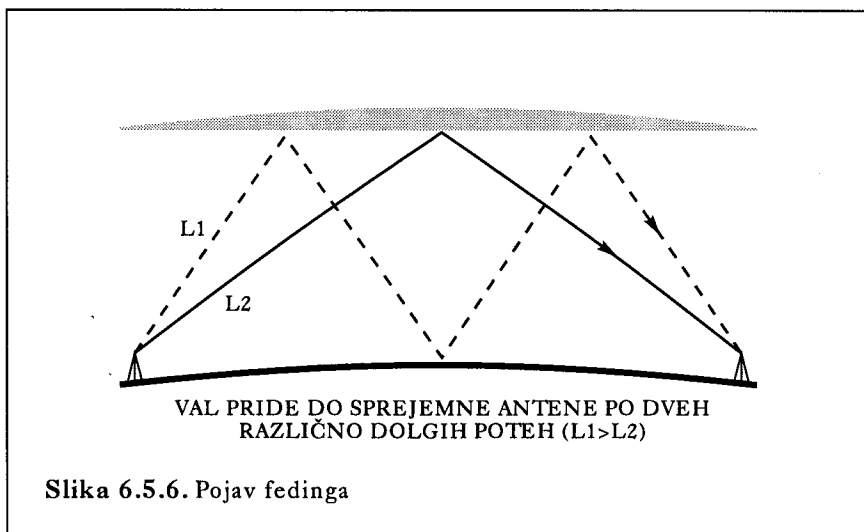
Najnižja uporabna frekvenca - LUF (Lowest Usable Frequency), imenovana tudi frekvenca slabljenja, je najnižja frekvenca, ki se v KV področju še lahko uporablja za vzpostavljanje zvez s pomočjo prostorskega

vala. Valovanje s frekvenco, ki je manjša od LUF, se bo v ionosferi popolno absorbiralo, tako da se na Zemljo signal ne bo več vrnil.

Iz navedenega sledi, da se koristno frekvenčno področje nahaja med frekvencama, ki jih določata MUF in LUF. Praksa je pokazala, da je za vzpostavljanje zvez najbolj primerno tisto amatersko področje, ki je najbližje MUF-u.

6. FEDING

V primeru, da signal od oddajne antene pride do sprejemne po dveh ali več različnih poteh, se srečamo s pojavom fedinga (Slika 6.5.6). V sprejemniku pride do interference signalov, kar ima za posledico spreminjajočo jakost signala. Če so signali v fazi, se jakost poveča, če niso, se jakost zmanjša ali pa signal v celoti izgine.



Feding pa se lahko pojavi tudi zaradi mnogih drugih vzrokov, ki jih lahko strnemo v nekaj točk:

1. Zmanjšanje ionizacije ob zahodu Sonca;
2. Povečana absorpcija valov ob nastajanju D sloja v jutranjih urah;
3. Razlika v dolžinah poti valov;

4. Ko začne E sloj izginjati, val prodre skozi njega in se odbije od F sloja. Posledica tega je postopno večanje mrtve cone, kar je vzrok za padanje moči signala;
5. Odboja valov od dveh različnih slojev.

7. POGOJI RAZŠIRJANJA VALOV NA KV PODROČJIH

Vsi kratkovalovni amaterski pasovi in edini srednjevalovni pas so pod močnim vplivom dejavnikov, ki smo jih spoznali v prejšnjem delu - sončne aktivnosti, ionosfere, dnevnega časa, letnega časa ter vremenskih vplivov. Pri delu se srečamo z izrazi kot "osemindvajsetka je odprta" ali "na 80 metrih je vse mrtvo". Noben frekvenčni pas ni idealen za doseg vseh zahtev, ki jih postavljajo komunikacije. Prav to in pa naključni pojavi, ki lahko drastično spremenijo pogoje razširjanja, povečujejo zanimivost amaterskih radijskih komunikacij.

Običajno radioamater nima možnosti merjenja stanja v ionosferi. Prav tako ne more določiti optimalne frekvence za prenos informacij, ker je omejen z amaterskimi obsegi. Vendar lahko z izkušnjami in spremljanjem, kaj se dogaja, pride do določenega občutka, kateri pasovi so trenutno primerni za vzpostavljanje določenih zvez.

Vsak frekvenčni pas ("band") ima nekaj svojih karakteristik, slabosti in prednosti. Ugotovitve, ki so nastale na osnovi izkušenj mnogih radioamaterjev, lahko strnemo v naslednje značilnosti:

- 160-metrski pas (1.810 MHz - 1.915 MHz)

To je edini amaterski pas, ki pade v srednjevalovno področje. Čez dan so možne lokalne zveze na oddaljenosti okoli 100 km, ker D sloj absorbira večino radijskih valov. Valovi, ki pridejo do ionosfere pod velikim kotom, se lahko odbijejo od E sloja. Velik problem predstavljajo atmosferski šum, industrijski šum in zelo močni signali radiodifuznih postaj, ki se nahajajo tik pod amaterskim pasom. Propagacije so preko poletja najslabše, poboljšajo pa se pozimi, še posebno če temu sledi tudi zmanjšanje atmosferskih motenj. Poboljšanje propagacij sovпада tudi z večanjem števila Sončnih peg. V nočnem času se propagacije drastično poboljšajo - obstaja možnost pravih DX zvez.

- 80-metrski pas (3.5 MHz - 3.8 MHz)

Čez dan so možne komunikacije na oddaljenosti okoli 400 km, ker D sloj še vedno precej absorbira valove. Valovi, ki zadanejo ionosfero pod velikim kotom, se odbijejo od E sloja. V zimskem času se dnevne propagacije lahko precej popravijo. Preko noči se "band odpre", možno je vzpostavljati zelo dolge veze. Uspešno delo lahko motijo atmosferski šum, industrijski šum in šum, ki ga proizvajajo daljnovodi visoke napetosti, ter transformatorji.

- 40-metrski pas (7.0 MHz - 7.1 MHz)

Ta del radijskega spektra si radioamaterji delimo z nekaterimi kratkovalovnimi radiodifuznimi postajami, ki imajo zelo močne oddajnike. Posebno v nočnem času je to lahko problematično. Lastnosti razširjanja valov so podobne kot pri 80m pasu. Možno pa je vzpostavljati daljše zveze čez dan (tudi preko 800 km). Ko Sonce zaide, je možno komunicirati po celem svetu. To še posebno velja za področja, ki se nahajajo na "sivi liniji". Siva linija (grey line) je področje, kjer noč prehaja v dan in obratno. Atmosferske motnje na 40m področju so manjše kot na 80m področju, najbolj izrazite pa so v poletnih mesecih.

- 30-metrski pas (10.1 MHz - 10.15 MHz)

Ta pas so dobili radioamaterji po zasedanju WARC'79. Podnevi je možno vzpostaviti zveze okoli 1500 km, v času teme pa zveze s celotnim svetom. Problemi industrijskega šuma tu niso več tako pereči kot na prejšnjih pasovih.

- 20-metrski pas (14.00 MHz - 14.35 MHz)

To je pravi DX pas, saj je praktično vedno odprt za vzpostavljanje dolgih zvez. Ko je Sončna aktivnost velika, je odprt takorekoč 24 ur na dan. Z manjšanjem sončne aktivnosti ostane čez dan še vedno dober, še posebno v času vzhajanja in zahajanja Sonca. Atmosferski in industrijski šum ne predstavljata hujšega problema.

- 17-metrski pas (18.068 MHz - 18.168 MHz)

Ta pas so amaterji dobili prav tako na konferenci WARC'79. Ima podobne lastnosti kot 20m pas. V času velike Sončne aktivnosti je odprt

cel dan, v času slabe aktivnosti pa so mogoče dolge zveze podnevi. Atmosferski in industrijski šum nista problematična.

- 15-metrski pas (21.00 MHz - 21.45 MHz)

Ta pas ima v obdobjih velike Sončne aktivnosti veliko skupnega z ostalimi DX pasovi. Ko je aktivnost Sonca majhna, je tudi možnost vzpostavljanja zvez ponoči zelo majhna, v zimskih mesecih pa praktično nemogoča. Podnevi se občasno odpre in je možno vzpostaviti dolge zveze. Pojavi pa se nov faktor - sporadični E sloj, ki omogoča zveze do 2000 km. Signali postaj iz Evrope so zelo močni, bolj oddaljenih postaj pa praktično ni slišati. Atmosferski in industrijski šum sta praktično zanemarljiva.

- 12-metrski pas (24.89 MHz - 24.99 MHz)

Ta pas lahko radioamaterji uporabljajo od leta 1979 (WARC'79). Ima veliko skupnega s 15m in 10m pasom. Ko je Sončna aktivnost visoka, je pravi DX pas. Sporadični E sloj omogoča zanimiva odprtja. Tudi tu je šum praktično zanemarljiv.

- 10-metrski pas (28.0 MHz - 29.7 MHz)

To je zadnji od kratkovalovnih pasov in že meji na UKV področje. Kot tak ima karakteristike obeh. Ko je Sončna aktivnost velika, je možno z majhnimi močmi vzpostaviti zveze po celem svetu tako ponoči kot podnevi. Ko pa aktivnost doseže minimum, je pas praktično "mrtev". Med tema dvema ekstremoma so propagacije močno odvisne od trenutne Sončne aktivnosti, komuniciranje pa je praktično mogoče le čez dan. Podobno kot na 12m pasu obstaja možnost pojave Es. Tako atmosferski kot industrijski šum je zanemarljiv.

8. POGOJI RAZŠIRJANJA VALOV NA UKV IN VIŠJIH PODROČJIH

Razširjanje valov nad frekvenco 30 MHz običajno ni odvisno od dogajanj v ionosferi. Valovi ionosfero predrejo in uidejo v vesolje. Te frekvence so predvsem uporabne za direktne zveze, za delo z amaterskimi sateliti ter za delo z odbojem od Lune - EME zveze. Izjema je 6-metrski

pas - 50 MHz, ki se v pogojih močne ionizacije obnaša podobno kot 10-metrski pas.

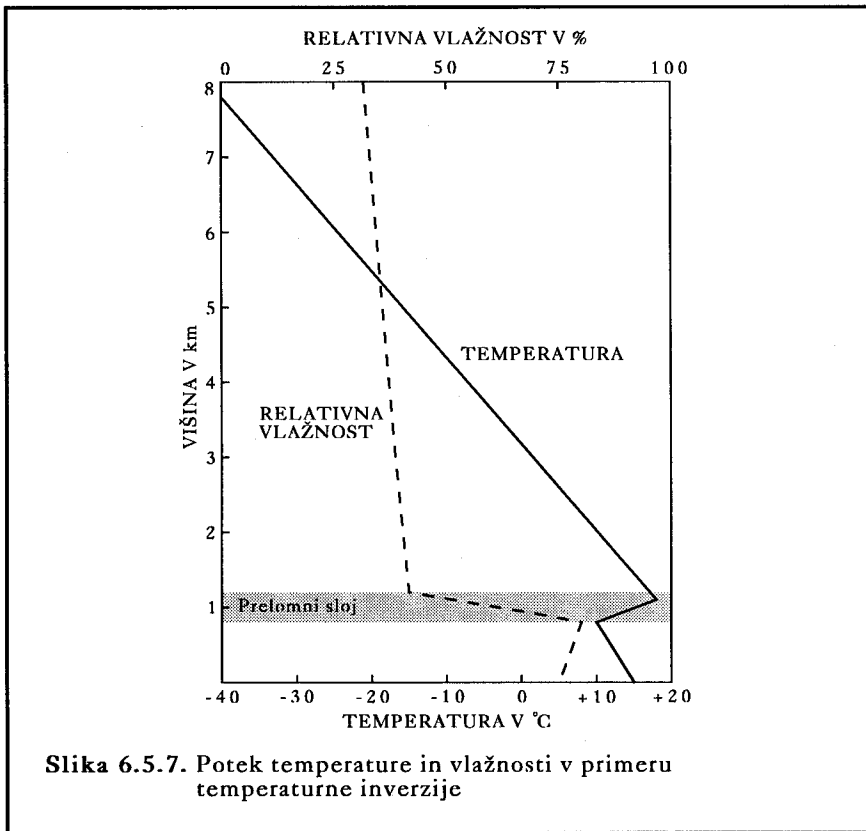
Na UKV področju zanesljiva zveza zahteva optično vidljivost med obema korespondentoma. Znotraj te razdalje se nihanja v moči polja praktično ne pojavljajo, tako da je možno vzpostaviti zvezo tudi z zelo majhnimi močmi oddajnika. Praksa pa je pokazala, da je možno vzpostaviti zanesljive zveze tudi na razdaljah, ki so večje od optične vidljivosti. To si razlagamo tako, da pride v troposferi zaradi različnih gostot vodne pare do zavijanja vala, kar ima za posledico povečan domet. To povečanje pa ni veliko in znaša le okoli 15% optične vidljivosti.

Na UKV pasovih se občasno pojavljajo velika povečanja dometa signala (1000 km in več), ki pa se jih ne da razložiti na tako enostaven način, kot je bilo to mogoče v prejšnjem primeru. Pogojujejo jih pojavi v troposferi, odboji od močno ioniziranih plasti (meteoritske sledi, Es) in odboji od satelitov, ki so lahko umetni, ali pa Luna. Možnost takega povečanja pada z višanjem frekvence.

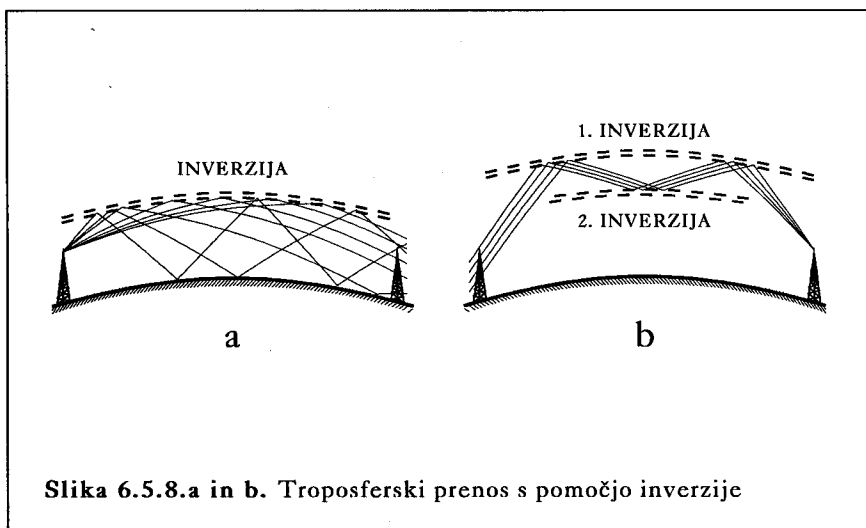
TEMPERATURN A INVERZIJA

Na splošno se temperatura v troposferi z višino konstantno zmanjšuje 6 - 8 stopinj na 1000 m (Slika 6.5.3). Zaradi gibanj zračnih mas in meteoroloških pojavov se lahko zgodi, da je sprememba temperature in relativne vlažnosti zraka skokovita, tako da odstopa od normalnega obnašanja (Slika 6.5.7). Tako pride do temperaturne inverzije, ki pa vpliva tudi na gostoto zraka.

Pri prehodu UKV valov skozi pas inverzije se le-ti zakrivijo in vrnejo proti Zemlji. Tu se lahko ponovno odbijejo in proces se ponovi (Slika 6.5.8.a.). V primeru, da se inverzija nahaja nizko nad tlemi, je povečanje dometa majhno, če pa je visoko (nekaj 1000 metrov), je povečanje precejšnje. Poseben fenomen predstavlja dvojna inverzija (Slika 6.5.8.b.). Med dvema slojema inverzije se val širi kot po nekakšni cevi. Za ta pojav je značilno, da lahko vzpostavimo zveze le s postajami, ki se nahajajo na ozko omejenem področju.



Slika 6.5.7. Potek temperature in vlažnosti v primeru temperaturne inverzije



Slika 6.5.8.a in b. Troposferski prenos s pomočjo inverzije

SPORADIČNI E SLOJ - Es

Sporadični E sloj nastane takrat, ko v območju E sloja nastane oblak z zelo veliko koncentracijo elektronov. Tak oblak lahko odbije UKV val nazaj proti Zemlji. Ker se tak oblak pojavi na višinah med 100 km in 150 km, se domet UKV vala lahko poveča tudi do 2000 km. Slabljenje, ki se pojavi pri zvezi preko Es, je zelo majhno, tako da je zveza mogoča že pri majhnih močeh oddajnika in z enostavnimi antenami.

Oblak, ki tvori Es, se ponavadi giblje z večjo ali manjšo hitrostjo, zato je možnost vzpostavljanja zvez običajno kratkotrajna. Zveze moramo hitro končati, tako da tudi drugim omogočimo delo z zanimivimi in nevsakdanjimi postajami. Običajno se v teh UKV zvezah izmenja le klicni znak, UL lokator in RS(T) raport.

ODBOJ OD METEORITSKIH SLEDI - MS

Zemlja na svoji poti skozi vesolje občasno pride v območja, kjer je število meteoritov še posebno veliko (meteoritski roji). Meteoriti z zelo veliko hitrostjo (72 km/s) priletijo v atmosfero in običajno zgorijo nekje na višini med 100 km in 200 km. Meteor, ki izgoreva, pušča za seboj svetlo sled, hkrati pa tudi zelo močno ioniziran kanal, od katerega se lahko odbijejo UKV valovi. Večji kot je meteorit, močnejša je ionizacija. Vendar je taka sled le kratkotrajna, zato so tudi zveze, ki so narejene z njihovo pomočjo, kratke. Obstaja poseben način dela preko meteoritskih sledi, vendar to ni tema tega poglavja.

ODBOJ OD POLARNE SVETLOBE - AURORA

Polarna svetloba je znak, da v območju Zemljinega pola obstaja zelo močno ioniziran del E sloja, ki lahko odbija UKV valove. Pri tem je potrebno opozoriti, da je odboj zelo difuzen, ker je sama struktura sloja zelo nehomogena. Signali so zelo grobi s precej šuma in bruma. Uporaba SSB modulacije je praktično nemogoča, zato delamo predvsem s telegrafijo - CW.

TRANSALPSKA PROPAGACIJA - TAP

Ta način širjenja UKV valov je poznan tudi pod oznako FAI (Field Aligned Irregularity), kar bi lahko prevedli kot nepravilnosti v porazdelitvi polja. Pojav je možno zaznati predvsem na 2-metrskem pasu, na 70 cm

in višje pa ne. Obstaja možnost medsebojne povezave TAP in Es, čeprav celoten pojav še nima dokončne razlage. Značilno je, da oddani signal spremeni smer v primerjavi z linijo, ki povezuje oba korespondenta. Vzrok za pojav TAP propagacije so nepravilnosti v E sloju ionosfere. Najpogosteje se pojavlja od sredine maja do konca julija, običajno v popoldanskem času, redkeje ponoči. Če želimo delati s pomočjo TAP, moramo antene obrniti proti Alpam (v smeri Švice). Točno smer za našo lokacijo ugotovimo z poskušanjem. Opazili bomo, da bo smer anten ostala vedno praktično ista; odstopanja so le okoli 5 stopinj. Za uspešno delo je pomembna tudi elevacija antene, ki se giblje okoli 10 stopinj.

TRANSEKVATORIALNA PROPAGACIJA - TEP

To je dokaj redek pojav propagacije. Njena značilnost so nenavadno dolge zveze (okoli 4000km) v smeri sever - jug, simetrično na Zemljin magnetni ekvator, katerega položaj se nekoliko razlikuje od geografskega ekvatorja. Propagacija te vrste se običajno pojavi v obdobjih maksimalne Sončne aktivnosti predvsem na 50 MHz. Iz naših krajev je možno vzpostaviti zveze z amaterji na območju južne Afrike.

DELO Z ODBOJEM OD LUNE - EME

Delo preko Lune ali tudi EME (Earth - Moon - Earth) dobiva čedalje več privržencev. Pogoji, da dva amaterja na različnih koncih Zemlje lahko vzpostavita zvezo na ta način je, da imata oba na nebu Luno. Njeno gibanje je potrebno slediti z antenami. Signal, ki se po odboju od površine vrne nazaj na Zemljo, potrebuje za svojo pot približno dve sekundi. Zaradi velikih razdalj in drugih dejavnikov pride na tej poti do velikega slabljenja oddanih signalov, zato za uspešno delo potrebujemo dokaj velike antenske sisteme, precejšnje moči in kakovostne sprejemnike.

DELO PREKO UMETNIH SATELITOV

Tudi ta zvrst dela je zelo zanimiva. Ker UKV valovi praktično nemoteno prebijejo ionosfero, je preko satelitov mogoče delati z majhnimi močmi in enostavnimi antenami (celo z ročno postajo in "gumi" anteno!). Običajno oddajamo in sprejemamo na različnih frekvenčnih pasovih.

9. ZNAČILNOSTI NEKATERIH UKV PODROČIJ

Grobe ugotovitve o značilnosti razširjanja valov na posameznih UKV frekvenčnih pasovih lahko strnemo v naslednje:

- 6-metrski pas (50.0 MHz - 51.9 MHz)

Ta pas se podobno kot 28 MHz nahaja na prehodu med KV in UKV, zato ima lastnosti obeh. V času maksimalne aktivnosti Sonca je preko dneva pravi DX pas, z nastopom noči pa se zapre. Dokaj pogosti so pojavi Es. Ko je aktivnost Sonca majhna, pade tudi aktivnost na tem področju.

- 2-metrski pas (144 MHz - 146 MHz)

Je najpopularnejši amaterski UKV pas. Značilno je troposfersko razširjanje valov, z občasnimi pojavi kot so inverzija, Es, FAI, aurora. Možna je uporaba Lune kot pasivnega reflektorja ali radioamaterskih satelitov. FM del obsega se uporablja za lokalno delo, zaradi boljšega pokrivanja terena pa se postavljajo repetitorji.

- 70-centimetrski pas (432 MHz - 438 MHz)

Veljava tega pasu se v Sloveniji počasi veča. Običajno zaživi le v času tekmovanj. Zveze so predvsem troposferske. Posebni pojavi so veliko redkejši kot na 2-metrskem pasu. Uporablja se tudi za delo preko satelitov, EME in PR. FM repetitorji omogočajo boljše pokrivanje terena za lokalno delo.

Na višjih pasovih se odvija aktivnost predvsem na eksperimentalni ravni. Frekvence si radioamaterji delimo z drugimi službami in smo večinoma sekundarni uporabniki. Še največ aktivnosti je na 1.3 GHz in 10 GHz, predvsem ob tekmovanjih, drugod pa zelo malo.

10. VPLIV VIŠINE ANTENE NA DOSEG VALOV

V veljavi je splošno pravilo, ki pravi: višje postavljena antena je boljše antena. Višina antene vpliva na vertikalni kot njenega sevanja. Z višino antene se kot niža, kar pripelje do daljšega skoka signala (Slika 6.5.5).

Na UKV področjih je primerno višino antene lažje doseči kot na KV. Pojavi pa se drug problem. Spoznali smo, da se UKV valovi praviloma širijo le premočrtno. Na ovirah se odbijejo in spremenijo smer. Pojavi se vprašanje, kolikšen je zanesljiv domet UKV vala. Zanesljiv domet UKV signala je enak oddaljenosti od horizonta. Zakaj ravno od horizonta? Zato, ker se valovi tam najbolj približajo površini Zemlje, nato se začno ponovno oddaljevati (Slika 6.5.9). Oddaljenost od horizonta je odvisna od nadmorske višine lokacije, na kateri je antena postavljena in konfiguracije terena. Praksa je pokazala, da je zanesljiv domet malo večji, kar je posledica rahlega uklona valov. Približna oddaljenost se da izračunati s pomočjo sledečega obrazca:

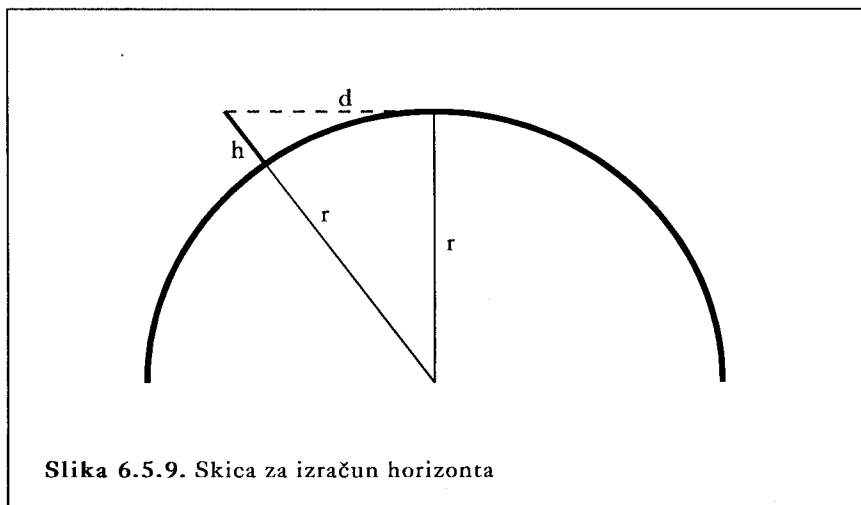
$$d = 1.15 \cdot \sqrt{(r+h)^2 + r^2}$$

d - oddaljenost horizonta (km)
 h - nadmorska višina antene (m)
 r - polmer Zemlje (6370km)

Obrazec lahko poenostavimo:

$$d = 4.13 \cdot \sqrt{h}$$

Pri njem smo že upoštevali 15% povečanje dometa, ki velja za UKV signale. Iz slike 6.5.9 vidimo, da je možno zanesljivo vzpostaviti zveze na oddaljenosti, ki je enaka vsoti oddaljenosti od horizonta obeh postaj. Pri takih pogojih je zveza možna s preprostimi antenami in močmi vsega nekaj wattov. V praksi so mogoče tudi dosti daljše zveze, vendar moramo takrat uporabljati večje antene in dosti močnejše oddajnike.



6.6. ANTENE

Antena in z njo povezan napajalni vod sta verjetno najpomembnejša dela radijske postaje. Čas, sredstva in napor, ki smo ga vložili v izgradnjo kvalitetnega antenskega sistema, nam bodo prinesli dosti več zadovoljstva ob kvalitetnih zvezah, kot pa če bi te iste zveze dosegli z večanjem moči oddajnika.

1. ANTENA IN NJENA DOLŽINA

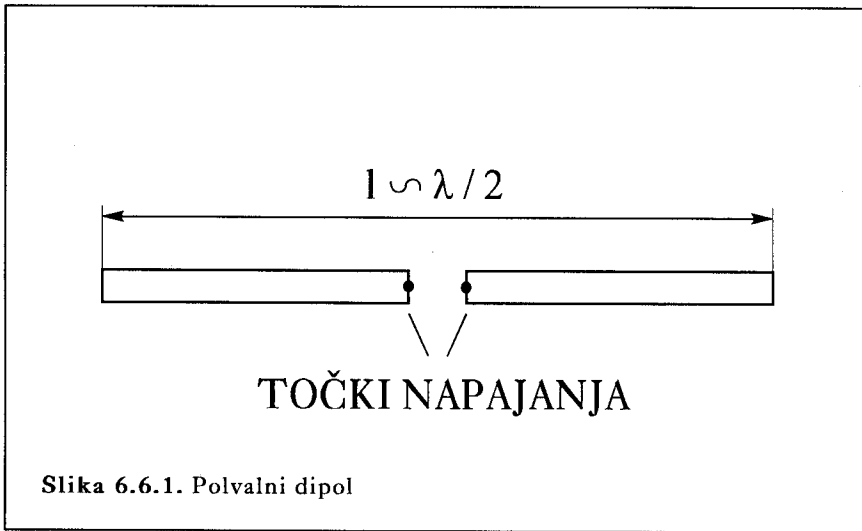
Antena je element, ki pretvarja električno moč iz oddajnika v elektromagnetne valove in jih izzseva v prostor. Velja tudi obratno - EM valovi, ki zadanejo anteno, povzročijo nihanje električnih delcev v anteni - pojavita se električni tok in napetost, ki ju zazna naš sprejemnik kot koristen signal ali motnjo. V zvezi z antenami sta zelo pomembna pojma valovna dolžina in frekvenca, ki smo ju spoznali v prejšnjih poglavjih. Da lahko antena svojo nalogo uspešno opravi, mora biti ravno prav dolga. V praksi rečemo, da je antena resonančna. S pojmom resonance smo se srečali že pri impedanci. V resonanci predstavlja antena čisto ohmsko breme. Tipične resonančne dolžine so: $1/4\lambda$, $1/2\lambda$, $3/4\lambda$, 1λ itd. Iz tega vidimo, da so resonančne dolžine celoštevilčni mnogokratnik $1/4\lambda$.

2. POLVALNI DIPOL

Polvalni dipol (Slika 6.6.1) je gotovo najbolj razširjena in najenostavnejša antena. Zelo pogosto se uporablja kot sestavni del drugih anten. Radi ga uporabljamo kot referenčno anteno, na osnovi katere določamo ojačenje drugih anten. Njegova dolžina l izražena v metrih je:

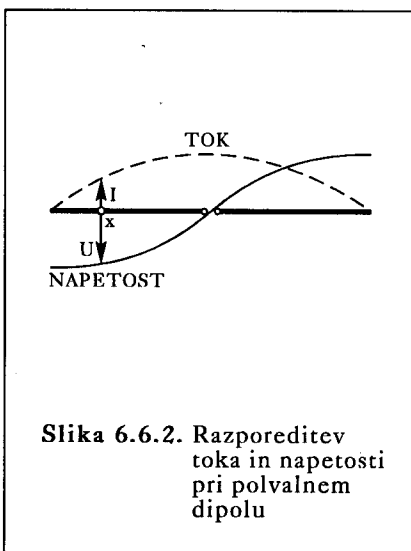
$$l(m) = \frac{150}{f(MHz)} \cdot k$$

Pri tem je "f" frekvenca izražena v MHz, "k" pa je faktor vitkosti, ki se običajno giblje med 0.93 in 0.98. Faktor vitkosti je odvisen od razmerja valovne dolžine in debeline antenskega vodnika.



RAZPOREDITEV TOKA IN NAPETOSTI - IMPEDANCA ANTENE

Razporeditev toka in napetosti na polvalnem dipolu nam prikazuje slika 6.6.2. Opazimo, da je tok največji v sredini dipola, na koncih pa je minimalen. Napetost je fazno premaknjena za 90 stopinj ali $1/4$ valovne dolžine. Minimalna je v sredini, največja pa na koncih dipola.



- I - amplituda toka
- U - amplituda napetosti
- x - točka opazovanja

Razporeditev toka in napetosti na antenskem vodniku nam podaja informacijo o upornosti antene. Na osnovi Ohmovega zakona lahko za vsako vrednost poznane toka in napetosti določimo upornost. Navidezna upornost ali impedanca v določeni točki je razmerje med amplitudo napetosti in amplitudo toka v tej točki. V primeru, da je antenski vodnik resonančen, je impedanca čisto ohmska - realna. Če pa imamo opravka s predolgim ali

prekratim vodnikom, se poleg realnega dela v impedanci pojavi še imaginarni del (induktivna ali kapacitivna reaktanca). Poglejmo in analizirajmo sliko 6.6.2. Ugotovimo lahko sledeče:

- Na koncih dipola imamo veliko napetost in majhen tok; iz tega sledi, da je tu impedanca velika;
- V sredini dipola imamo majhno napetost in velik tok; impedanca je majhna.

Kljub temu, da lahko določimo impedanco za vsako točko na anteni, pod pojmom impedanca antene razumemo impedanco v točki, kjer priključimo napajalni vod, ki anteno povezuje z oddajnikom. Dipol je antena, ki jo napajamo v sredini, zato je njegoa impedanca nizka. Giblje se nekako med 50 in 80 ohmi, odvisno od višine antene in vpliva okolišnjih predmetov (drevesa, hiše, ...).

V primeru, da bi anteno, dolgo polovico valovne dolžine, napajali na njenem koncu, bi ugotovili, da je tu njena impedanca zelo visoka (nekaj 100 ohmov). Zato potrebujemo za napajanje posebno vmesno vezje, ki prilagodi nizkoohmski izhod naše postaje na visokoohmsko impedanco antene.

SEVALNA UPORNOST

To je računaska vrednost upornosti, na osnovi katere lahko določimo več lastnosti antene. Računa se v točki največje amplitude toka, predstavlja pa ekvivalentno upornost, na kateri bi se porabila moč oddajnika. Pri anteni kot je polvalni dipol, ki se napaja v trebuhu toka, je vhodna upornost v anteno kar enaka vsoti upornosti sevanja (R_s) in upornosti, ki predstavlja izgube v antenski žici (R_i). Na upornost sevanja vplivajo mnogi dejavniki, kot so višina antene, vpliv predmetov iz okolice, kvaliteta tal, dimenzije in oblike anten itd. V splošnem je upornost izgub precej nižja od upornosti sevanja. Upornost izgub nam ponazarja ohmske izgube v žici in dielektrične izgube v izolatorjih.

Od razmerja upornosti sevanja in upornosti izgub je odvisen izkoristek antene, ki ga podaja naslednja enačba:

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{R_i}{R_s}}$$

η - (eta) izkoristek

R_i - upornost žice

R_s - upornost sevanja

Iz vsega naštetega sledi, da morajo biti antene narejene iz materialov, ki dobro prevajajo električni tok. V nasprotnem primeru so izgube v anteni prevelike in z njo ne moremo doseči dobrih rezultatov.

SKRAJŠEVALNI FAKTOR

Mehanska dolžina antene in električna dolžina se pri praktično narejenih antenah nekoliko razlikujeta. Enaki bi bili le v primeru, da bi naredili anteno iz neskončno tanke žice, antena pa bi morala biti postavljena v prazen prostor. Vse to je le teoretična možnost. Vse antene so narejene iz materialov končnih dimenzij, prav tako pa jih postavimo v prostor, kjer imajo sosednji objekti in tla dokajšen vpliv na njihovo delovanje. Od skrajševalnih faktorjev smo že spoznali faktor vitkosti "k". Njegov vpliv si lahko razlagamo na naslednji način: antena, narejena iz debelejšega vodnika, ima večjo kapacitivnost kot antena iz tanjšega vodnika. V vsakem nihajnem krogu se resonančna frekvenca zniža, če povečamo kapacitivnost kondenzatorja v njem. Pri isti dolžini žice bo imela debelejša antena nižjo resonančno frekvenco kot antena iz tanjše žice. V primeru, da želimo imeti obe anteni z isto resonančno frekvenco, moramo debelejšo anteno skrajšati. Faktor vitkosti je za različne tipe anten različen. Za polvalni dipol narejen iz žice je okoli 0.98.

V praksi se je pokazalo, da na dolžino žičnih anten vplivajo še drugi dejavniki, ki vplivajo na večje skrajšanje anten. Govorimo o tako imenovanem "efektu koncev". Vsaka žična antena se konča z izolatorjem. Ti izolatorji in pa konec žice, ki je pritrjena na njih, predstavljajo dodatno kapacitivno obremenitev, kar pa zahteva nadaljnje skrajšanje antene. Vse to privede do skrajševalnega faktorja 0.955, ki se je v praksi pokazal za najugodnejšega.

Vse naštetu velja predvsem za KV žične antene. Če je antena narejena iz cevi, se na njenih koncih za pritrditev običajno ne potrebuje izolatorjev. Zaradi tega na skrajševalni faktor vpliva le faktor vitkosti.

3. OJAČENJE ANTENE IN USMERJENOST SEVANJA

Anteno, ki bi sevala energijo v vse strani enako, imenujemo točkasti izvor ali izotropni radiator. Sevanje take antene si predstavljamo tako, da jo postavimo v središče krogle; v vsaki točki na površini krogle

bi bila gostota izsevane energije enaka. Take antene v praksi ne moremo narediti. Služi le kot matematični model, na osnovi katerega določamo usmerjenost in ojačenje praktično narejenih anten.

Vsaka praktično narejena antena seva usmerjeno. Pri nekaterih je ta usmerjenost bolj izrazita, pri drugih manj. Popolno predstavo o karakteristiki usmerjenosti antene bi dobili le na osnovi trodimenzionalne slike. Ker pa to v praksi ni enostavno dosegljivo, se največkrat zadovoljimo s karakteristikami usmerjenosti v horizontalni in vertikalni ravnini. Kako ločiti pojma horizontalna in vertikalna ravnina? Karakteristiko antene v horizontalni ravnini dobimo tako, da na ravnini, ki je vzporedna z zemljino površino, opazujemo točke, kjer je gostota sevanja antene ista. Vertikalna ali navpična ravnina pa je tista, ki je pravokotna na zemljino površino. Prav tako kot pri horizontalni ravnini opazujemo točke, kjer je gostota sevanja enaka. Diagrame, ki jih dobimo na osnovi takih opazovanj, imenujemo horizontalni (tudi vodoravni) in vertikalni (tudi navpični) sevalni diagram.

Ojačenje antene in usmerjenost sta v tesni medsebojni zvezi. Če za dipol postavimo element - reflektor, ki je nekoliko daljši od sevalca, dosežemo to, da se razpoložljivo sevanje v eni smeri ojača. Gostota sevanja postane v tej smeri večja. Gostota sevanja je tem večja, čim bolj ostro usmerjeno je sevanje.

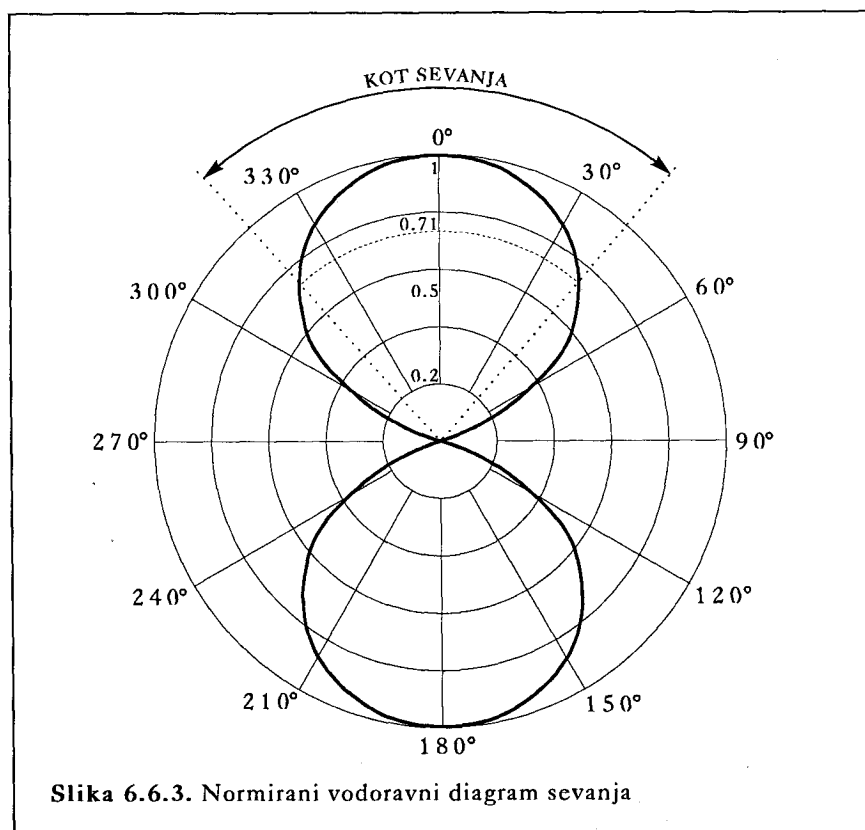
KARAKTERISTIKE SEVANJA

Karakteristiko sevanja največkrat podamo s sevalnimi diagrami, ki predstavljajo presek karakteristike sevanja z ravno površino. Diagrami so največkrat predstavljeni v polarnem koordinatnem sistemu. Tak sistem sestavlja mreža koncentričnih krogov in ravnih linij, ki se začinjajo v centru krogov. Te linije določajo kote oziroma smeri sevanja, krogi pa predstavljajo napetost, oziroma intenziteto sevanja. V središču je napetost enaka 0. Po dogovoru glavna smer sevanja sovпада s črto, ki nam predstavlja 0 stopinj (Slika 6.6.3) Vrednosti, ki jih nanašamo v diagram, so največkrat normirane glede na maksimalno vrednost.

Iz diagrama lahko določimo nekaj pomembnih lastnosti, od katerih je odvisno delovanje antene. Širina sevanja antene v glavni smeri se imenuje kot sevanja antene. Kot sevanja dobimo tako, da v diagramu poiščemo točki na obeh koncih glavnega snopa, kjer je vrednost napetosti le še 0.71 maksimalne vrednosti. Ta padec predstavlja 50% padec moči ali drugače izraženo minus 3dB. Kot med tema točkama je tisti, ki ga iščemo (Slika 6.6.3).

Razmerje med napetostjo v smeri maksimalnega sevanja (0 stopinj) in njemu nasprotnega sevanja (180 stopinj) imenujemo tudi slabljenje v nasprotni smeri (F/B ratio - front to back ratio). Razmerje izražamo v decibelih, v katerih izražamo tudi razmerje med sevanjem v direktni smeri in sevanjem v bočni smeri (90 stopinj, 270 stopinj). To razmerje imenujemo slabljenje z boka ali angleško "front to side ratio" - F/S.

Antene imajo običajno poleg glavnega snopa še večje ali manjše število stranskih snopov. Ti so največkrat nezaželeni, še posebno pri antenah, ki jih nameravamo postaviti v antenske skupine ("grupe"). Slabljenje stranskih snopov nam pove, kakšno je razmerje med glavnim in prvim stranskim snopom.



DEFINICIJA OJAČENJA ANTENE

Ojačenje je definirano kot razmerje moči. Ojačenje moči karakterizira porast moči usmerjene antene glede na referenčno anteno. Če predstavlja P_1 moč antene, ki se troši na bremenu in P_2 moč referenčne antene v istem polju, potem je ojačenje definirano kot:

$$G = \frac{P_1}{P_2}$$

Zaradi praktičnosti ojačenje največkrat izrazimo v decibelih (dB):

$$G \text{ (dB) } = 10 \cdot \lg \left[\frac{P_1}{P_2} \right]$$

V primeru, da opazujemo napetost, pa:

$$G \text{ (dB) } = 20 \cdot \lg \left[\frac{U_1}{U_2} \right]$$

Računanje z decibeli je bolj praktično, saj se vrednosti v decibelih enostavno seštevajo in odštevajo.

REFERENČNE ANTENE

Omenili smo že, da za referenčno anteno za matematično primerjanje služi največkrat točkasti izvor ali izotropni radiator. Karakteristika sevanja je sferična - na vse strani seva enako. Ojačenje, ki ga dobimo na osnovi primerjanja s tako anteno, označimo z dBi - decibelov glede na izotropni radiator.

V praksi najpogosteje uporabljena referenčna antena je polvalni dipol. Njegova prednost je v tem, da je enostaven in se ga lahko prilagodi vsakemu generatorju. Njegovo ojačenje glede na izotropni radiator je 2.14dBi. Ojačenje, ki ga določimo na osnovi dipola, dostikrat označimo kot dBd - decibelov glede na dipol.

Iz navedenega je razvidno, da je glede na referenčno anteno razlika v ojačenju 2.14dB, kar ni zanemarljiva vrednost. Take razlike se pogosto pojavljajo v prospetih proizvajalcev anten.

OJAČENJE ANTENE, EFEKTIVNA IZSEVANA MOČ - ERP

Ojačenje antene je relativna vrednost, ki jo dobimo s primerjanjem z neko anteno, ki nam služi kot referenca - referenčno anteno. Obe anteni se morata nahajati v istem elektromagnetnem polju in morata biti tako postavljeni, da sprejemata maksimalno moč. Pri definiciji ojačenja je vedno potrebno navesti referenčno anteno, na kar pa nekateri proizvajalci komercialnih anten radi pozabijo. Podatke o zelo velikem ojačenju anten je potrebno jemati z rezervo, še posebno, če ni navedene referenčne antene.

Efektivna izsevana moč (ERP) je moč, pomnožena z ojačenjem antenskega sistema.

Primer: Imamo oddajnik z močjo 25W, anteno z ojačenjem 12dBd in napajalni kabel, v katerem imamo 2dB izgub. Iz navedenega je razvidno, da je skupno ojačenje antenskega sistema 10dB oziroma 10-krat. Efektivna izsevana moč je:

$$ERP = 10 \cdot 25W = 250W$$

Z drugimi besedami: Ob uporabi antene brez ojačenja bi za isto efektivno moč potrebovali 250W oddajnik.

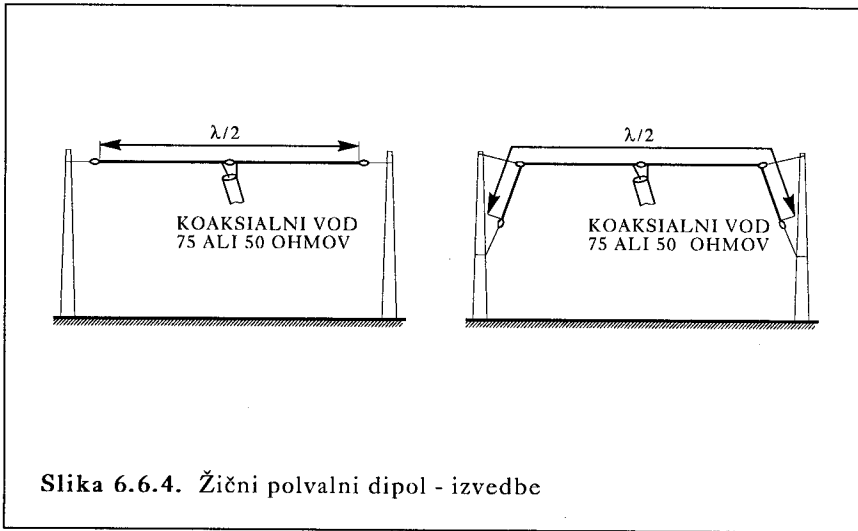
4. PRAKTIČNE OBLIKE ANTEN

POLVALNI DIPOL

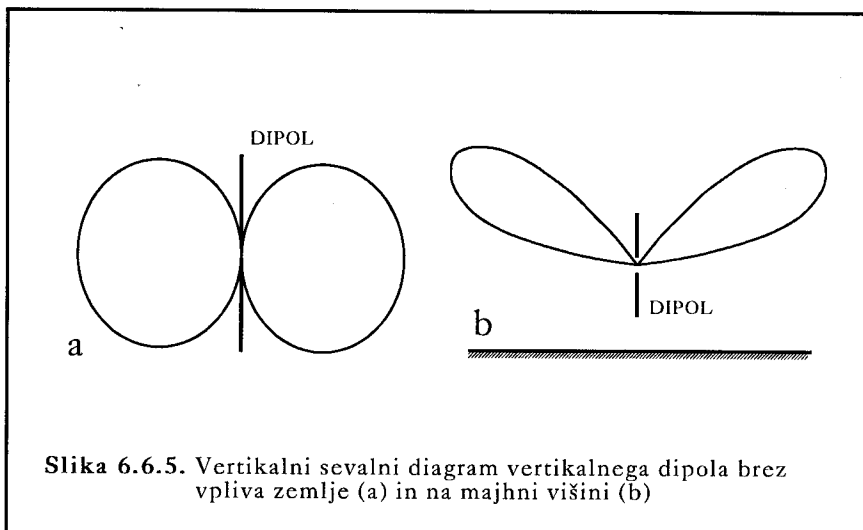
Polvalni dipol je ena od temeljnih in najenostavnejših anten. Njegova dolžina l v metrih je:

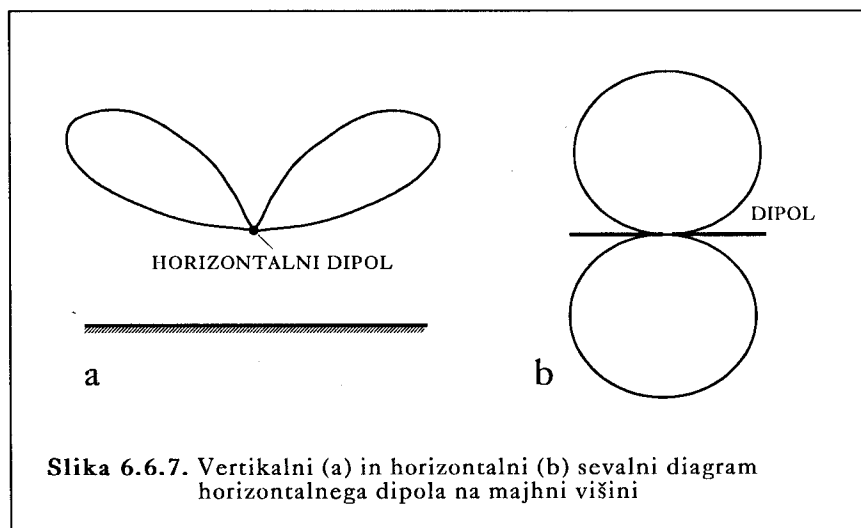
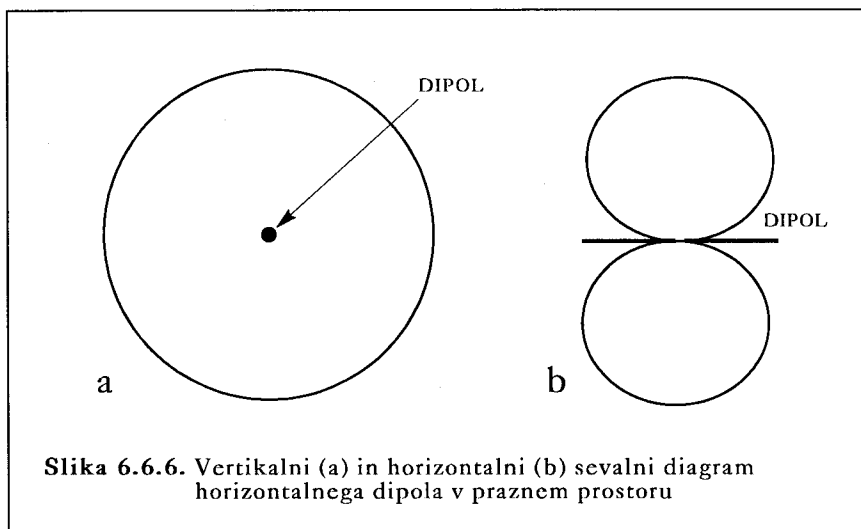
$$l(m) = \frac{150}{f(MHz)} \cdot k$$

Dipol ne seva na vse strani enako. Način sevanja je odvisen od postavitve antene (vertikalna ali horizontalna) in njene višine. Dobro je, da je dipol postavljen vsaj 1/2 valovne dolžine od tal. To seveda ni vedno mogoče, zato trpi sevalni diagram, ki se popači zaradi energije,



ki se odbije od tal. V primeru, da je dipol postavljen horizontalno, so valovi, ki jih seva, horizontalno polarizirani. Dobra stran dipola je, da ga je moč v primeru, ko nimamo dovolj prostora za razpetje žice, stisniti na manjši prostor tako, da njegove konce zavijemo proti tlem. Vse to vpliva na sevalni diagram, rezonanco antene in impedanco v priključni točki, vendar imamo kljub temu anteno, s katero lahko delamo. Slabi strani te antene sta, da potrebujemo dve visoki točki za podporo, poleg tega pa je tudi sorazmerno ozkopasovna.

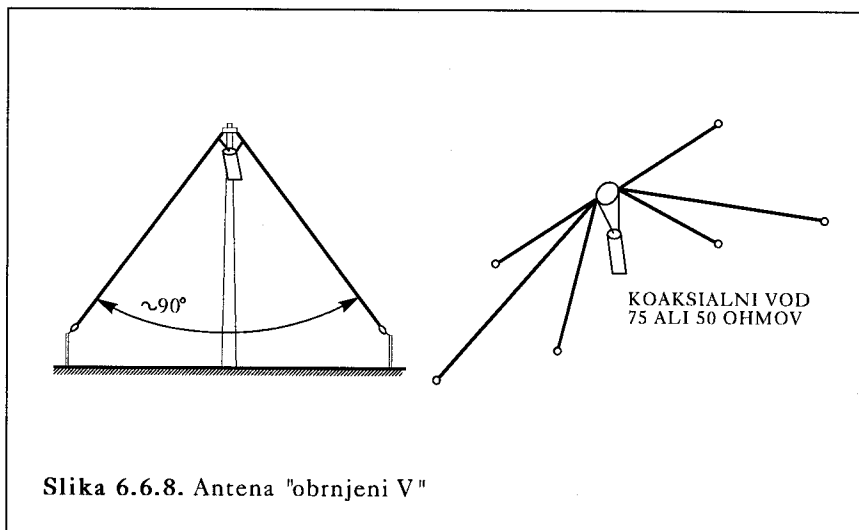




Če primerjamo sevalne diagrame na slikah 6.6.6 in 6.6.7, bomo opazili, da višina antene močno vpliva na vertikalni sevalni diagram. Vpliv na obliko horizontalnega sevalnega diagrama je dosti manjši.

ANTENA OBRNJENI V - INVERTED VEE

Inverted V - obrnjeni V je zelo priljubljena antena. V bistvu gre za varianto dipola. Dolžina žice je za malenkost daljša kot pri polvalnemu dipolu (5%). Za pritrnitev potrebujemo le eno visoko točko. (Slika 6.6.8).

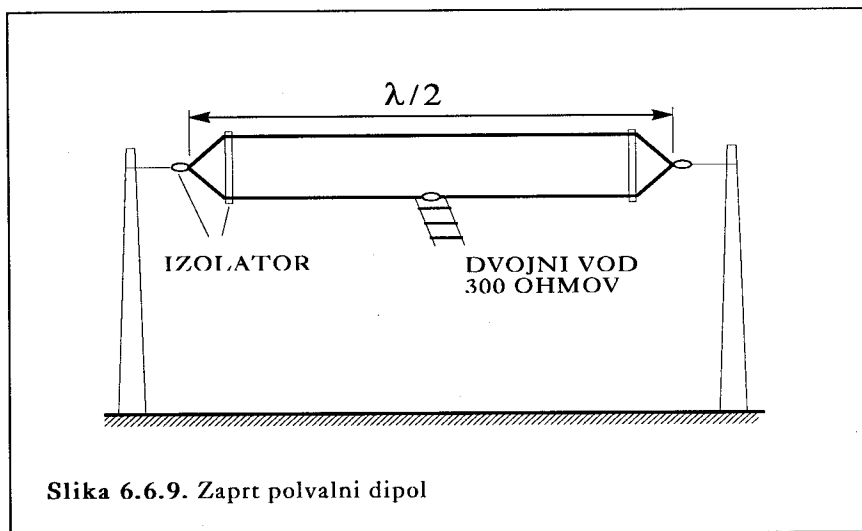


Antenska žica naj zapira kot okoli 90 stopinjami, njeni konci z izolatorji pa naj bodo vsaj 3m od tal. Anteno uglašujemo s spreminjanjem dolžine žice in njenega naklona.

Na ta način je možno dokaj enostavno narediti anteno za več frekvenčnih pasov. Več anten za različna amaterska področja povežemo skupaj v napajalni točki in jih napajamo z enim koaksialnim vodom. Žice lahko razporedimo krožno - podobno kot "špice" pri dežniku.

ZAPRT POLVALNI DIPOL

Zaprt polvalni dipol se uporablja predvsem na UKV frekvenčnih področjih, čeprav ima svoje mesto tudi na KV. Zanj je značilno, da je bolj širokopasoven od navadnega polvalnega dipola. Njegova impedanca je okoli 300 ohmov, zato ga je potrebno napajati z odprtim vodom 300 ohmov ali pa z koaksialnim vodom 50 ohmov in transformatorjem impedance 6 : 1 (balunom).



DIPOL ANTENE ZA DELO NA VEČ OBSEGIH - MULTIBAND DIPOLI

V amaterski praksi se večkrat srečamo z zahtevo, da anteno, ki je dimenzionirana za delo na enem frekvenčnem področju, uporabimo tudi na višjih harmonskih področjih. V takem primeru pridemo do antene, ki predstavlja kompromisno rešitev. Pojavijo se problemi impedance antene, saj se ta spreminja od področja do področja. Največkrat si moramo pomagati z različnimi prilagodilnimi vezji. Pojavi se lahko tudi problem motenj, saj prihaja do sevanja napajalnega voda. Kljub vsemu naštetemu pa take oblike anten pridobivajo na veljavi. So poceni, zavzamejo sorazmerno malo prostora, s pravilno izbranimi dimenzijami pa dobimo anteno, ki dokaj uspešno dela na večih amaterskih KV področjih.

Zepp antena

Ta oblika antene je dobila ime po cepelinih, kjer se je prvotno uporabljala. V bistvu je to polvalna antena, ki jo napajamo na enem koncu z odprtih vodom, dolgim $1/4$ valovne dolžine (Slika 6.6.10.a.). Antena, ki je dimenzionirana za delo na 80-metrskem področju, deluje tudi na 40-, 20-, 15- in 10-metrskem področju, v povezavi s kvalitetnim prilagodilnim vezjem pa tudi na vseh ostalih KV področjih. Ta oblika antene je poznana pod imenom "End-fed Zepp" ali enojni Zepp in jo napajamo na njenem koncu. Druga oblika te antene pa je "Center-fed

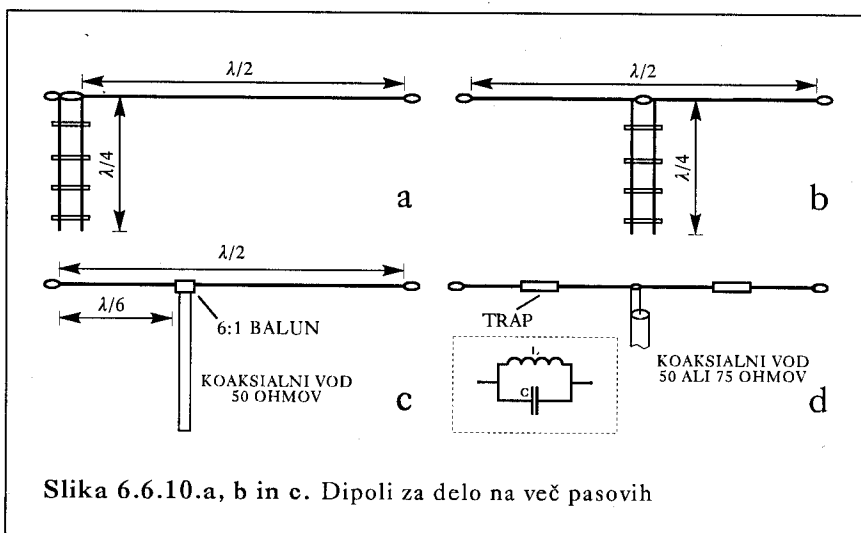
Zepp” oziroma Zepp antena, ki jo napajamo v sredini (Slika 6.6.10.b.). Pravimo ji tudi dvojni Zepp. Njena prednost je predvsem v tem, da ima bolj simetričen diagram sevanja kot antena, ki je napajana na enem koncu.

Windom antena

Ime je dobila po ameriškem radioamaterju, ki jo je iznašel. To je polvalna antena z napajalnim vodom, ki se nahaja oddaljen približno $1/3$ dolžine antene od njenega konca. S tem dosežemo, da je impedanca na osnovni frekvenci in vseh harmonskih frekvencah okoli 300 ohmov. V osnovi je bila v celoti narejena iz žice (tudi napajalni vod), kar pa danes zaradi motenj ne pride več v poštev. Zato anteno napajamo s koaksialnim vodom in transformatorjem impedance 6:1, ki je nameščen na anteni. Tako obliko antene poznamo pod imenom FD-4 ali D4B (Slika 6.6.10.c.). Antena, ki je dimenzionirana za 80-metrski pas, pokrije še 40-, 20- in 10- metrske pasove. Danes pa je to že premalo, zato je zanimiv dvojni Windom. V bistvu ga sestavljata dve anteni, od katerih ena deluje na 80-, 40-, 20- in 10-m, druga pa na 30- in 15-m. Zanimivo je, da se antena dobro obnaša tudi na 17- in 12-metrskem pasu.

“Trap” dipol

Pri tej anteni imamo v antensko žico vgrajena posebna vezja - pasti ali “trape” (Slika 6.6.10.d.). V bistvu so to vzporedni nihajni krogi, ki v resonanci predstavljajo veliko upornost, tako da izgleda, kot da

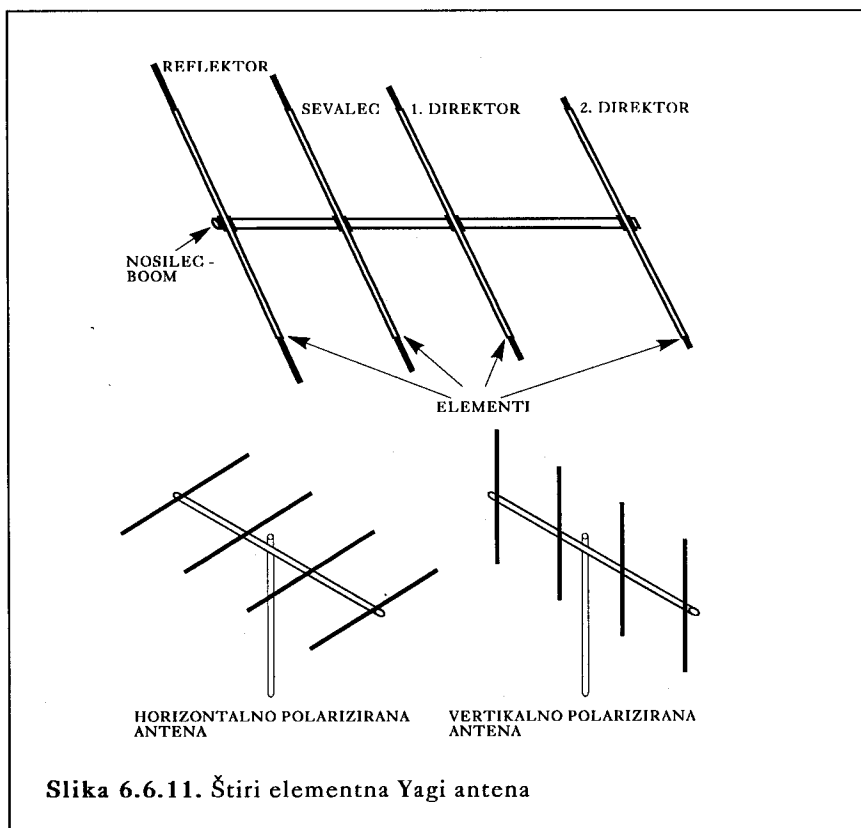


antene od "trapa" dalje sploh ne bi bilo. Glede na število vgrajenih "trapov" je odvisno, na koliko frekvenčnih pasovih lahko z anteno delamo.

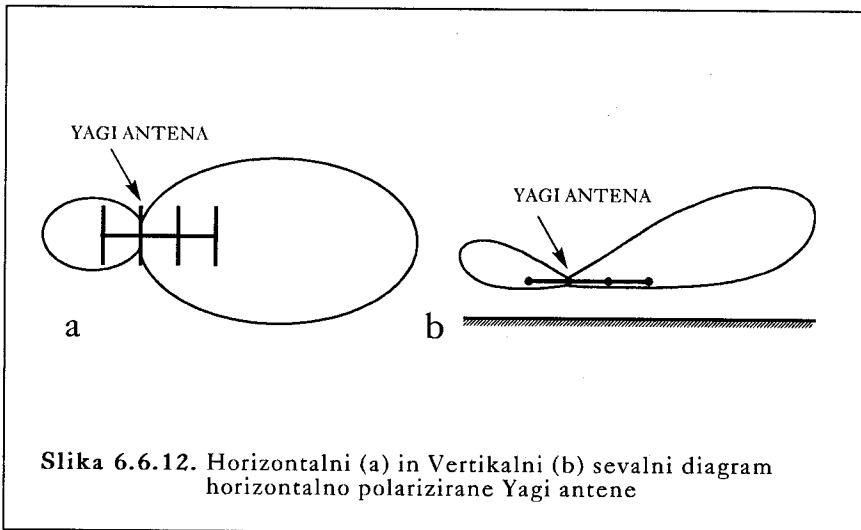
Posebna izvedba te antene je W3DZZ. Njena značilnost je, da kljub enemu paru trapov pokriva več pasov. To dosežemo s pravilnim razmerjem med L in C v nihajnem krogu, ki ima resonančno frekvenco 7.1MHz.

YAGI ANTENA

To je tipična predstavnica usmerjenih anten. Ime je dobila po japonskem inženirju, ki jo je iznašel okoli leta 1930. Yagi anteno dobimo tako, da za sevalni element, ki je lahko odprt ali zaprt dipol, postavimo nekoliko daljši element, ki mu pravimo reflektor, pred sevalni element pa enega ali več krajših elementov, ki jim pravimo direktorji (Slika 6.6.11).



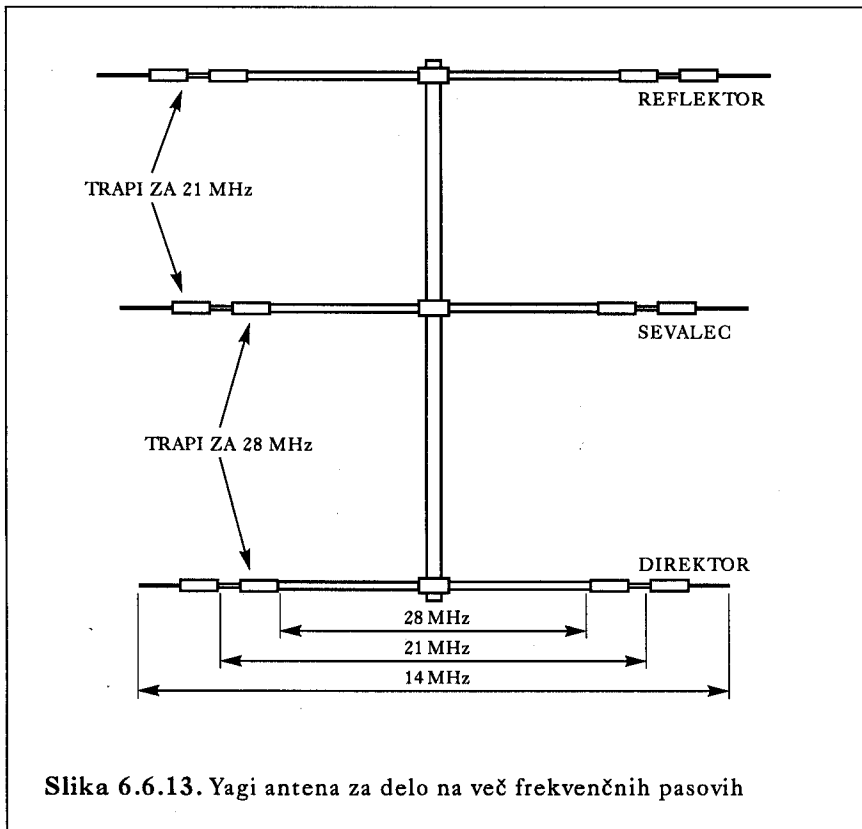
Sevalnemu elementu oziroma dipolu pravimo tudi aktivni element, ker preko njega anteno napajamo. Reflektor in direktorji pa so paraziti elementi, ki skrbijo za povečano usmerjenost antene. Energija, ki jo oddajnik posreduje anteni, se skoncentrira v bolj ali manj ozek snop. Le manjši del se izseva v druge, nezaželene smeri. Večje je število direktorjev, ožji je glavni snop in večje ojačenje ima antena. Kljub vsemu pa števila direktorjev ne moremo povečevati v nedogled. Obstaja neka mejna vrednost, nad katero števila direktorjev nima pomena povečevati. Slika 6.6.12 prikazuje sevalni diagram Yagi antene.



Ta tip antene je zelo popularen na frekvencah nad 14 MHz, ko postanejo dimenzije antene še kar sprejemljive. Največ pa se ta antena uporablja na frekvencah 144 MHz in više. Antene obračamo s pomočjo posebnih motorčkov - rotorjev tako, da je antena obrnjena v smeri, v kateri želimo komunicirati. Kljub vsem problemom, ki se pojavijo pri zelo velikih antenah, pa se ta tip antene vse pogosteje uporablja tudi na 7 MHz in celo na 3.5 MHz, seveda pri amaterjih, ki premorejo dovolj prostora, velike antenske stolpe in zelo močne rotorje, ki so sposobni tako veliko anteno nositi in obračati.

Zelo popularna je "multiband" Yagi antena, ki ima v elemente vgrajene "trape", tako da ti resonirajo na več frekvencah. Tipičen primer je trielementna antena za 20m, 15m in 10m. Ni sicer tako kvalitetna kot tri posamezne antene, kljub vsemu pa nam omogoča vzpostavljati dolge zveze po celem svetu.

V splošnem so pri odločitvi, kakšno Yagi anteno izbrati, merodajni trije dejavniki: interes, razpoložljiv prostor in denar. Kljub temu, da na tržišču dobimo precej komercialno narejenih anten, pa se samogradnja izplača. Anteno za en pas ("monobander") je z nekaj osnovnega orodja relativno enostavno narediti. Gradnja antene za več pasov ("multiband") pa seveda predstavlja večji problem predvsem zaradi izdelave in uglasitve "trapov".



ZANČNE (LOOP) ANTENE

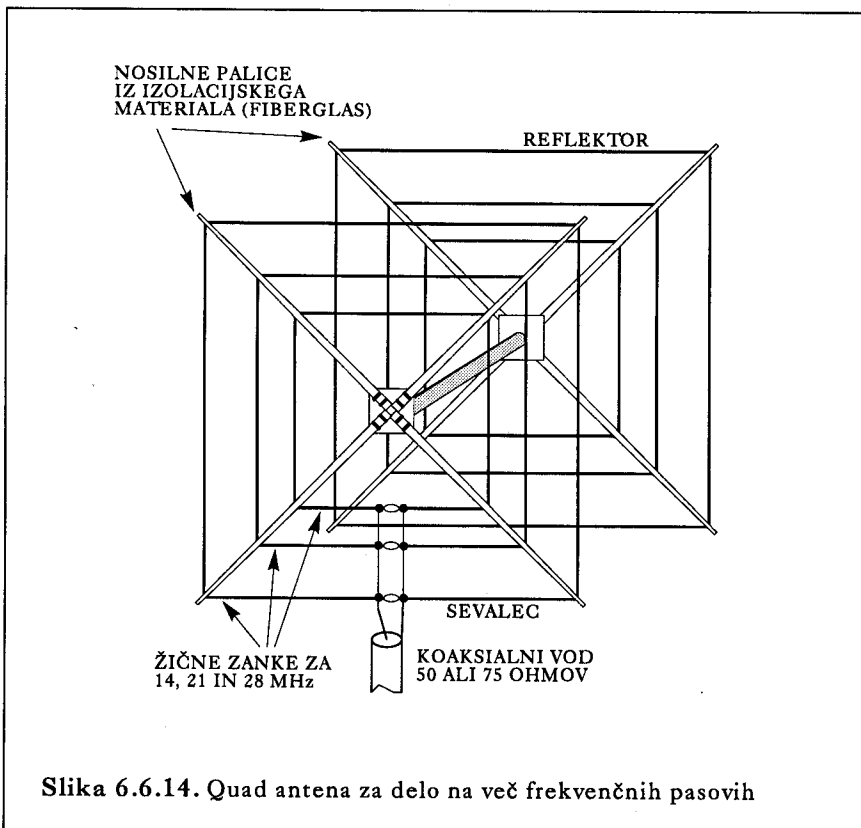
Prav tako kot Yagi antena sta zelo popularni anteni tudi Quad in Delta Loop. Quad sestavljata dva (Qubical Quad) ali več kvadratov, ki so narejeni iz žice ali aluminijastih cevi (Slika 6.6.14).

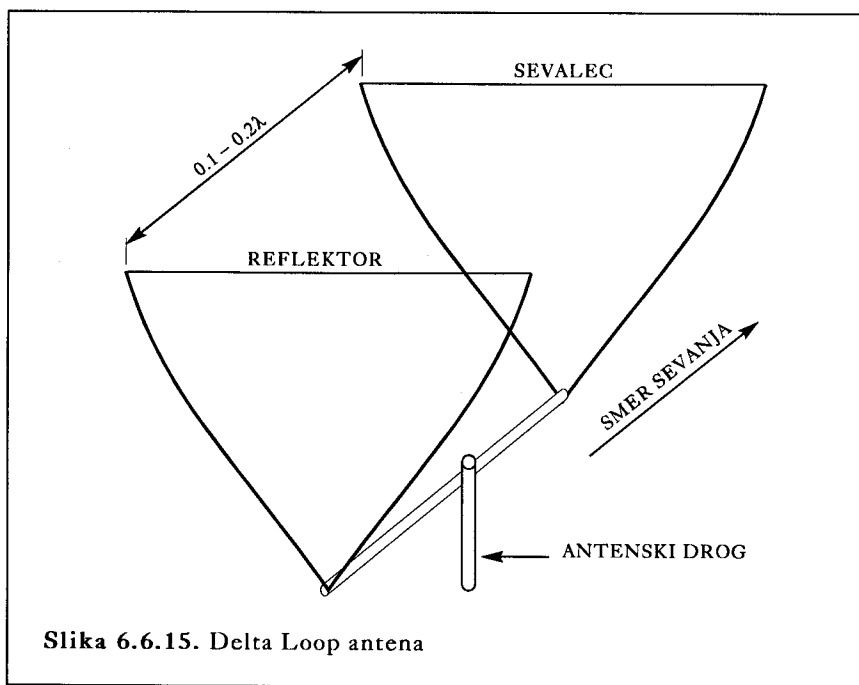
Pri tej anteni je dolžina žice, ki sestavlja sevalni element, dolga približno celo valovno dolžino. Reflektor je nekoliko daljši (3-5%), direktorji pa so krajši (3-5%). Antensko žico držijo v pravilnem položaju

palice, ki morajo biti iz izolatorskega materiala. Razmak med elementi je okoli 0.2 valovne dolžine ($\lambda/2$). Ta antena se je v nekaterih primerih izkazala celo boljše kot Yagi antena. V primerjavi z Yagi anteno imajo značajne antene dve dobri lastnosti:

- Nižji vertikalni kot sevanja na majhnih višinah (nižjih od $\lambda/2$), ki omogoča dolge zveze;
- Na sprejemu so manj občutljive na šum, kar omogoča sprejem tudi šibkejših signalov, ki se sicer pri Yagi anteni v njem izgubijo.

Problem pri značajni anteni predstavlja slaba odpornost na vremenske vplive (veter, sneg, led), saj ima antena tri dimenzije, Yagi antena pa v bistvu le dve. Poseben primer te antene je Delta Loop antena, ki ima elemente v obliki trikotnika (delte). Dolžine elementov in razmaki so podobni kot pri Quad anteni. Mehansko je antena bolj čvrsta, saj sta stranski stranici elementov običajno iz aluminijastih cevi, vrhnja stranica pa je iz žice.



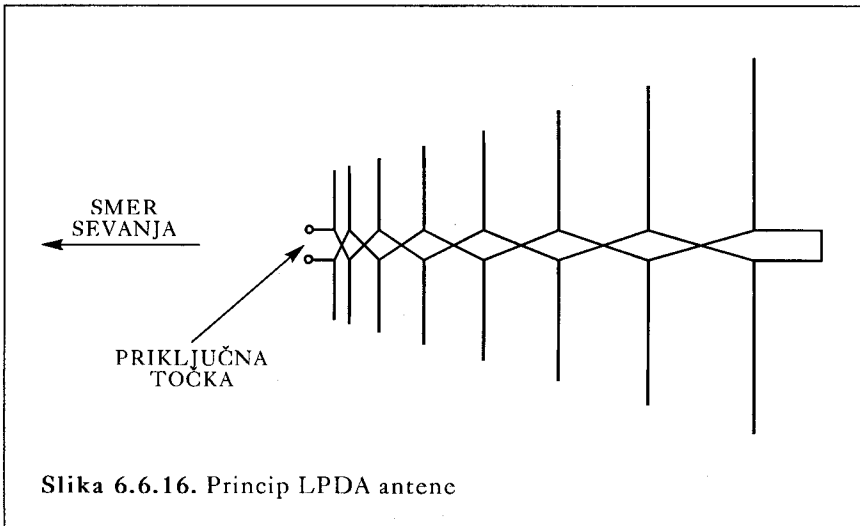


Dvo ali večelementne antene teh dveh tipov se pogosto uporabljajo na KV področju, kjer se na iste nosilce namesti več kompletov elementov (za 14MHz, 21MHz, 28MHz). Na UKV pa prevladujejo Yagi antene, ki jih je z zahtevano natančnostjo lažje narediti kot pa antene tipa Quad ali Delta Loop.

LOGARITMIČNO - PERIODIČNE DIPOL ANTENE

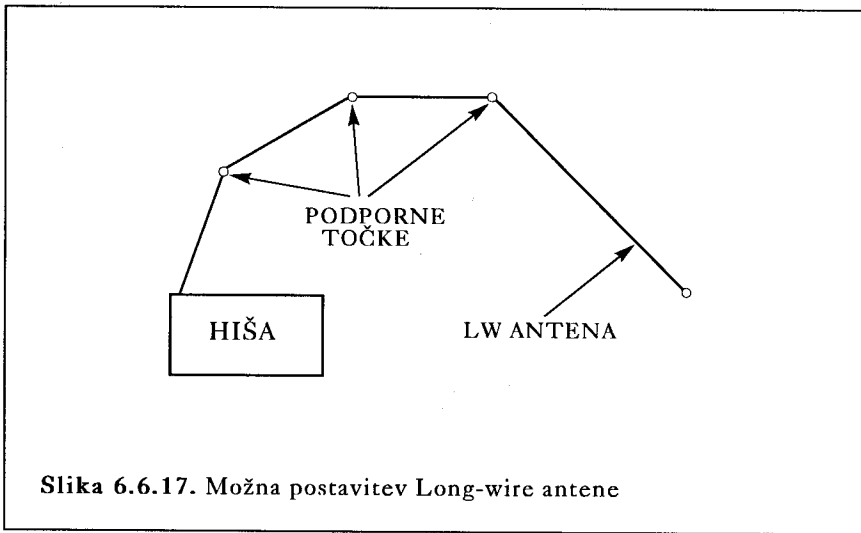
Logaritmično-periodične dipol antene (LPDA) imenujemo krajše tudi log-periodik (LP). Do nedavnega so se uporabljale predvsem v profesionalne namene, z večanjem števila amaterskih pasov pa postajajo zanimive tudi za nas. Največkrat jih opazimo kot logaritemske TV sprejemne antene. Značilnost teh anten je, da pokrivajo široko frekvenčno področje; imajo konstantno ojačenje, odnos naprej-nazaj, dokaj čist sevalni diagram in konstantno napajalno impedanco preko celotnega področja, za katero so konstruirane. Anteno sestavlja niz napajalnih elementov - dipolov, ki so med seboj povezani kot kaže slika 6.6.16. Najdaljši in najkrajši dipol določata zgornjo in spodnjo frekvenco pasu, kjer antena deluje, število elementov in medsebojni razmaki med dipoli pa določajo ojačenje antene. Za anteno je značilno, da se napaja na

sprednjem delu - pri najkrajšem dipolu. K sevanju prispevajo le dipoli, katerih resonančna frekvenca je blizu frekvence oddajnika. Dipoli, ki so prekratki, delujejo kot direktorji, predolgi pa kot reflektorji. Iz tega vidimo, da antena seva v smeri od daljših proti krajšim dipolom.



LONG - WIRE ANTENA (LW)

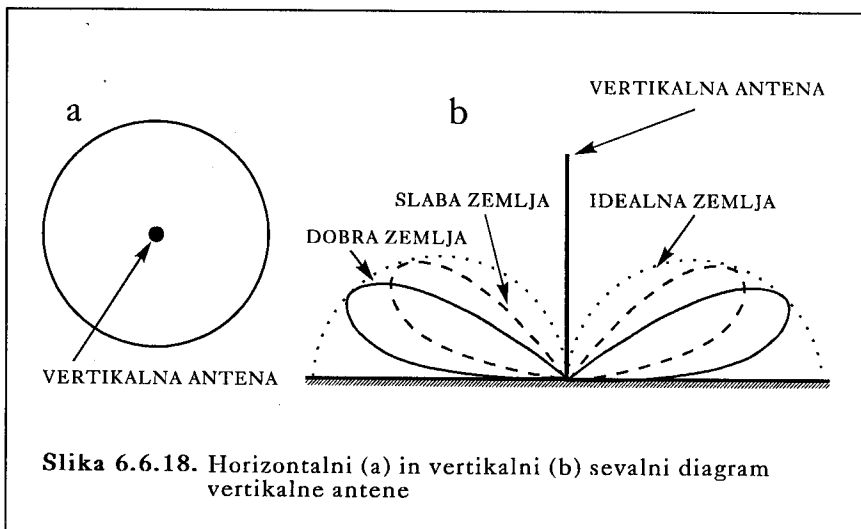
To je cenena žična antena, ki jo običajno postavimo v primeru, ko nimamo prostora za polvalni dipol ali celo za usmerjeno anteno. Anteno sestavlja žica, ki je čim bolj dolga. Idealna dolžina je nekaj valovnih dolžin. Žico namestimo čim višje. Njena dobra stran je, da dobro dela na vseh amaterskih KV pasovih. Za uspešno delo ni potrebno, da je antena napeta v ravni liniji; lahko jo postavimo v lomljeni liniji (Slika 6.6.17). Slaba stran antene pa je, da jo moramo vedno uporabljati v povezavi s prilagodilnim vezjem, ki prilagodi vhodno impedanco antene na izhodno impedanco oddajnika. Tudi sevalni diagram ni najbolje definiran, kar je posebno opazno ob "zlomljeni" postavitvi. V primeru, da je antena postavljena v ravni liniji, opazimo nekoliko usmerjenosti v smeri odprtega konca žice. Paziti moramo, da je antena na najnižji frekvenci dolga več kot $3/4$ valovne dolžine. V nasprotnem primeru se nam lahko zgodi, da je ne moremo uspešno prilagoditi na oddajnik.



Slika 6.6.17. Možna postavitve Long-wire antene

VERTIKALNE ANTENE

V primeru, ko pogoji onemogočajo postavitve drugih anten, nam ostane na razpolago še vertikalna antena. V primeru mobilnega dela iz vozila je to poleg dela z ročnimi postajami na UKV področju praktično edina možnost. Nikakor pa ne smemo misliti, da je to zasilna antena. Dobro narejena in primerno ozemljena vertikalna antena je zelo dobra za vzpostavlanje dolgih DX zvez tudi na KV področju.



Slika 6.6.18. Horizontalni (a) in vertikalni (b) sevalni diagram vertikalne antene

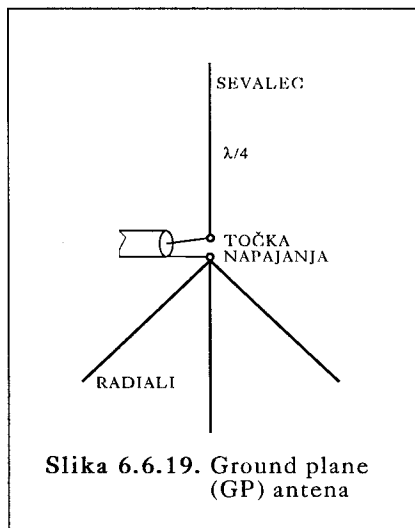
Sevalni diagram vertikalne antene, ki je običajno dolga $1/4$ valovne dolžine, je krožne oblike v horizontalni ravnini - na vse strani seva antena enako. V vertikalni ravnini pa je izražena precejšnja usmerjenost (Slika 6.6.18).

Najmočnejše sevanje dosežemo pod dokaj nizkim kotom glede na zemljino površino. Idealno je, če je ta kot manjši od 30 stopinj. Ker vertikalna antena seva energijo v vse strani enako in tudi sprejema signale iz vseh strani enako, ji pravimo tudi "omnidirekionalna" antena.

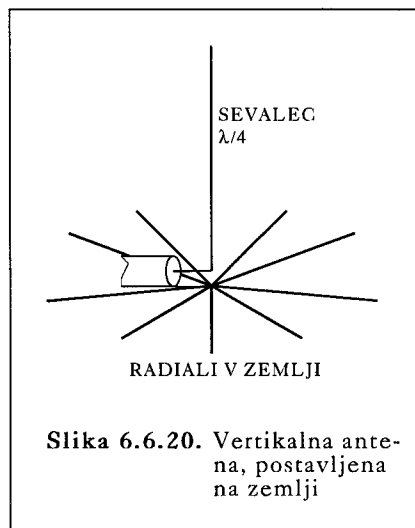
Vertikalno anteno si lahko predstavljamo kot polovico vertikalnega dipola. Druga polovica se zrcali v zemlji, ki je pod anteno. Zaradi tega je zelo kvalitetna ozemljitev izrednega pomena za dobro delovanje antene. V primeru, da je antena postavljena visoko od tal, potrebujemo "umetno zemljo" ali bolj poznano "ground plane". Zemljo nam predstavljajo radiali, ki se pod določenim kotom spuščajo od sevalca proti zemlji (Slika 6.6.19) Radiali so lahko narejeni iz žice ali pa iz aluminijastih cevi.

V primeru, ko je antena postavljena na površino zemlje, pa izboljšamo kvaliteto ozemljitve z radiali, ki jih položimo na zemljo oziroma jih zakopljemo nekaj centimetrov globoko. Radiali so dolgi vsaj $1/4$ valovne dolžine (Slika 6.6.20).

Od kvalitetne ozemljitve je odvisno, kako nizek bo vertikalni kot sevanja antene. Boljša je ozemljitev, nižji je ta kot. Anteno napajamo direktno s koaksialnim vodom impedance 50 ohmov.

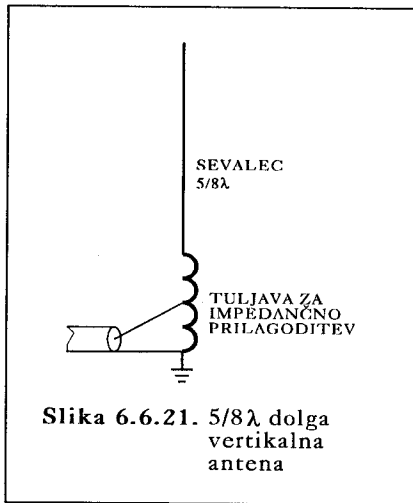


Slika 6.6.19. Ground plane (GP) antena



Slika 6.6.20. Vertikalna antena, postavljena na zemlji

Na KV področju pogosto opremimo vertikalno anteno s trapi, tako da ta deluje na več amaterskih pasovih. Kljub temu, da je $1/4$ valovne dolžine dolga antena najbolj razširjena, pa lahko dokažemo, da dosežemo optimalni kot sevanja pri anteni, ki je dolga $5/8$ valovne dolžine. Slaba stran te antene pa je bolj zamotano napajanje, ker ima antena impedanco, ki se razlikuje od impedanc vseh komercialnih napajalnih vodov. Poleg tega $5/8\lambda$ dolga antena ni resonančna. Njena impedanca ime kapacitivni značaj. Pomagamo si s tuljavo, ki je nameščena ob vznožju antene. Z njeno pomočjo kompenziramo kapacitivni značaj impedance, hkrati pa prilagodimo impedanco antene na impedanco napajalnega voda. (Slika 6.6.21).



Vertikalna antena je pri oddaji idealna. Na sprejemu pa se pokaže, da poleg koristnega signala pobere tudi precej več šuma kot horizontalne antene, tako da se lahko pojavi problem sprejemanja zelo šibkih signalov. Vzrok je ta, da je večina industrijskega šuma vertikalno polariziranega, zato ga vertikalna antena bolje sprejema kot horizontalna antena.

PARABOLIČNA ANTENA

Parabolična antena je tip antene, ki se uporablja predvsem na UHF, SHF in višjih frekvencah, vendar poznamo kar nekaj amaterjev, ki so si postavili tak tip antene tudi za 144MHz (premer reflektorja okoli 15m!). Izdelava take antene v domači delavnici pa predstavlja že kar ugleden konstruktorski dosežek!

V bistvu anteno sestavljata velik reflektor v obliki paraboličnega zrcala in sevalni element, ki je nameščen v gorišču zrcala in seva EM valove proti paraboličnemu reflektorju, oziroma sprejema valove, ki se od reflektorja odbijejo proti sevalcu. Sevalci so lahko različnih oblik, z njihovo menjavo pa lahko uporabljamo anteno na več frekvenčnih pasovih (npr. na 432MHz in 1.3 GHz).

Značilnost paraboličnih anten je veliko ojačenje in s tem ozek kot sevanja. Največkrat jih uporabljamo za satelitske in EME zveze, na SHF in višjih frekvencah pa tudi za klasične tropo zveze.

UMETNA ANTENA

Umetna antena je posebna oblika antene, ki ne seva energije v prostor. Sestavljena je iz uporov primerne moči, ki predstavljajo popolnoma prilagojeno breme. Njen namen je, da dovoljuje uglaševanje in testiranje oddajnikov brez povzročanja motenj drugim uporabnikom frekvenčnega spektra. V praksi se nekaj energije sicer izseva, ker sevanja ne moremo popolnoma preprečiti, vendar je moč signala veliko nižja, kot če bi uporabljali pravo anteno.

5. PASOVNA PREPUSTNOST ANTEN

Vsaka antena deluje dobro v nekem frekvenčnem pasu. Pravimo, da je antena selektivni element, ki slabi signale z višjo ali nižjo frekvenco od tiste, za katero je antena narejena. Antena postane bolj ozkopasovna (povečana selektivnost) zaradi vpliva objektov, ki so v bližini antene in zaradi vpliva tal. Če želimo bolj širokopasovno anteno, mora biti ta narejena iz debelejših cevi.

Pasovna širina antene je odvisna tudi od frekvenca, na kateri antena dela. Polvalni dipol za 80m bo imel širino le okoli 250kHz, medtem ko bo imel dipol za 20m pasovno širino celih 1000kHz. Z drugimi besedami: dipol za 20m bo brez problemov pokrival celoten pas, medtem ko bomo pri dipolu za 80m opazili precejšnje povečanje SWR-a na koncih pasu.

6. POSTAVLJANJE ANTEN

Pri postavljanju anten se srečujemo z delom na višini. Pri takem delu moramo še posebno paziti na varnost, saj že majhna neprevidnost lahko povzroči nesrečo. Obvezna je uporaba varnostnih pasov, s katerimi se lahko privežemo na antensko cev ali drevo. Le tako imamo lahko proste roke in uspešno opravljamo delo, ki je potrebno za postavitve antene. Razen na varnost dela pa moramo paziti tudi na to, da postavimo anteno na ustrezno mesto, in to tako, da ne ogrožamo niti svoje niti tuje lastnine. Posebno pozornost je potrebno posvetiti električnim vodom. Antena mora biti postavljena tako, da v nobenem primeru ne more zadeti ob vodnike.

In še dve misli za konec:

Antena, ki je narejena v lepem toplem vremenu, ne bo nikoli delala tako dobro kot tista, ki smo jo postavljali v dežju ali snegu ali pa vsaj pri minus 20 stopinjah Celzija.

Antena, ki je sneg ni podrl, je lahko ali premajhna ali pa prenzko postavljena. Tretje možnosti ni! (HI!)

6.7. NAPAЈANJE ANTEN

Močan oddajnik in kvalitetna antena nam ne koristita, če ju ne povežemo. To storimo s posebnim vodom, ki mu običajno rečemo antenski ali napajalni vod. Zavedati se moramo, da ni vsak kabel primeren za napajanje vsake antene. Nekaterim antenam moramo dovesti energijo preko visokoohmskih napajalnih vodov, drugim preko nizkoohmskih. Nekatere potrebujejo simetrične vode, druge spet nesimetrične. Sledi nekaj osnov o napajalnih vodih, kakor tudi o možnostih prilagajanja vodov na anteno in oddajnik.

1. NAPAЈALNI VODI

Pri napajanju anten se spomnimo pravila, ki pravi, da se največji prenos moči izvrši takrat, ko sta generator (končna stopnja oddajnika) in breme (antena) impedančno prilagojena.

Največji izkoristek prenosa moči dosežemo takrat, ko breme predstavlja čisto realno upornost. To pomeni, da se ne pojavljata kapacitivna ali induktivna komponenta upornosti. Temu pogoju je zadoščeno takrat, ko se antena nahaja v resonanci s frekvenco oddajnika. Med oddajnikom in anteno se ponavadi nahaja vod za prenos energije (vod za napajanje ali antenski vod), ki mora imeti take lastnosti, da ne vnaša neprilagojenosti med generator in breme. Optimalni antenski vod mora imeti naslednje karakteristike:

- Vod ne sme sevati energije, ki jo prenaša - ne sme delovati kot antena;
- Pri prenosu se energija ne sme izgubiti;
- Vod mora imeti konstantne električne karakteristike po celi dolžini;
- Karakteristike voda se ne smejo spreminjati zaradi vremenskih vplivov.

Tak idealni vod bi do drugega konca prenesel 100% energije, ki jo

na enem koncu pošiljamo vanj. V praksi takega voda ne moremo narediti. Vsak antenski vod vnaša večje ali manjše izgube med anteno in radijsko postajo. Izgube se pojavljajo zaradi ohmske upornosti vodnikov, izgub v izolatorju med vodniki (dielektrične izgube) in sevanja voda, ki se mu ne moremo izogniti v celoti.

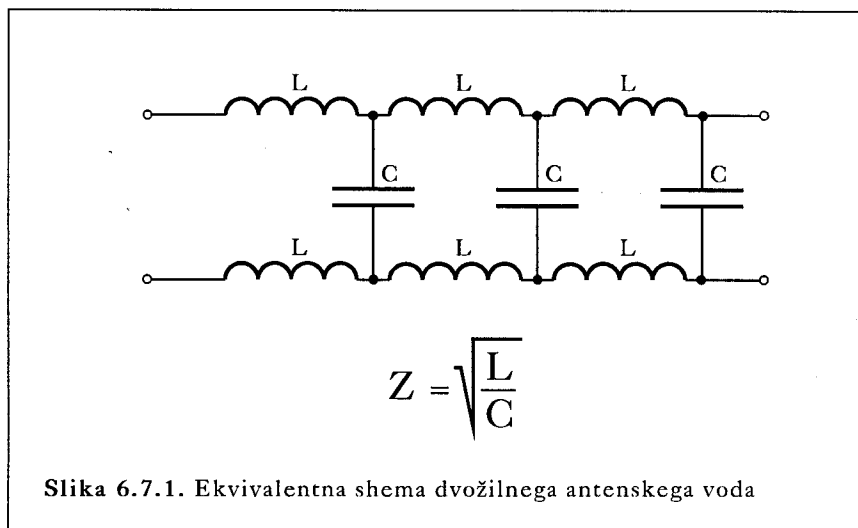
2. KARAKTERISTIČNA IMPEDANCA VODA

V bistvu je vsak antenski vod sestavljen iz dveh električnih vodnikov, ki sta med seboj lahko vzporedna (dvožilni vod) ali pa se en vodnik nahaja znotraj drugega (koaksialni vod).

Pri vseh napajalnih VF vodih je zelo pomembna njihova karakteristična impedanca Z . Ta vrednost se dobi iz razmerja napetosti U in toka I , če ju opazujemo na neskončno dolgem vodniku.

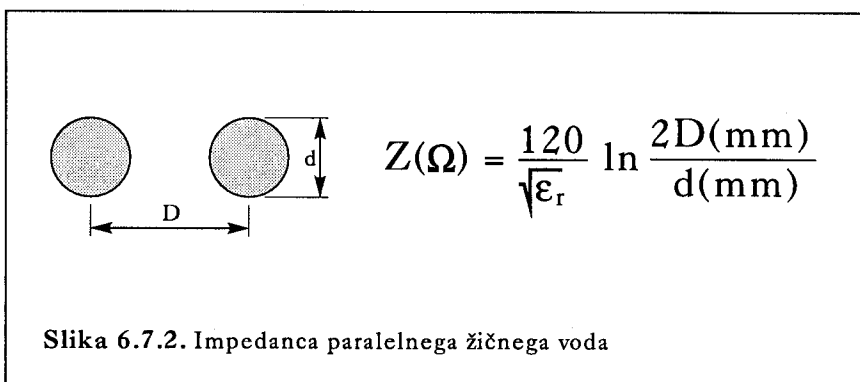
Vsak vod lahko predstavimo kot vezavo vzdolžnih induktivnosti in prečnih kapacitivnosti (Slika 6.7.1). Ta vezava predstavlja poenostavljeno ekvivalentno shemo dvožilnega antenskega voda.

V praksi pogosto zanemarimo izgube v vodu, tako da lahko karakteristično impedanco voda izračunamo po enačbi na sliki 6.7.1.

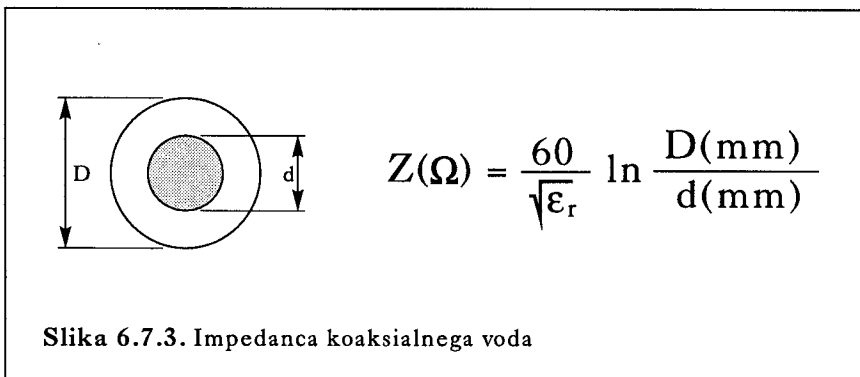


Z je realna vrednost, tako da je neodvisna od frekvence in dolžine voda. Iz zgornje enačbe vidimo, da velika induktivnost in majhna kapacitivnost pripeljeta do voda, ki ima veliko karakteristično impedanco.

V praksi to pomeni, da imajo tanki vodniki (velik L) na večji medsebojni razdalji (mala C) veliko karakteristično impedanco Z . Velja tudi obratno - debelejši vodnik (mali L) na manjši medsebojni razdalji (večji C) ima manjšo karakteristično impedanco Z . Iz vsega naštetega sledi, da je karakteristična impedanca odvisna predvsem od geometrijskih dimenzij vodnikov. Ta trditev velja v primeru, da je izolator med vodniki zrak, ki ima dielektrično konstanto ena. ($\epsilon_r = 1$) V primeru, da je izolator neka snov, ponavadi umetna masa, vplivajo na impedanco voda tudi snovne lastnosti izolatorja - relativna dielektrična konstanta. Ob upoštevanju vsega naštetega in geometrijskih dimenzij vodnika lahko impedanco dvožilnega napajalnega voda izračunamo na naslednji način:



Na podoben način lahko izračunamo impedanco koaksialnega voda, ki je značilni predstavnik nesimetričnih napajalnih vodov:



Karakteristična impedanca voda se da dokaj točno določiti s pomočjo merilnika kapacitivnosti in induktivnosti. Potrebujemo čim

daljši konec koaksialnega ali dvožilnega voda. Najprej izmerimo kapacitivnost C med obema vodnikoma. Nato en konec kabla kratko sklenemo in izmerimo induktivnost L . Vrednost vnesemo v enačbo s slike 6.7.1. Pri dvožilnemvodu pazimo, da ne leži na tleh, temveč je razpet v prostoru. Bližina tal vpliva na impedanco odprtih dvožilnih vodov.

3. VPLIV DIELEKTRIKA PRI ANTENSKIH VODIH

Hitrost širjenja elektromagnetnih valov je odvisna od snovi, skozi katero se valovi širijo. V brezračnem prostoru in po večini tudi v atmosferi se valovi širijo s hitrostjo svetlobe, $c = 300000\text{km/s}$. To velja v primeru, ko je dielektrična konstanta ena. Vsak drug material ima dielektrično konstanto, ki je vedno več kot ena. Iz enačbe

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

v - hitrost v snovi (km/s)
 c - hitrost svetlobe (300000km/s)
 ϵ_r - relativne dielektrična konstanta

sledi, da se hitrost razširjanja v snovi zmanjša. Večja je relativna dielektrična konstanta snovi, bolj se hitrost razširjanja zmanjša. V spodnji tabeli je za primerjavo navedenih nekaj relativnih dielektričnih konstant za nekaj najpogosteje uporabljenih snovi.

Izolator	Relativna dielektrična konstanta (ϵ_r)
Zrak	1.0
Penasti polistirol	1.05
Teflon	2.0
Izolacijski papir	2.2
Polietilen	2.3
Stirofleks	2.5
Pleksi steklo	3.0 .. 3.6
Polivinil (PVC)	3.1 .. 3.5
Epoksi smola	3.5
Pertinaks	5.6 .. 6.5
Porcelan	6.5

S pomočjo relativne dielektrične konstante izolatorja, ki se uporablja v napajalnih vodih, lahko določimo skrajševalni faktor voda, ki ga označimo z V . Dobimo ga iz razmerja hitrosti razširjanja valovanja v vodu in zraku. Skrajševalni faktor V je vrednost, ki je vedno manjša od ena in je poleg impedance zelo pomemben podatek za vsak napajalni vod. Potrebujemo ga pri določanju rezonantne dolžine voda.

$$V = \frac{v}{c} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}}$$

Zgled:

Izračunaj skrajševalni faktor koaksialnega voda RG213, katerega izolator ima relativno dielektrično konstanto 2.3!

$$V = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} = \frac{1}{\sqrt{2.3}} = 0.66$$

Skrajševalni faktor omenjenega voda je 0.66. Večina koaksialnih vodov, ki jih radioamaterji uporabljamo, ima tak skrajševalni faktor.

4. VRSTE ANTENSKIH VODOV

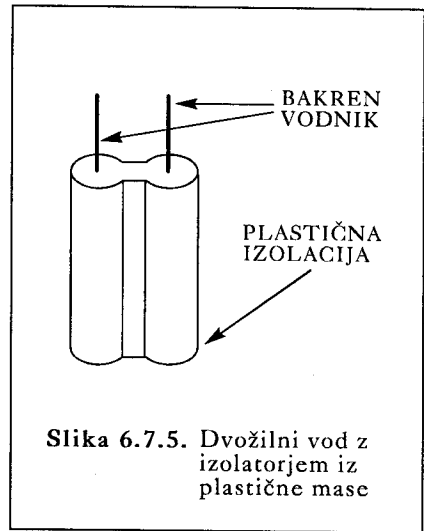
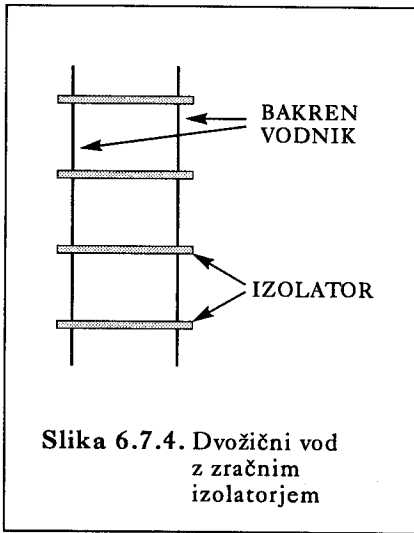
Antenski vodi so v bistvu dveh vrst; eni so simetrični (predstavniki je dvožilni vod), drugi pa nesimetrični (predstavniki je koaksialni vod).

SIMETRIČNI ANTENSKI VOD

Simetrični antenski vod je ponavadi sestavljen iz dveh žic, ki sta med seboj vzporedni. Ločimo naslednje osnovne tipe:

1. Dvožilni vod z zračnim izolatorjem (Slika 6.7.4): Sestavljata ga dve vzporedni žici, ki ju na pravilni razdalji držijo distančniki, ki so narejeni iz izolacijskega materiala. Zaradi zgradbe je vod poznan tudi pod imenom "kokošje lestvice".

Ta tip napajalnega voda ima karakteristično impedanco v območju med 200 in 600 ohmi, odvisno od debeline žic in njune medsebojne

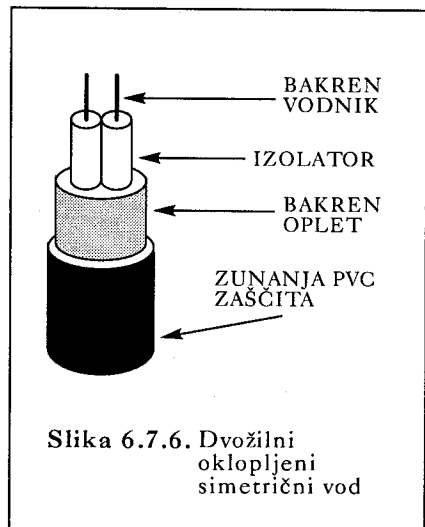


razdalje. Pri uporabi moramo paziti, da se z vodom ne približamo prevodnim materialom (stolp, žlebovi), ker to vpliva na impedanco. Prav tako ne moremo voda položiti po tleh ali ga celo vkopati v zemljo. Njihova dobra lastnost je, da imajo od vseh vodov najmanjše izgube.

2. Dvožilni vod z izolatorjem iz umetne mase: Tipičen predstavnik je TV dvojni vod (trakasti vod, twin lead), ki pa se še zelo redko uporablja. Vod sestavljata dva vzporedna vodnika, ki sta zalita v izolacijski material (Slika 6.7.5).

Vodi tega tipa se proizvajajo z impedancami 120, 240 in 300 ohmov. Slabljenje tega voda je precej manjše kot pri koaksialnih vodih, problem pa predstavlja staranje izolatorja pod vplivom vremenskih pojavov in sonca, s tem pa se spreminjajo električne lastnosti voda.

3. Oklopljeni dvožilni simetrični vod: Ta tip voda se le redko uporablja, zato ga je tudi težje kupiti. Ima nekaj večje slabljenje kot drugi simetrični vodi. Njegova dobra lastnost je, da je bolj odporen na vremenske vplive, ki

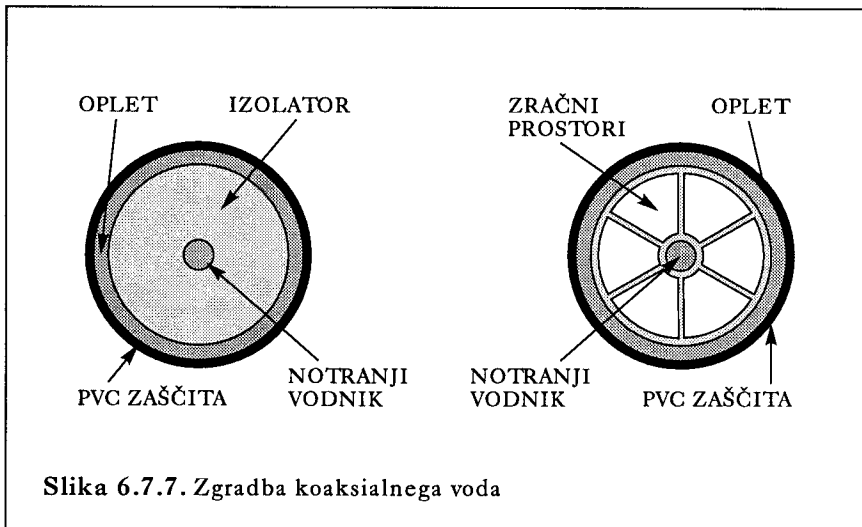


lahko spremenijo impedanco voda. Prav tako ni kritično, kako jih postavimo. Bližina kovinskih predmetov ali tal ni problematična.

NESIMETRIČNI ANTENSKI VOD - KOAKSIALNI VOD

Koaksialni vod je danes najbolj razširjen vod za povezavo postaje z anteno. Zunanji vodnik - oplet je vezan na maso. Odlikuje ga dobra odpornost na vremenske vplive. Postavljanje ni kritično, vod lahko celo zakopljemo v zemljo. Pred vremenskimi vplivi je vod zaščiten s plastično izolacijo, tako da dolgo ne spremeni električnih karakteristik. V primerjavi z odprtimi vodi je njegova glavna slabost ta, da ima precej večje izgube. Kvalitetni koaksialni vodi z majhnimi izgubami so zelo dragi, prav tako pa tudi specialni konektorji, ki jih potrebujemo za njihovo priključitev.

Koaksialni vod je sestavljen iz notranjega vodnika, ki ga obkroža dielektrik, zunanje vodnika in zaščitnega plastičnega ovoja (Slika 6.7.7). Notranji vodnik je ponavadi gola bakrena žica, lahko pa tudi splet več tanjših žic. Dielektrik naj bi bil narejen iz materialov, ki imajo majhne izgube. Lahko je poln ali pa z vmesnimi zračnimi medprostori.



Slika 6.7.7. Zgradba koaksialnega voda

Zunanji vodnik, ki objema celotno površino kabla, je najpogosteje bakren oplet, ki naj bi bil čimbolj gost. Namesto opleta je lahko tudi bakrena folija ali pa celo, pri kablil boljši kakovosti, oboje.

Zunanja zaščita je običajno narejena iz plastike, ki dobro prenaša vremenske vplive in sončno UV sevanje, tako da pred spremembami električnih lastnosti ščiti celoten vod.

Skrajševalni faktor V se najpogosteje giblje okoli 0.66 za vode s polnim dielektrikom in okoli 0.85 za vode, ki imajo dielektrik z zračnimi prostori.

Najpogosteje se uporabljajo koaksialni vodi z impedancama 50 in 75 ohmov.

Koaksialni vodi, ki imajo poln dielektrik, so dokaj neobčutljivi na mehanske obremenitve, saj sta srednja žila in oplet vedno na isti oddaljenosti. Njihova slaba stran so predvsem večje izgube kot pri koaksialnih vodih z votlim dielektrikom.

Po drugi strani pa so vodi z votlim dielektrikom bolj občutljivi na mehanske poškodbe, ker hitreje pride do deformacij, s tem pa tudi do sprememb električnih karakteristik (impedance). Tako se ti vodi uporabljajo predvsem za fiksne montaže, kjer je manjša možnost, da se vod pri zvijanju in razvijanju poškoduje.

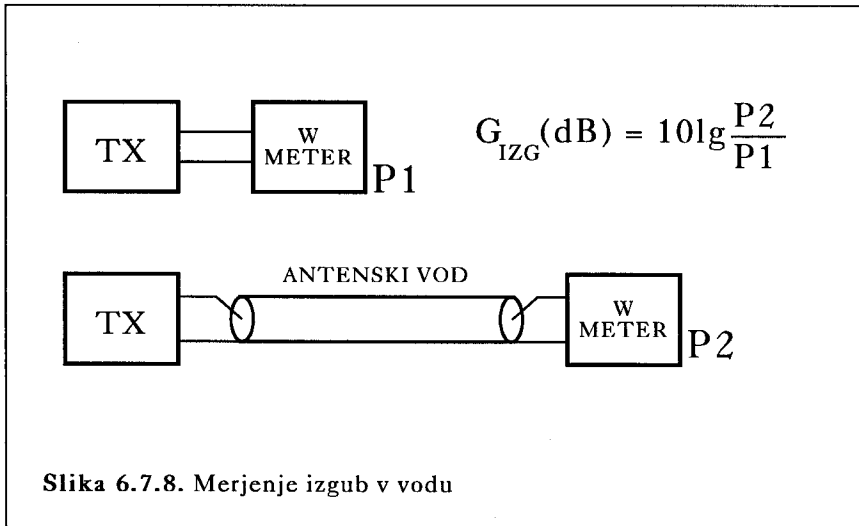
5. IZGUBE V NAPAJALNIH VODIH

Omenili smo že, da vod ne more prenesti energije brez določenih izgub. Izgube nastanejo zaradi omske upornosti žice, ki se z višanjem frekvence veča (kožni pojav ali bolj znano skin efekt), izgub v dielektriku in zaradi sevanja voda. Upornost žic skušamo zmanjšati s srebrenjem bakrenih vodnikov, kar pa je narejeno le pri boljših (in dražjih) vodih. Naj na tem mestu opozorim na nekatere koaksialne vode (RG 58), ki imajo cinkan oplet in srednjo žilo. Ti vodi so za prenos VF energije z višjo frekvenco zelo slabi, saj so ohmske izgube zaradi skin efekta dosti večje kot pri vodu, ki je narejen le iz bakra. Za sevanje voda je največkrat kriv premalo gost oplet, ki predstavlja največjo porabo materiala pri izdelavi in s tem tudi največji strošek. Kvalitetni vodi imajo po dva zelo gosta opleta ali pa bakreno folijo in preko nje še oplet. Dielektrične izgube so odvisne od kvalitete dielektrika, ki je v vodu uporabljen.

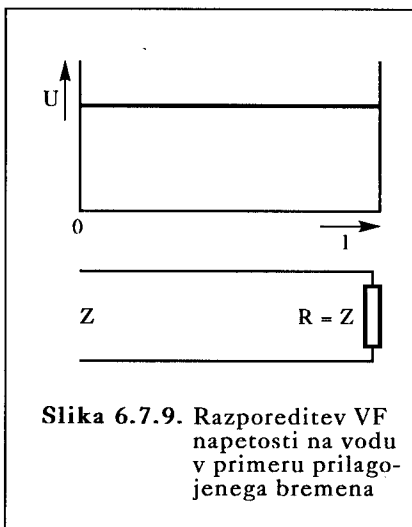
Proizvajalci poleg drugih lastnosti podajajo slabljenje voda za različne frekvence, ki je najpogosteje izraženo v dB/100m. Iz teh podatkov lahko hitro določimo, kolikšne bodo izgube v vodu, ki ga uporabljamo.

Izgube v vodu lahko sami izmerimo na enostaven način (Slika 6.7.8) s pomočjo merilnika moči. Izgube izračunamo iz kvocientov

izmerjenih moči na koncu voda in moči, ko watt meter priključimo direktno na generator.



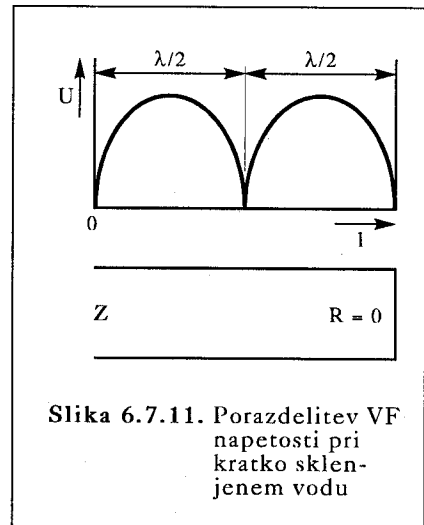
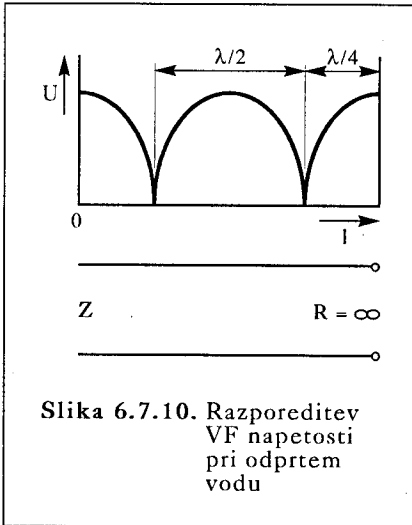
6. PORAZDELITEV TOKA IN NAPETOSTI VZDOLŽ VODA - STOJNO VALOVANJE



V primeru, da konec voda zaključimo z uporom R , ki ima upornost enako karakteristični impedanci voda Z , je porazdelitev napetosti na napajalnem vodu taka, kot jo prikazuje slika 6.7.9. Vsa moč, ki se pošlje v vod, se bo v bremenu R potrošila.

V primeru, da je upor R neskončno velik, lahko tako breme ponazorimo z odprtimi sponkami (Slika 6.7.10). Val, ki se širi od oddajnika proti anteni, na koncu voda ne zadane ob breme, zato se v celoti odbije ali reflektira nazaj proti oddajniku. Tako imamo na

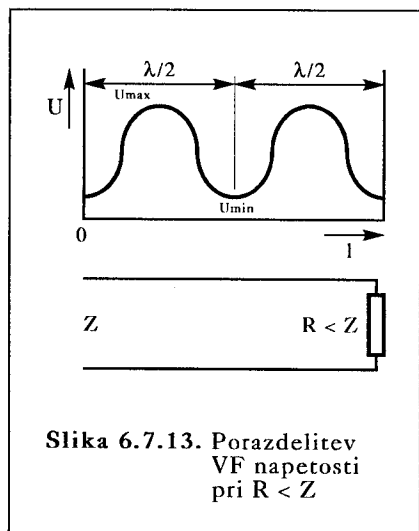
vodu dvoje valovanj: napredujoče in odbito ali reflektirano. Na vodu nastane stojno valovanje, ki je vsota obeh vrst valovanj. V primeru odprtega voda imamo na koncu vedno maksimum napetosti, nato pa si sledijo minimumi in maksimumi v pravilnem zaporedju. Podobno razmišljanje velja tudi za tok, le da je stojno valovanje toka premaknjeno za $1/4$ valovne dolžine oziroma za 90 stopinj. Kjer ima napetost maksimum, tam ima tok minimum.



Podobno lahko razmišljamo tudi v primeru, da je vod zaključen s kratkim stikom (Slika 6.7.11). Na vodu se ravno tako pojavi stojno valovanje, ki pa je premaknjeno glede na prejšnji primer za $1/4$ valovne dolžine. Napetost na kratkem stiku ne more obstajati, zato je tu njen minimum.

Stojno valovanje se pojavi vedno, kadar se nam na vodu pojavi odbiti val, ki je posledica neprilagojenosti bremena na vod. Kratak stik in odprte sponke sta dva mejna primera neprilagojenosti. Za njiju je značilno, da se izrazite ničle napetosti javljajo na vsaki $1/2$ valovne dolžine. V praksi pa imamo bremena, ki imajo upornost R večjo ali pa manjšo od karakteristične impedance voda Z . V teh primerih pridemo do stojnega valovanja, ki ga prikazujeta sliki 6.7.12 in 6.7.13.

V zadnjih dveh navedenih primerih ne pride do popolne refleksije. Večji ali manjši del VF energije se potroši na bremenu. Le preostali



Slika 6.7.13. Porazdelitev VF napetosti pri $R < Z$

del, ki ga breme R zaradi neprilagojenosti ne more porabiti, se vrne v obliki reflektiranega vala. Iz merjenja minimalne in maksimalne napetosti lahko določimo razmerje stojnega valovanja (SWR). Prav to nam omogoča poznani instrument, s katerim ugotavljamo prilagojenost antenskega sistema na oddajnik - merilnik razmerja stojnega valovanja ali bolj poznano SWR meter.

$$SWR = \frac{U_{max}}{U_{min}}$$

Zakaj nas zanima SWR na antenskem vodu? Obstajata dva glavna vzroka. Prvi je ta, da večanje SWR-a vnaša dodatne izgube v antenski vod. Izgube v vodu pomenijo segrevanje voda, kar lahko postane problem pri večjih močeh, saj se v primeru, da ima nek vod 3dB izgub, kar 50% moči, ki jo oddajnik pošlje proti anteni, porabi v vodu. Pregrevanje voda pa lahko privede do poškodbe izolacije, kar vpliva na spremembo električnih karakteristik. Drugi vzrok pa je, da reflektiran val lahko poškoduje končno stopnjo odajnika. Zato je dopustna meja pri $SWR = 3$, kjer se 25% moči, ki je bila oddana, odbije na bremenu in vrne proti oddajniku.

7. ELEMENTI ZA PRILAGODITEV IN TRANSFORMACIJO

V praksi se pogosto pojavi zahteva po transformaciji impedance iz ene vrednosti na drugo - na primer iz 200 ohmov na 50 ohmov. Prav tako se lahko srečamo s problemom prilagoditve antenskega voda na anteno ali oddajnika na antenski vod. Pomagamo si lahko na več načinov, nekaj najpogostejših si bomo ogledali v nadaljevanju.

PRILAGODITEV VODA NA ANTENO

Nekatere antene imajo impedanco, ki se razlikuje od karakteristične impedance voda. Da dosežemo optimalni prenos moči in čim manjši SWR, moramo uporabiti posebne načine napajanja anten.

Gama prilagoditev

Gama prilagoditev se uporablja takrat, ko je potrebno simetrično anteno prilagoditi na nesimetrični vod brez dodatnih transformatorjev za simetriranje. Poleg simetriranja pa nam gama prilagoditev opravi tudi transformacijo impedance (Slika 6.7.14). Transformacija je odvisna od dimenzij prilagoditve (premer, razmak in dolžina prilagodilnega elementa). Dipol je v sredini ozemljen, kar nam omogoča zaščito pred atmosferskimi praznjenji.

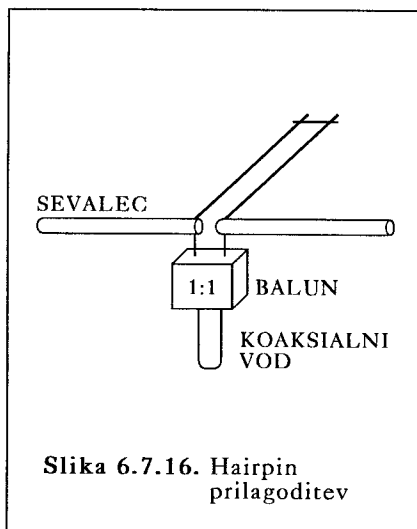
Gama element uglasimo tako, da s kratkostično objemko in spremenljivim kondenzatorjem dosežemo minimalni SWR na želeni frekvenci.



Delta prilagoditev

Delta prilagoditev se uporablja takrat, ko je potrebno odprti dipol prilagoditi na impedanco 200 ali 300 ohmov (Slika 6.7.15). Priključne žice delta prilagoditve so postavljene simetrično na sredino dipola. Sredino dipola lahko ozemljimo, kar je še posebno primerno za antene, ki so narejene iz aluminijastih cevi.





“Hairpin” prilagoditev

Ta vrsta prilagoditve je med amaterji dokaj popularna. Njena prednost je, da jo je lažje uglasti kot gama prilagoditev. Ima pa tudi nekaj pomanjklivosti, ki vplivajo predvsem na mehanske lastnosti antene. Sevalni element mora biti v sredini prekinjen in izoliran od ostalega dela antene. Poleg tega moramo, če želimo anteno napajati s koaksialnim vodom, uporabiti člen za simetriranje. “Hairpin” je v bistvu kos dvožilnega voda, ki je na enem koncu vezan na dipol, na drugem koncu pa je kratko sklenjen. Stopnja

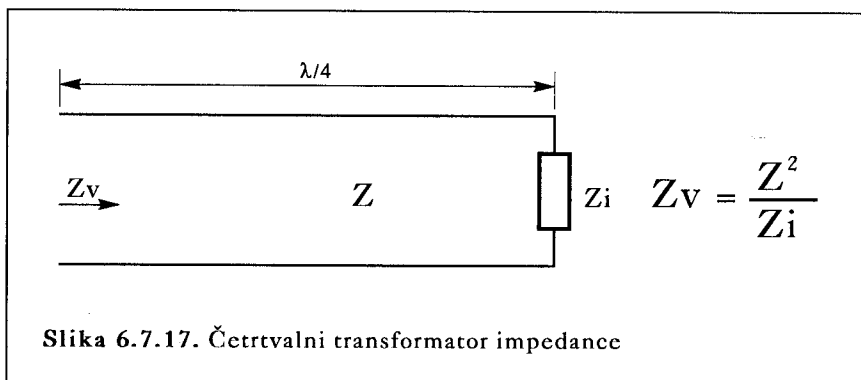
transformacije je odvisna od njegovih dimenzij. Prilagoditev dosežemo s pomikanjem kratkostičnika.

TRANSFORMATORJI IMPEDANCE

Večkrat se pojavi zahteva po transformaciji impedance z ene vrednosti na drugo. Lep primer je napajanje zaprtega polvalnega dipola, ki ima impedanco okoli 300 ohmov, na impedanco napajalnega kabla, ki je ponavadi 50 ali 75 ohmski.

Četrtnalni transformator impedance

Med karakteristično impedanco voda Z , ki ima električno dolžino $1/4$ valovne dolžine, njegove vhodne impedance Z_v in izhodne impe-



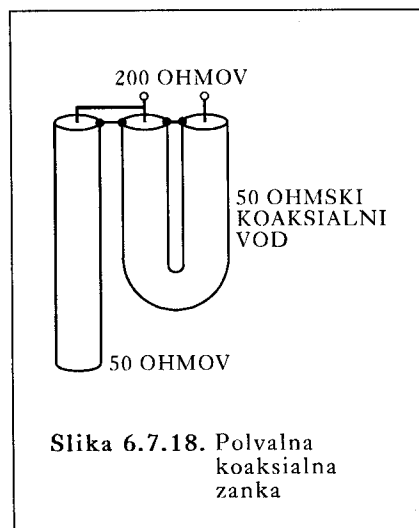
dance Z_i , velja sledeča zveza:

Produkt vhodne (Z_v) in izhodne (Z_i) impedance je enak kvadratu karakteristične impedance voda.

Opozorim naj, da moramo obvezno upoštevati skrajševalni faktor voda, ki ga uporabljamo.

Polvalna koaksialna zanka

Polvalna koaksialna zanka, ki je povezana na način, ki ga vidimo na sliki 6.7.18, nam transformira impedanco v razmerju 4:1, hkrati pa omogoča tudi simetriranje. Pri računanju dolžine zanke moramo obvezno upoštevati skrajševalni faktor koaksialnega voda.



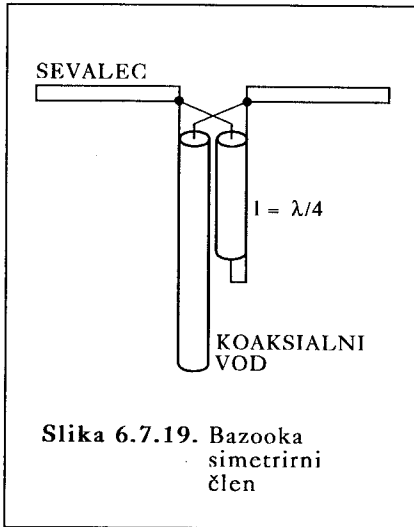
TRANSFORMATORJI ZA SIMETRIRANJE

V primeru, da simetrično anteno (polvalni dipol) napajamo s koaksialnim vodom, ki je nesimetrični napajalni vod, lahko zaradi nesimetrije pride do stranskih vplivov, ki slabšajo karakteristike antene. V opletu voda se pojavijo neželjeni tokovi, ki povzročijo deformacijo sevalnega diagrama antene. Da se temu pojavu izognemo, uporabimo transformatorje za simetriranje. Transformatorja za simetriranje sta tudi polvalna koaksialna zanka in gama prilagoditev, ki smo ju spoznali v prejšnjih poglavjih.

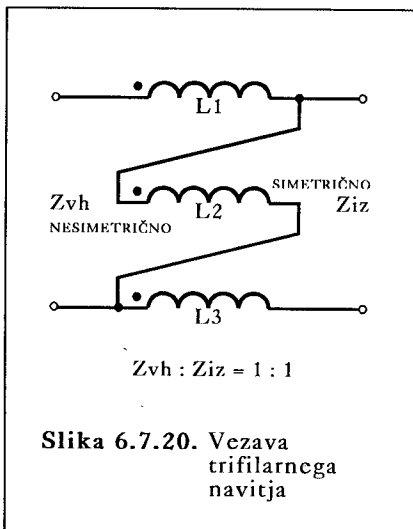
Transformatorji za simetriranje so poznani tudi pod imenom BALUN (sestavljanka iz začetkov besed BALanced - UNbalanced, kar pomeni prehod iz simetričnega na nesimetrično).

“Bazooka” simetrirni člen

Na KV področju nam uspešno simetriranje opravi kos koaksialnega voda, ki je na enem koncu kratko sklenjen, na drugem pa je povezan tako, kot je razvidno iz slike 6.7.19. Električna dolžina člena je $1/4$



valovne dolžine - upoštevati je potrebno skrajševalni faktor voda. Razdalja med členom in napajalnim vodom mora biti približno 5 cm.



Simetriranje s pomočjo trifilarnega navitja

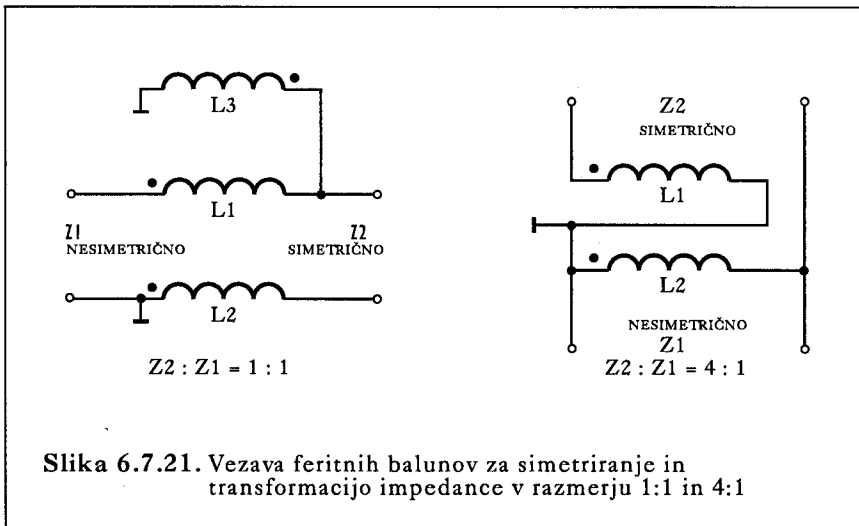
Slika 6.7.20 prikazuje vezavo trifilarnega navitja, ki uspešno služi kot člen za simetriranje. Na plastično cev premera okoli 35 mm navijemo tri konce žice, dolge okoli 150 cm. Konce žic povežemo po shemi. Dobra lastnost tega člena je, da je dokaj širokopasoven in se ga lahko uspešno uporablja v področju od 7 do 30 MHz. Če ga uporabljamo na nižjih frekvencah, moramo za navijanje uporabiti debelejšo cev (okoli 50mm).

Uporaba dušilke

Z uporabo dušilke prav tako dosežemo, da v opletu napajalnega kabla tokovi ne tečejo. Dušilka je narejena tako, da pri anteni naredimo deset ovojev napajalnega kabla. Premer navojev je okoli 20 cm. Taka dušilka se je pokazala dovolj učinkovita na KV področju.

ŠIROKOPASOVNI BALUN TRANSFORMATORJI

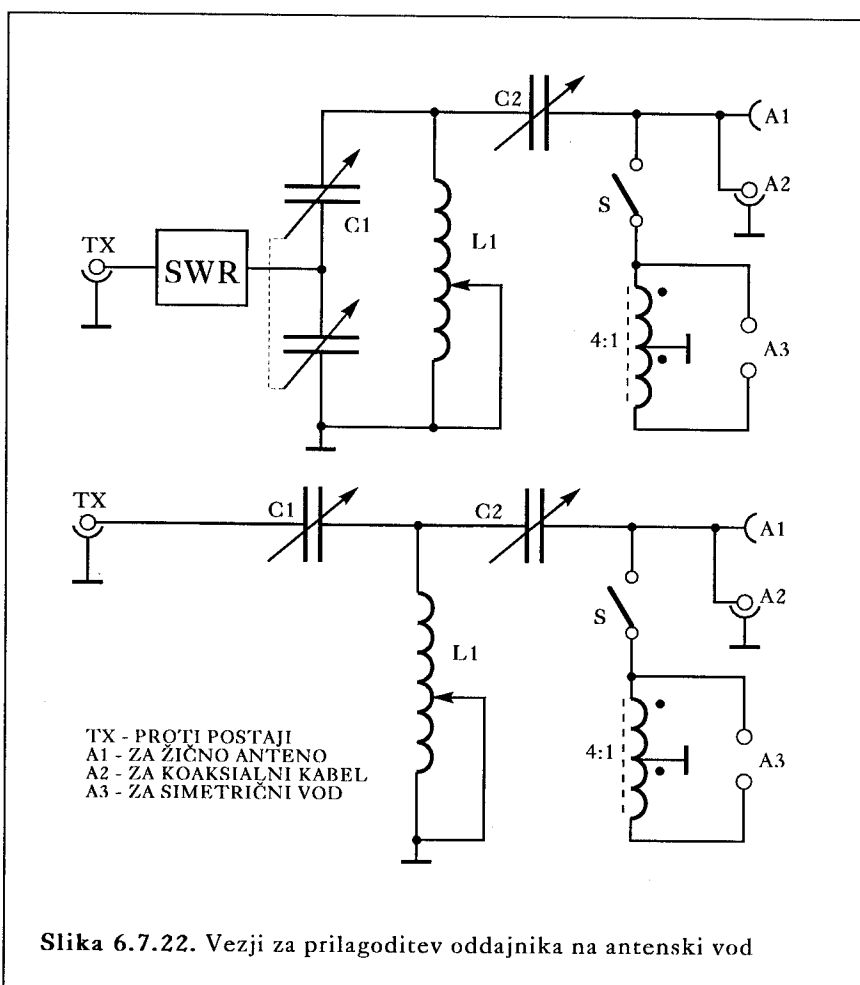
Slabost vseh prejšnjih transformatorjev impedance in členov za simetriranje je, da uspešno delujejo le na ozkem frekvenčnem področju. Značilnost širokopasovnih balun transformatorjev pa je, da lahko pokrijejo celotno KV področje. Vse to velja ob predpostavki, da so feritni obroči, na katerih se navije transformator, iz pravega materiala. V praksi je možno izdelati širokopasovne transformatorje, ki imajo razmerje transformacije med 1:1 in 10:1. Število navitij in njihovo medsebojno povezovanje je odvisno od želene stopnje transformacije. Dimenzije žic in feritnega obroča pa določajo maksimalno moč, za katero se balun uporablja. Vezavi feritnih balunov za transformacijo 1:1 in 4:1 prikazuje slika 6.7.21.



PRILAGODITEV ODDAJNIKA NA ANTENSKI VOD

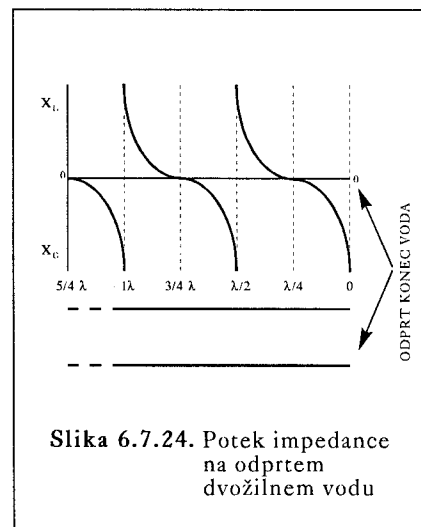
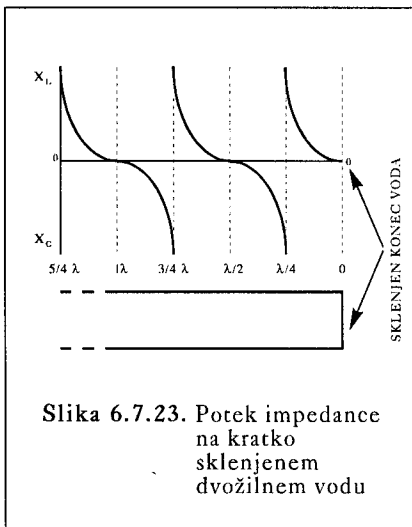
V praksi se lahko srečamo z antenami, ki imajo impedanco dokaj različno od tiste, ki jo ima izhodna stopnja našega oddajnika (50 ohmov). Novejše postaje so zelo občutljive na neprilagojenost končne stopnje na antenski sistem, zato se z večanjem SWR-a začne izhodna moč avtomatsko zniževati. Če se želimo temu izogniti, moramo med postajo in antenski sistem postaviti posebno vezje, ki poskrbi za prilagoditev impedanc - antensko prilagodilno vezje (antena tuner).

Vežje lahko prilagodi 50 ohmski vhod oddajnika na zelo široko področje impedanc. Kako široko je to področje, je odvisno od uporabljenih elementov - tuljav in kondenzatorjev. Pri dobro dimenzioniranih vezjih je ta razpon lahko med 25 in 8000 ohmi, tako da je možno prilagoditi vsak kos žice. V zadnjem času so se začela pojavljati avtomatska vežja, kjer posebna elektronika "odčitava" vrednost SWR in skrbi za pravilno nastavitev tuljav in kondenzatorjev. Ta vežja ponavadi lahko prilagodijo antene z impedanco med 30 in 200 ohmi. Na sliki 6.7.22 sta prikazani dve vežji za prilagoditev oddajnika na antenski vod. Obe vežji imata vhode za koaksialni vod, za LW anteno in za simetrični vod visoke impedance.



8. NAPAЈALNI VOD KOT ELEMENT ZA UGLAŠEVANJE

V prejšnjih poglavjih smo ugotovili, da se na vodu, ki ni zaključen z bremenom, ki ima isto karakteristično impedanco kot sam vod, pojavi stojno valovanje napetosti in toka, ki sta med seboj fazno zamaknena. Če poznamo potek obeh veličin, lahko za vsako točko voda določimo njegovo impedanco, ki je v splošnem kompleksna vrednost. Poleg realnega dela R se pojavi tudi reaktivni del X_c ali X_L . Slika 6.7.23 nam prikazuje potek impedance na kratko sklenjenem dvožilnem vodu, slika 6.7.24 pa na odprtem vodu.



Iz navedenega sledi, da kos voda, ki je običajno krajši od $1/4$ valovne dolžine, lahko uporabljamo kot prilagodilni element, ki ima lahko značaj kapacitivnosti, induktivnosti ali nihajnega kroga. V primeru, da se vod uporablja kot reaktivni element, veljata sledeči enačbi:

- a) Kratkosklenjen vod z impedanco Z in dolžino l izraženo v stopinjah ($l < 90$ stopinj) ima induktivno reaktanco X_L :

$$X_L(\Omega) = Z \cdot \operatorname{tg}(l)$$

- b) Odprt vod z impedanco Z in dolžino l izraženo v stopinjah ($l < 90$ stopinj) ima kapacitivno reaktanco X_C :

$$X_C(\Omega) = Z \cdot \text{ctg}(l)$$

Spodnja tabela nam strnjeno prikazuje lastnosti odprtih in kratko sklenjenih vodov do $1/2$ valovne dolžine.

DOLŽINA VODA	SKLENJEN VOD		ODPRT VOD	
	PORAZDELITEV NAPETOSTI	DELUJE KOT	PORAZDELITEV NAPETOSTI	DELUJE KOT
$l < \lambda/4$				
$l = \lambda/4$				
$l > \lambda/4$ in $l < \lambda/2$				
$l = \lambda/2$				

Slika 6.7.25. Karakteristike odprtih in kratko sklenjenih VF vodov dolgih do $1/2$ valovne dolžine

6.8. MOTNJE

Motnje, ki jih povzroča radijska postaja na sosedovem televizorju ali radiu, lahko marsikateremu radioamaterju zagrenijo življenje. Zato je pomembno, da vsak poskrbi za to, da s svojim delom ne povzroča motenj drugim uporabnikom radijskega spektra. Vendar pa včasih to ni dovolj. Kljub vsem filtrom, oklopom in ozemljitvi lahko še tako dobra postaja povzroča motnje na sosedovem TV sprejemniku ali radiu. Rešitev je možno najti z dobrososedskim razgovorom in medsebojnim razumevanjem. Morda je dovolj že nekaj ovojev kabla na feritnem jedru ali pa filter v antenskem dovodu TV sprejemnika. Nihče ne sliši rad, če mu rečete, da je z vašo postajo vse v redu (tudi če je) in je njegov TV sprejemnik slab (tudi če je).

Drugi problem pa predstavljajo motnje, katerih žrtve so radioamaterji. Izvor motenj so lahko razni stroji na električni pogon, močni oddajniki komercialnih radijskih postaj in podobno. Veliko motenj si naredimo tudi sami, včasih celo namerno, saj ti nekaj kHz širši signal v tekmovanju zagotavlja na sprejemu več miru. To dejstvo na žalost mnogi uspešno uporabljajo v praksi!

1. VZROKI ZA NASTANEK MOTENJ IN UKREPI ZA PREPREČEVANJE

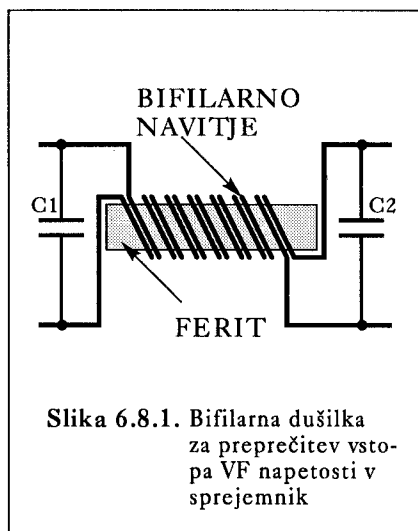
Vzrokov za nastanek motenj je več vrst. Motnja lahko nastane v oddajniku ali pa šele v sprejemniku, ki ga motimo. Tudi prenašanje motenj je različno. Lahko jih izseva naša antena ali neprimeren antenski kabel; v primeru slabega oziroma neprimerno grajenega ohišja in ozemljitve se širijo iz postaje v prostor okoli nje ali pa "uidejo" v električno omrežje.

ANTENE

Problem postavljanja anten je še posebno pereč v gosto naseljenih predelih, kot so naselja, bloki in podobno. Pri postavljanju anten se držimo pravila, da za njihovo napajanje uporabljamo oklopljene antenske - koaksialne vode. Neoklopljeni vodi sevajo VF energijo v okolico, to pa je že lahko vzrok za nastanek motenj. Samo anteno moramo postaviti tako, da se ne nahaja v neposredni bližini sprejemnih anten za TV ali radio.

Poleg naštetega pa moramo paziti tudi na kakovostno izdelavo antene. Slabi spoji ali neresonančne antene lahko privedejo do visokega razmerja stojnega valovanja, kar pa lahko vpliva na delovanje končne stopnje oddajnika, ki lahko začne proizvajati nezaželjene signale.

PRIKLJUČEK NA ELEKTRIČNO OMREŽJE



zadostuje, si pomagamo z dušilko, ki je lahko narejena kar iz nekaj ovojev priključnega vodnika, navitega na feritnem prstanu ali palici (Slika 6.8.1).

PARAZITNE OSCILACIJE

Parazitne oscilacije se lahko pojavijo v vsakem oddajniku. To so neželene oscilacije, ki nastanejo zaradi različnih mehanskih ali električnih dejavnikov v oddajniku. Njihov vpliv oziroma nastanek lahko preprečimo s pravilno gradnjo. Nastanek parazitnih oscilacij je lahko pogojen tudi s prevelikim SWR-om, zato moramo paziti, da imamo anteno vedno dobro prilagojeno na oddajnik.

VIŠJE HARMONSKE FREKVENCE

Harmonske frekvence se pogost vzrok za nastanek motenj. Noben oscilator ne more generirati le želene frekvence f , ampak poleg nje nastane še določeno število višjih harmonskih frekvenc, ki so celoštevilski

Motnje se lahko razširjajo tudi preko električnega omrežja. Zaradi tega mora imeti vsaka postaja vgrajen poseben filter, ki preprečuje, da bi VF energija "uhajala" iz postaje preko priključnega vodnika na električno omrežje. Poleg filtra je pomembna tudi kvalitetna ozemljitev, na katero mora biti priključena postaja. Enaki filtri bi morali biti vgrajeni tudi v vsakem TV ali radijskem sprejemniku, saj se lahko v električni napeljavi inducira VF napetost kot posledica močnega elektromagnetnega polja v bližini naše oddajne antene. V primeru, da filter v radiu in televiziji ne

mnogokratnik osnovne frekvence ($2f$, $3f$, $4f$...). Praviloma naj bi te imele manjšo amplitudo od osnovne frekvence. Včasih je nastajanje višjih harmonskih frekvenc zaželeno (v množilnih stopnjah), velikokrat pa ne. Harmonске frekvence lahko zadušimo z dodatnimi filtri, ki prepuščajo le signal želene frekvence, vse druge pa bolj ali manj dušijo.

MOTNJE ZARADI PREOBREMENITEV SPREJEMNIKA

V primeru, da se nek sprejemnik nahaja v močnem polju oddajnika, lahko pride do preobremenitve sprejemnika, posledica katerega je nastanek motnje. Do preobremenitve pride zaradi tega, ker selektivna vezja na vhodu sprejemnika niso sposobna dovolj oslabiti signale, ki se nahajajo izven sprejemnega področja. Ta vrsta motenj se večkrat pojavlja pri sprejemu TV signala, še posebno če je TV antena priključena na televizor preko širokopasovnega ojačevalca. Značilno za te motnje je, da ponavadi izginejo, če oddajnik priklopimo na umetno anteno ali pa obrnemo našo anteno, če je to mogoče, proč od TV antene. Odpravimo jih s filtri, ki jih vstavimo med anteno in TV sprejemnik. Nameščeni morajo biti čim bližje TV sprejemnika, dušiti pa morajo vse signale, ki se nahajajo izven TV frekvenčnega področja.

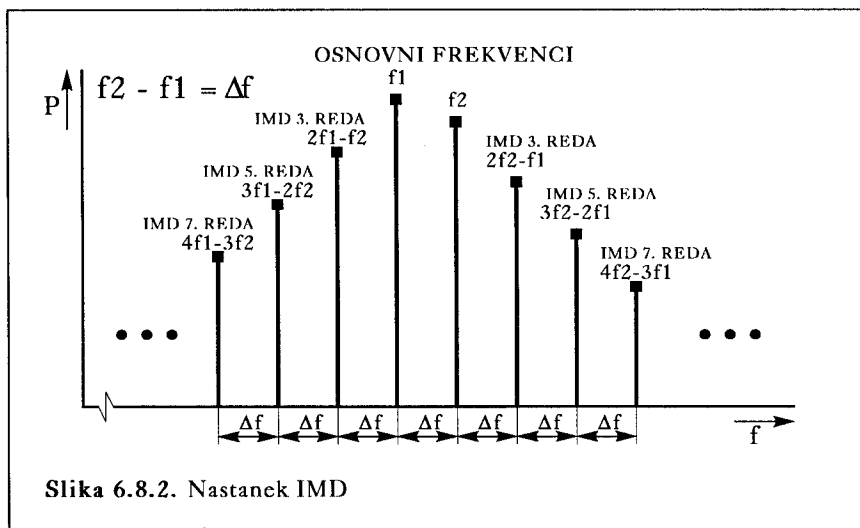
MOTNJE ZARADI INTERMODULACIJSKIH POPAČENJ - IMD

Vsak sprejemnik sestavljajo elementi, ki delujejo linearno le v določenem amplitudnem območju signalov. Če je amplituda vhodnega signala prevelika, pade sprejemnik v nelinearno področje delovanja - pojavijo se intermodulacijski produkti.

Kot smo že spoznali, imamo v radijski tehniki opravka s sinusnimi signali. Prenosno funkcijo sprejemnika lahko zapišemo v obliki polinoma. Z matematičnimi operacijami pridemo do naslednjih ugotovitev:

- V primeru, da opazujemo eno frekvenco f_1 , nam kvadratni, kubni in višji členi generirajo višje harmonske frekvence, ki jih s filtri lahko zadušimo;
- Težavneje je, če imamo opraviti z dvema frekvencama f_1 in f_2 , ki sta sorazmerno blizu. V tem primeru poleg višjih harmonskih frekvenc, ki jih generirajo vsi členi, razen linearnega in enosmernega, nastanejo tudi frekvence, ki jih generirajo členi polinoma z lihimi potencami (3, 5, 7 ...). Pojavijo se intermodulacijski produkti 3., 5., 7. ... reda. Za njih je značilno, da se pojavljajo v konstantnem koraku levo in desno od frekvenc f_1 in f_2 . Ta korak je enak razliki frekvenc f_1 in f_2 .

Ker se ti produkti pojavijo zelo blizu želenih frekvenc, uporaba filtrov za njihovo dušenje ne pride v poštev.



Odpornost na IMD lahko povečamo z boljšo zgradbo sprejemnika in uporabo bolj selektivnih ojačevalnikov. Veliko IMD se pojavi v tekmovanjih, kjer dela veliko postaj z velikimi močmi in predojačevalniki s prevelikim ojačenjem.

Poleg IMD v sprejemniku pa poznamo tudi nastanek IMD v oddajniku, ki je posledica nepravilnega delovanja končnih stopenj v primeru, ko linearni ojačevalnik prekrmilimo. S tem ta postane nelinearen, zato poleg ojačenega osnovnega signala generira tudi višje harmonske frekvence in intermodulacijske produkte.

OKLAPLJANJE IN BLOKIRANJE

Vsi deli naprav, kjer se generira VF energija, morajo biti zaprti oziroma oklopljeni, tako da preprečimo neželeno emisijo valovanja v okolico. Oklep je običajno iz pločevine in dobro ozemljen.

Prav tako je potrebno posvetiti pozornost vsem dovodom, saj lahko tudi preko njih VF energija uide v okolje. Uporabljamo vode z opletom, ki ga čimvečkrat spojimo z ohišjem. Začetek in konec voda "blokiamo" s primernim kondenzatorjem, ki nezaželene VF tokove spelje na maso.

Podobno ravnamo tudi v primeru, ko se želimo zaščititi pred motnjami, ki jih povzročajo razni stroji, stikala, kontaktorji itd. Ohišja strojev moramo ozemljiti in dovode blokirati proti masi s kondenzatorji. Tudi mesta, kjer je možen nastanek isker (stikala in kontaktorji), blokiramo s kondenzatorji. Kapacitivnost kondenzatorja določimo s poskušanjem, ponavadi pa se giblje v območju nanofaradov (nF).

2. VRSTE MOTENJ

Motnje najpogosteje delimo po tem, na kaj s svojo prisotnostjo vplivajo. Vsaka vrsta motenj zahteva za odpravljanje svoj pristop. Navedenih je le nekaj najpogostejših vrst motenj.

RADIJSKE MOTNJE - RFI

Radioamaterska postaja je lahko vzrok ali pa žrtev radijskih motenj, ki jih poznamo pod oznako RFI - Radio Frequency Interference. V obdobju zadnjih desetletij je razvoj telekomunikacij privedel do tega, da je na svetu na sto in sto tisoče (verjetno pa tudi številka nekaj milijonov ni zgrešena) oddajnikov raznih služb (civilnih, vojaških, radioamaterskih ...), ki so vsi potencialni povzročitelji RFI motenj.

Drugi pomemben doprinos radijskim motnjam pa je tako imenovani radijski šum, ki je posledica iskrenja, razelektritev in delovanja večine strojev na električni pogon, ki lahko sevajo radijske motnje v zelo širokem frekvenčnem spektru. Če imamo take stroje doma, jih poskusimo dobro ozemljiti, stikala in priključne vode pa blokiramo. Na motnje, ki jih povzroča industrija, pa praktično ne moremo vplivati in se moramo z njimi sprijazniti.

Zelo dober generator radijskih motenj so tudi računalniki, brez katerih si skoraj ne moremo več predstavljati radioamaterstva, saj nam olajšajo marsikatero delo. Pri računalnikih radi sevajo priključni vodi, zato si pomagamo s feritnimi obročki, ki jih nataknemo preko voda. S tem tudi preprečimo, da bi VF polje iz naše postaje prodrlo v računalnik. Ves trud pa je zaman, če je računalnik v plastičnem ohišju, ki ga ne moremo ozemljiti.

TELEVIZIJSKE MOTNJE - TVI

Motnje pri sprejemu televizije so največkrat glavni problem, s katerim se sreča prenekateri radioamater. Na žalost se velikokrat dogodi, da za pojav TVI (TeleVision Interference) neopravičeno obsodijo prav radioamaterje.

Do TVI lahko pride zaradi preobremenitve sprejemnika kljub temu, da sta frekvenci našega oddajnika in TV sprejemnika zelo narazen. To se zgodi največkrat v primeru, ko je sprejemna antena v močnem polju oddajne antene. Značilno za to vrsto motenj je, da se razprostirajo praktično po vsem področju, ki ga TV sprejemnik pokriva. Te motnje se pojavijo lahko tudi zaradi uporabe širokopasovnih TV predojačevalnikov. Odpraviti jih poskušamo z uporabo ozkopasovnih ojačevalnikov in dodatnih filtrov v TV antenskem vodu, ki dušijo frekvence izven TV kanalov.

Drug glavni izvor TVI pa so višje harmonske frekvence, ki jih lahko generira naš oddajnik. Odpravimo jih z dodatnimi nizkoprepustnimi filtri v antenskem vodu naše postaje.

DRUGE VRSTE MOTENJ

Druge vrste motenj se pojavljajo predvsem v zvezi z avdio in video komponentami v naših domovih. Problem lahko predstavljajo predolgi povezovalni kabli med posameznimi komponentami, ki delujejo kot nekakšne antene. Pomagamo si z majhnimi feriti, ki jih namestimo na dovode. Včasih je dovolj že dodatno blokiranje vhodov proti masi. Še posebno kritični so dovodi zvočnikov, ki so ponavadi najdaljši. Te motnje najlaže odpravimo s feritnimi obroči ali palicami, na katere navijemo nekaj ovojev kabla.

Prav tako se lahko dogodi, da motimo telefon. Vzrok običajno najdemo v dolgih dovodih ali v samem vezju telefona.

6.9. MERITVE IN MERILNI INŠTRUMENTI

1. MERITVE

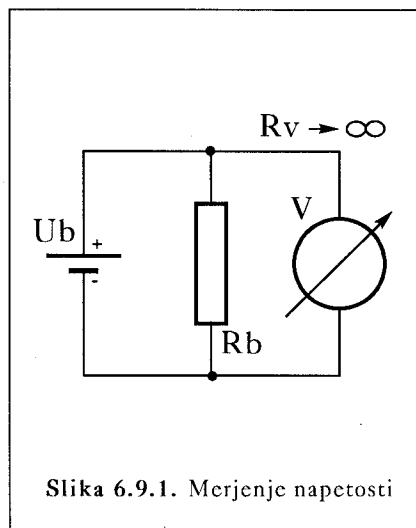
Če želimo izvedeti, kako dolga je miza, kako težak je kamen, kakšna napetost je na priključnih sponkah napajalnika, kakšna je frekvenca, na kateri oddaja naša postaja, ali karkoli drugega, moramo izvesti meritve.

Meritve se seveda med seboj razlikujejo glede na merjeno količino in način izvedbe meritve. Za radioamaterske potrebe si oglejmo nekaj meritev, potrebnih tako pri sestavljanju novih elektronskih sklopov in anten kakor tudi pri vzpostavljanju zvez.

MERJENJE NAPETOSTI

Mnogokrat nas zanima, kakšno napetost daje na svojih priključnih sponkah napajalnik naše radijske postaje, saj preveliko odstopanje od nazivne napetosti lahko poškoduje ali celo uniči drago napravo. Postopek meritve napetosti je preprost. Inštrument (voltmeter) ima dve priključni sponki, ki ju priključimo vzporedno z bremenom, na inštrumentu pa odčitamo izmerjeno napetost.

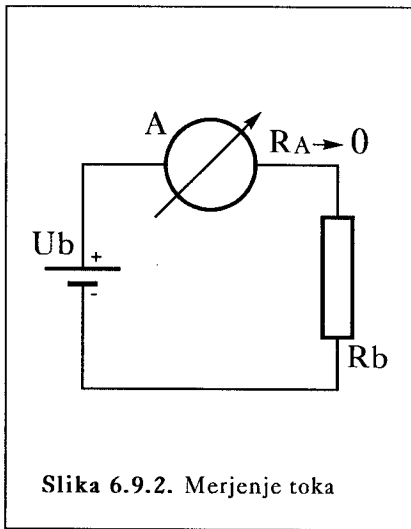
Merimo lahko enosmerne in izmenične napetosti, pri čimer imajo običajno merilniki izmeničnih napetosti vgrajene Greatzove mostičke za usmerjanje.



Slika 6.9.1. Merjenje napetosti

MERJENJE TOKA

Ko smo kupili napajalnik za našo radijsko postajo, smo opazili podatek, da napajalnik da 20A toka pri 13.5V enosmerne napetosti. Nanj smo priključili nekaj porabnikov in zanima nas, koliko toka



Slika 6.9.2. Merjenje toka

potroši vsak od njih. Izvedemo meritev toka, pri kateri v tokokrog vsakega porabnika (ali vseh skupaj, če želimo izmeriti skupni tok) vstavimo zaporedno vezan merilnik toka (ampermetru). Tok odčitamo direktno na ampermetru.

Prav tako kot pri napetosti, lahko tudi pri toku merimo enosmerne ali izmenične veličine.

NAPAKE PRI MERITVAH

Nobena meritev ni povsem natančna, saj noben merilni inštrument ni povsem natančen. Napake se pojavijo tako zaradi težavnosti odčitavanja kakor tudi zaradi občutljivosti inštrumenta, merilnih pogojev (vlaga, temperatura, drugi motilni pojavi), vgrajenih elementov in ostalega. Merilni napaki pravimo tudi pogrešek. Napake dobrih inštrumentov so največ 5%, vendar pa obstajajo tudi inštrumenti z napakami, manjšimi od 1%, so pa zato neprimerno dražji.

- Vpliv frekvence

Merjenje enosmernih veličin ni problematično, saj se spremembe le-teh dogajajo počasi. Pri merjenju izmeničnih veličin pa se pojavi problem parazitnih kapacitivnosti in induktivnosti, ki popačijo izmerjeni rezultat, ali pa meritev pri višjih frekvencah povsem onemogočijo. Zato se za visoke frekvence izdelujejo posebni inštrumenti, ki ta vpliv upoštevajo.

- Vpliv notranje upornosti inštrumentov

V idealnem voltmetru je njegova notranja upornost neskončna, torej nima vpliva na meritev in je odčitek povsem natančen. Žal pri realnih voltmetrih to ni tako, zato merilni inštrument vpliva na samo meritev. Na sliki 6.9.3 je prikazana tipična meritev z voltmetrom.

Merimo napetost na R_B , pri čemer je voltmeter predstavljen le s svojo notranjo upornostjo R_V . V primeru, da je $R_1 = R_B = 10\text{k}\Omega$ in je napetost $U = 100\text{V}$, je napetost na R_B enaka 50V . Naš voltmeter prikaže napetost, izračunano po naslednji formuli:

$$U_V = U \cdot \frac{R_N}{R_1 + R_N}$$

U_V = izmerjena napetost

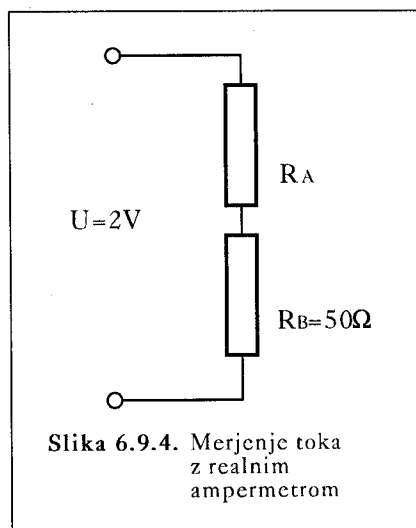
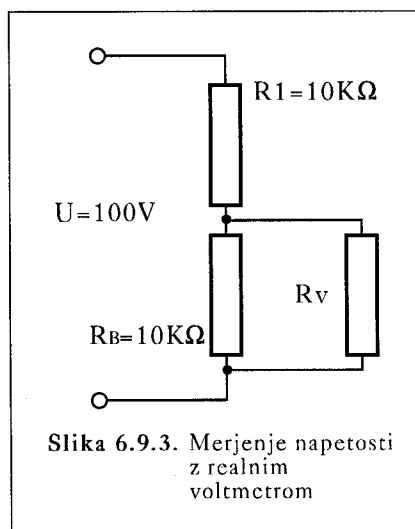
R_N = nadomestna upornost (R_B , R_V)

$$R_N = \frac{R_B \cdot R_V}{R_B + R_V}$$

Upornost voltmetra podajamo v ohmih na volt (Ω/V) ter velja za vsako merilno območje posebej. Pri $1000 \Omega/\text{V}$ (za merilno območje 100V , torej $1000 \Omega/\text{V} \cdot 100\text{V} = 100\text{k}\Omega$) bomo na voltmetru odčitali podatek 47.6V , pri voltmetru, ki pa bo imel $20\text{k}\Omega/\text{V}$ (kar je tipičen podatek za voltmetre z vtrljivo tuljavico), pa bomo odčitali 49.9V , kar je dosti bolj točna vrednost. Za še boljše odčitke uporabimo digitalne merilne inštrumente, ki imajo notranjo upornost nekaj $\text{M}\Omega/\text{V}$.

Pri voltmetru smo želeli imeti čimvečjo notranjo upornost, da bi bil vpliv inštrumenta na meritev čim manjši. Pri ampermetru pa si želimo to upornost zmanjšati (pri idealnem inštrumentu bi morala biti ta enaka nič), saj je ampermeter vezan zaporedno z bremenom.

Skozi upornik R_B teče brez prisotnosti notranje upornosti ampermetra R_A tok $2\text{V}/50\Omega = 40\text{mA}$. Ko sedaj v tokokrog dodamo ampermeter, ki ima notranjo upornost 2Ω , je tok, ki ga le



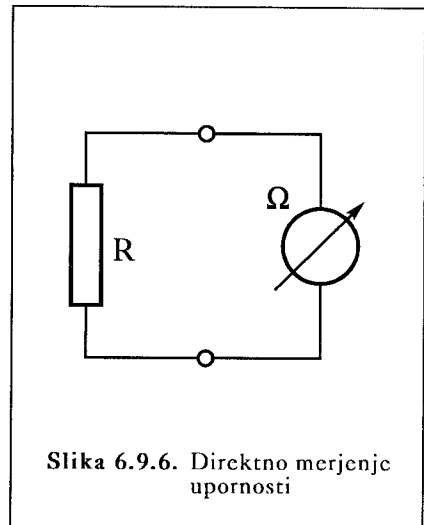
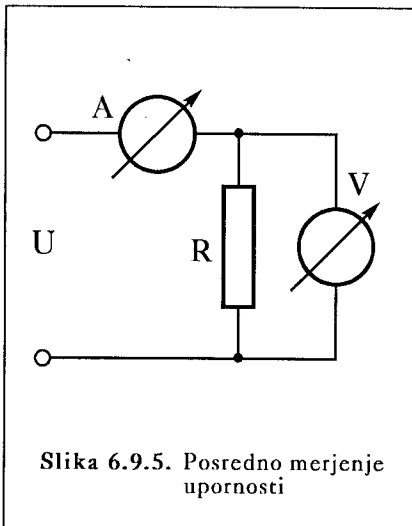
ta pokaže, le še 38mA, saj se je upornost spremenila s 50Ω na 52Ω . Dobri ampermetri imajo notranjo upornost manjšo od 0.5Ω . Pri takem inštrumentu bi odčitali iz podatkov na sliki 6.9.4 vrednost 39.6mA.

- Vpliv oblike merjene vrednosti

Pomembno je tudi, da vemo, kakšno obliko ima merjena napetost ali tok. Odčitki pri sinusni vrednosti ali pri pravokotnih signalih ne bodo enaki.

MERJENJE UPORNOSTI

Ko dobimo v roke upor neznane vrednosti, imamo na voljo več načinov za merjenje upornosti. Če imamo na voljo ampermeter in voltmeter, priključimo upor na vir napetosti, pomerimo napetost na njemu in tok, ki teče skozi, ter s pomočjo ohmovega zakona izračunamo upornost. Vendar pa je taka meritev zamudna. Dosti lažje je upor izmeriti z inštrumentom, ki se imenuje ohmmeter. Upornost z ohmmetrom merimo v bistvu kot merjenje toka skozi neznani upor pri znani napetosti. Ohmmeter kaže polni odklon inštrumenta pri upornosti nič (največji tok) ter najmanjši odklon pri razklenjenih sponkah (upornost je neskončna).



MERJENJE MOČI

Tudi pri merjenju moči lahko uporabimo posredno ali neposredno metodo. Pri posredni metodi uporabimo voltmeter in ampermeter (Slika 6.9.5) ter izračunamo moč kot produkt napetosti in toka $P = U \cdot I$. Seveda ta rezultat velja le, če so vrednosti enosmerne. Pri izmeničnih veličinah moramo upoštevati še kot med napetostjo in tokom oziroma njegov kosinus. Delovna moč je torej pri izmeničnih veličinah $P = U \cdot I \cdot \cos(\varphi)$. Pri visokih frekvencah moramo, če želimo dobiti prave podatke o izhodni moči oddajnika (OUTPUT POWER), pravilno obremeniti izhod le tega, kar pomeni realno 50 ohmsko breme, ki nima ne parazitnih kapacitivnosti ne induktivnosti, saj v nasprotnem primeru φ ni 0° in je potrebno izračunati $\cos(\varphi)$.

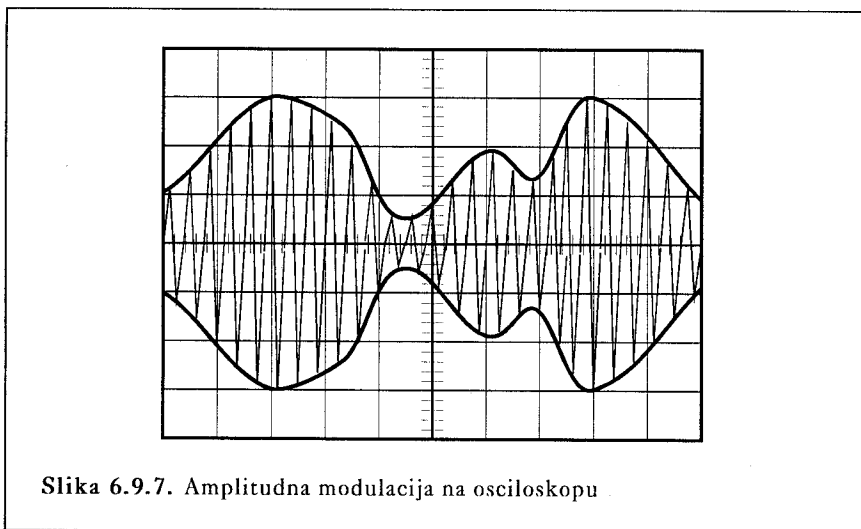
MERJENJE STOJNEGA VALOVANJA

V antenskem vodniku se zaradi neprilagojenosti posameznih elementov pojavlja stojno valovanje. Iz razmerja med napredujočim valom (VF energija, ki potuje od oddajnika proti anteni) in odbitim valom (VF energija, ki se odbije od antene in potuje nazaj proti oddajniku) dobimo faktor stojnega valovanja, merilnik pa se imenuje reflektometer, popularno tudi SWR meter (Standing Wave Ratio meter). Rezultat se podaja kot razmerje ali kot procent odbitega valovanja.

MERJENJE OBLIKE VF SIGNALA

Ko končno uspemo sestaviti oddajnik, moramo pred dejanskim delom še preveriti, kakšen signal daje na izhodu. Ko smo pomerili moč in SWR, pogledamo še obliko signala. Le to lahko pogledamo v časovnem prostoru, za kar uporabimo osciloskop. Signal je možno pogledati v frekvenčnem prostoru, za kar potrebujemo spektralni analizator. Če želimo pri amplitudni modulaciji pogledati stopnjo modulacije, to najbolj opravimo z osciloskopom. V primeru, da bi VF signal z nosilno frekvenco modulirali z nizkofrekvenčnim izvorom, bi na zaslonu osciloscopa dobili sliko 6.9.7 (glej tudi poglavje 6.1.2. Modulacija).

Seveda lahko prikažemo tudi druge oblike signalov, tako trikotne kot tudi pravokotne impulze, enosmerne signale in podobno.



Slika 6.9.7. Amplitudna modulacija na osciloskopu.

MERJENJE FREKVENCE

Tudi frekvenco lahko merimo na več načinov. Uporabimo lahko točen merilnik časa in precizen števec. V določenem času štejemo impulze in ko le te delimo s časom, v katerem smo merili, dobimo frekvenco, nihaje na sekundo ali Hertze (Hz). Daljši ko je časovni interval v katerem merimo, bolj precizna je meritev. Seveda pri visokih frekvencah tak način meritve ne pride v poštev, razen če imamo tako napravo, ki vsebuje tako števec kot merilnik časa in opravlja meritev avtomatično.

Če nas zanima samo prisotnost visoke frekvence, ne pa njena vrednost, merimo z VF indikatorji, ki so v bistvu nihajni krogi, ki jih s spremembo kondenzatorja spravimo v resonanco. Odčitek resonance opravimo z občutljivim voltmetrom.

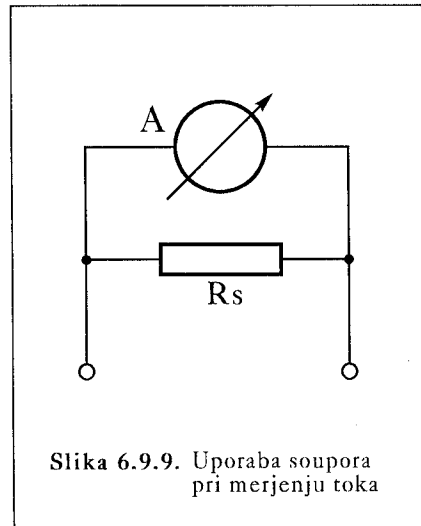
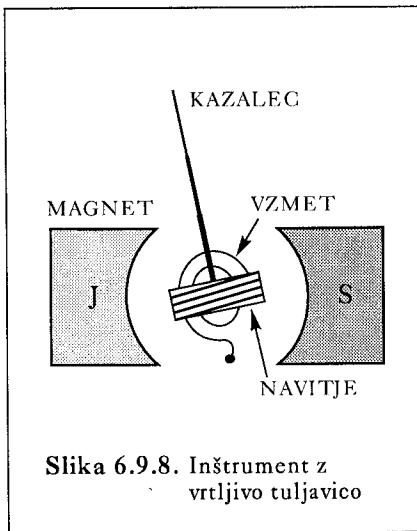
V primeru, da sestavimo nihajni krog, ki ima spremenljiv kondenzator, katerega skalo smo umerili pri različnih frekvencah, imamo že srce absorpcijskega valomerja, ki meri resonančne frekvence. Nihajni krog približamo izviru VF energije in z vrtenjem kondenzatorja poiščemo resonančno frekvenco. Na skali odčitamo frekvenco.

Ostane nam še en merilnik resonančne frekvence, ki meri resonančne frekvence pasivnih nihajnih krogov. Prav tako lahko z njim izmerimo neznane vrednosti kondenzatorjev in tuljav. Imenuje se Grid-Dip meter.

2. MERILNI INŠTRUMENTI

INŠTRUMENT Z VRTLJIVO TULJAVICO

Skoraj vsi inštrumenti, ki imajo kot prikazovalnik pomičen kazalec, so inštrumenti z vrtljivo tuljavico. Premični del je sestavljen iz tuljavice, vpete med dva magnetna pola iz trajnega magneta. Ko steče skozi tuljavico tok, le-ta povzroči pomik tuljavice v magnetnem polju. Temu pomiku pa se upira spiralna vzmet, ki določa mirovno lego. Tok skozi tuljavo je premosorazmeren pomiku tuljavice in s tem kazalca, ki je pritrjen nanjo.

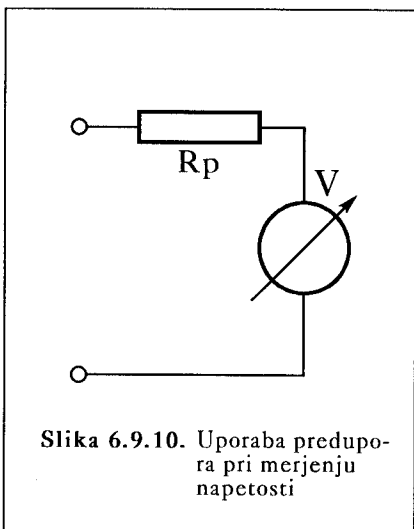


Skozi tuljavico lahko teče le majhen tok, običajno okoli 50mA, kar pomeni, da ni primerna za merjenja večjih tokov. To pomankljivost odstranimo s pomočjo souporov (shunt uporov), ki jih vežemo vzporedno z inštrumentom.

Tipičen inštrument z vrtljivo tuljavico ima notranjo upornost tuljavice 2000Ω in maksimalni tok $50\mu\text{A}$, torej je pri maksimalnem odklonu padec napetosti na njemu 100mV. Če želimo s takim inštrumentom meriti tokove do 50mA (1000 krat večje tokove), uporabimo soupor, skozi katerega teče $50\text{mA} - 50\mu\text{A} = 49.95\text{mA}$. Z uporabo Ohmovega zakona izračunamo, da je vrednost soupora

$$R_s = \frac{U}{I} = \frac{0.1 \text{ V}}{0.04995 \text{ A}} \cong 2 \Omega$$

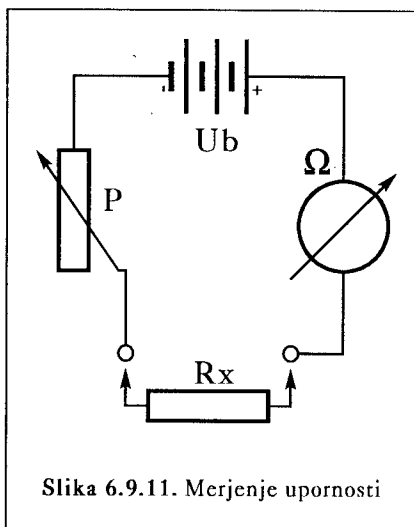
Podobno ravnamo pri meritvi napetosti; na vrtljivi tuljavici je lahko padec napetosti le 100mV, kar pomeni, da moramo za večje napetosti dodati predupor.



V primeru, da želimo meriti napetosti do 10 V, mora biti na upor R_p padec napetosti $10 \text{ V} - 0.1 \text{ V} = 9.9 \text{ V}$. Z uporabo Ohmovega zakona (še vedno velja, da je maksimalni tok skozi tuljavico $50 \mu\text{A}$) izračunamo vrednost predupora:

$$R_p = \frac{U}{I} = \frac{9.9 \text{ V}}{0.005 \text{ A}} = 198 \text{ k}\Omega$$

Tudi upornost lahko merimo s pomočjo inštrumenta z vrtljivo tuljavico. Električni krog sestavimo iz inštrumenta z vrtljivo tuljavico, znanega vira napetosti in potenciometra za nastavitev polnega odklona.



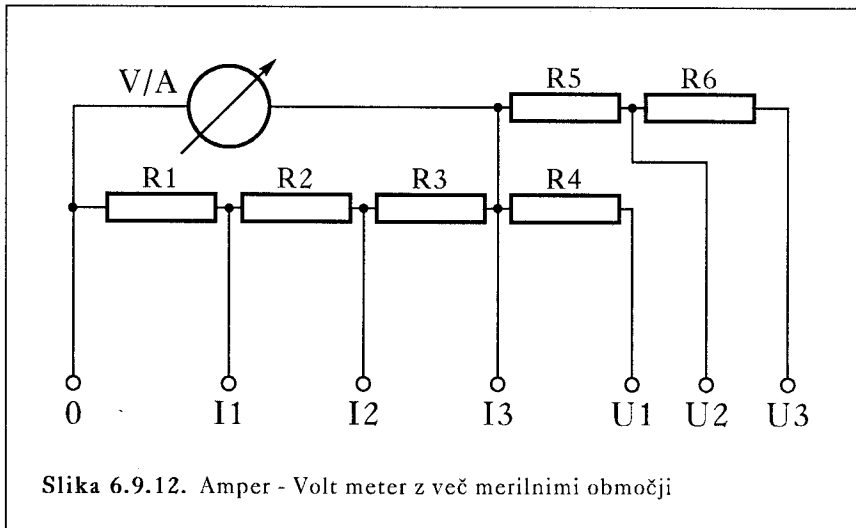
Inštrument pred merjenjem najprej umerimo na upornost 0Ω (sklenjenje merilne sponke). Tako smo nastavili, da pri znani napetosti teče tudi znan tok. Nato zaporedno z inštrumentom dodamo neznan upor R_x in odčitamo upornost. Skala na inštrumentu je nelinearna ter ima to lastnost, da je poln odklon enak 0Ω , brez odklona pa je takrat, kadar na sponke ni priključen noben upor ($R_x = \infty \Omega$).

Namesto inštrumenta z vrtljivo tuljavico se v zadnjem času vedno bolj

uveljavlja (predvsem pri merjenju napetosti, toka in upornosti) elektronski prikazovalnik, pri katerem ni več problema z vztrajnostjo tuljavice in mehansko izdelavo. Merilniki imajo na vhodnih priključkih FET tranzistorje, zaradi česar so vhodne upornosti pri voltmetrih izredno visoke, ampermetri pa delujejo na pricipu tokovnih klešč, ki v tokokrog vnesejo minimalno obremenitev.

MULTIMETRI

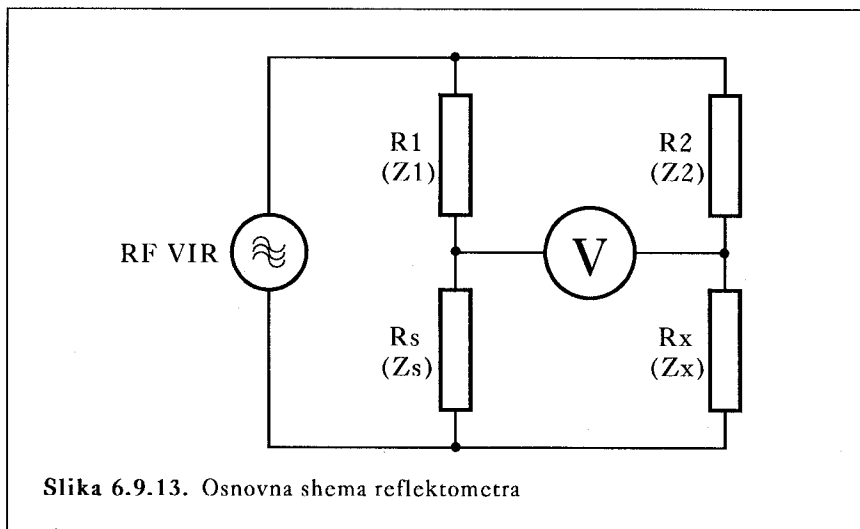
Če vse tri zgoraj opisane inštrumente združimo v enega, dobimo AVO meter (Amper Volt Ohm meter). To pa je le eden izmed vrste multimetrov (merilnikov, ki merijo več različnih količin). Prvi multimeter je bil sestavljen iz ampermetra in voltmetra za več območij.



Uporabnik lahko po potrebi pretika med različnimi tokovnimi območji (I1, I2, I3) in različnimi napetostnimi območji (U1, U2, U3).

REFLEKTOMETER

Reflektometer (merilec odbitih - reflektiranih valov) je v osnovi Wheatstonov mostič za visoke frekvence, kjer upornosti nadomestimo z impedancami (Slika 6.9.13).



Slika 6.9.13. Osnovna shema reflektometra

Ko je mostiček uravnovešen (voltmeter kaže 0V), velja naslednja enačba:

$$Z_x = Z_s \frac{Z_2}{Z_1}$$

Impedanca bremena je število, ki nam opisuje povezavo med izmeničnim tokom in napetostjo na bremenu. Za enosmerni tok je impedanca preprosto upornost, za izmenični tok pa je impedanca kompleksno število, čigar realni del predstavlja delovno upornost, imaginarni del pa jalovo (reaktivno) upornost.

Pri visokih frekvencah je težko meriti napetosti in tokove, ker so parazitne kapacitivnosti in induktivnosti voltmetrov ter ampermetrov velike, zato tudi ne moremo preprosto izmeriti impedance bremena. Zato merimo namesto impedance neko drugo veličino, ki jo imenujemo odbojnost ali refleksijski koeficient (Slika 6.9.14). Odbojnost označimo z veliko grško črko Γ (gama) ali pa z majhno latinsko črko r . Na visokih frekvencah jo je lažje meriti kot impedance.

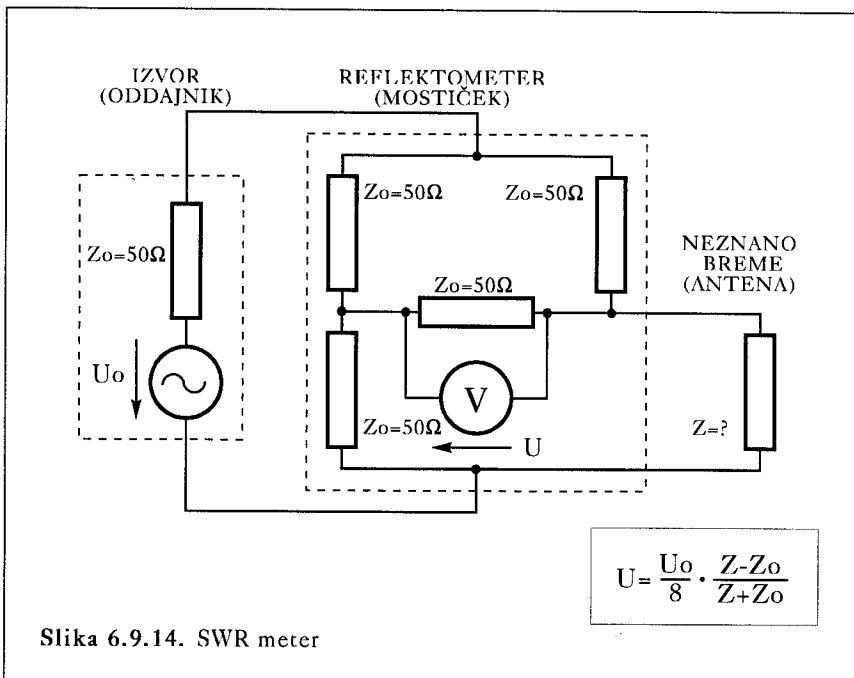
$$\Gamma = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} \quad 0 \leq \Gamma \leq 1$$

Z = impedanca bremena
 Z_0 = referenčna impedanca (50Ω)
 Γ = velikost odbojnosti

Odbojnost je vedno definirana glede na neko referenčno impedanco, običajno 50Ω , kar ustreza karakteristični impedanci koaksialnega kabla. Odbojnost je kompleksno število brez enote, njegova absolutna vrednost pa je med 0 in 1. Pri tem 0 pomeni popolnoma prilagojeno, 1 pa popolnoma neprilagojeno breme.

Odbojnost ima za računanje in meritve zelo zanimivo lastnost; če med merilnik odbojnosti in breme vstavimo brezizguben visokofrekvenčni vod (KRAJŠI kos koaksialnega kabla), ki ima karakteristično impedanco enako referenčni impedanci za odbojnost (50Ω), se izmerjena absolutna vrednost odbojnosti ne spremeni, spremeni se le faza odbojnosti in to premosorazmerno dolžini vstavljenega voda.

Odbojnost hkrati predstavlja razmerje amplitud napredujočega in odbitega vala na visokofrekvenčnem vodu. Od absolutne vrednosti odbojnosti je zato odvisna valovitost ali razmerje stojnega vala na vodu. Valovitost je realno število brez enote z vrednostjo med 1 in ∞ ter ga označimo z grško črko ρ (ro) oziroma kratico SWR (Standing Wave Ratio). Pri tem pomeni valovitost 1 popolnoma prilagojeno breme in valovitost ∞ popolnoma neprilagojeno breme.



$$SWR = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma} \quad 1 \leq SWR \leq \infty$$

Valovitost (SWR) uporabljamo le še radioamaterji, saj ne vsebuje informacije o fazi odbojnosti in se zato v profesionalni tehniki skorajda ne uporablja več. Vsi reflektometri merijo amplitudo odbojnosti, na skali inštrumenta pa je običajno izrisana le valovitost.

Na sliki 6.9.15 je prikazana tabelica nekaterih vrednosti SWR-a v odvisnosti od G ter procent odbite moči. Pomembno je omeniti, da je izmerjen podatek odvisen tudi od priključnih vodov, zato se pri priključitvi vedno potrudimo, da je povezava med radijsko postajo in našim merilnikom čim krajša.

SWR	$ \Gamma $	odbita moč [%]
1:1	0	0
1:2	0.33	11
1:3	0.5	25
1:5	0.67	45
1:9	0.8	64
1: ∞	1	100

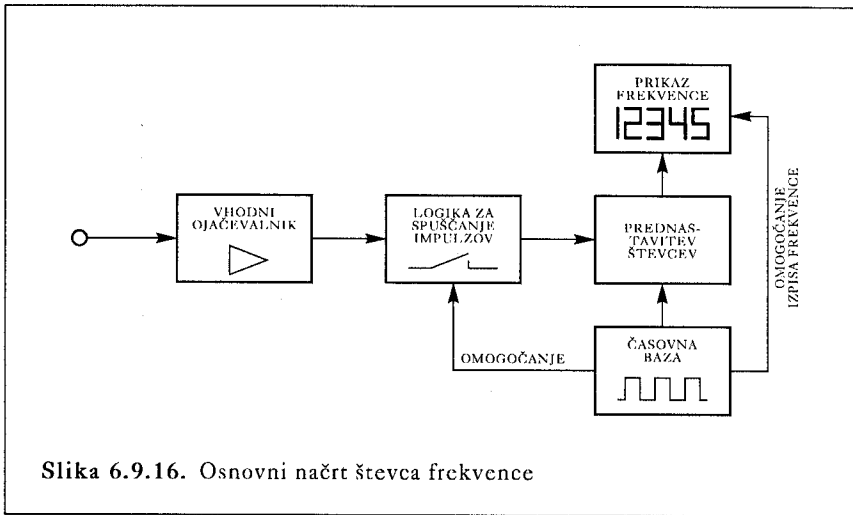
Slika 6.9.15. Vrednosti SWR

Večina SWR metrov je narejena malce drugače. Narejeni so s smernim sklopnikom, uporabljamo pa ga na naslednji način. S preklopnikom najprej pomerimo napredujoči val in ga umerimo na polni odklon skale, potem pa preklopimo na odbiti val in odčitamo njegovo vrednost, pri čemer je skala že umerjena na razmerje SWR.

FREKVENČNI MERILNIKI

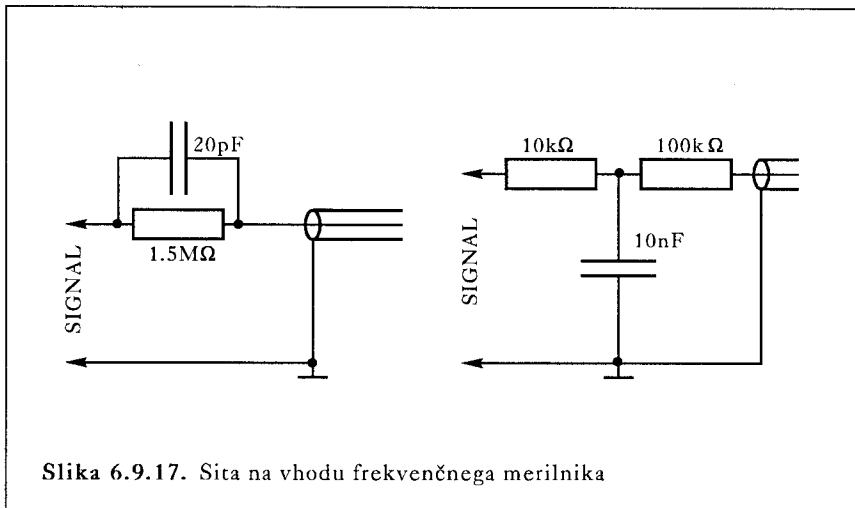
- Števec frekvence

Če merimo neznano frekvenco s pomočjo štetja nihajev (impulzov) v časovni enoti, lahko uporabimo inštrument, katerega osnovni načrt je podan na sliki 6.9.16.



Slika 6.9.16. Osnovni načrt števca frekvence

Vhodni ojačevalnik ojači signal neznane frekvence. Ta signal potem skozi posebna vrata spuščamo v števec takrat, ko se sproži časovna baza, ki generira izredno natančne časovne impulze. Števec nato v časovni enoti prešteje število nihajev vhodnega signala in število deli s časovno enoto. Izpis prikaže na prikazovalniku (displayu). Točnost takšnega merilnika je omejena s hitrostjo števca, točnostjo časovne baze in številom elementov (mest) prikazovalnika. Pri meritvi moramo biti pozorni na vhodni signal, ki ima običajno poleg osnovne frekvence, ki jo želimo meriti, še dodatne motnje, na primer šum, višje harmonske komponente...

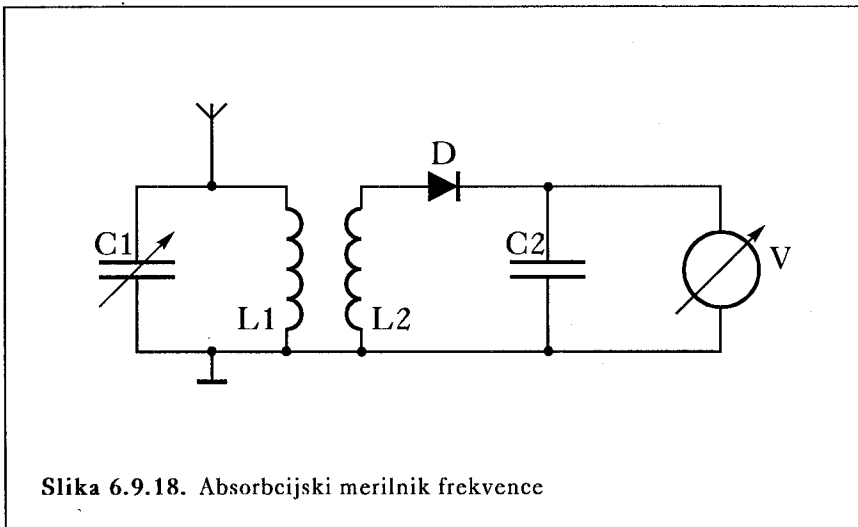


Slika 6.9.17. Sita na vходу frekvenčnega merilnika

Zato na vhodu uporabimo sita (filtre) in sicer za nizke frekvence nizkopropustna za visoke frekvence pa visokopropustna sita.

- Absorbcijski frekvenčni merilnik

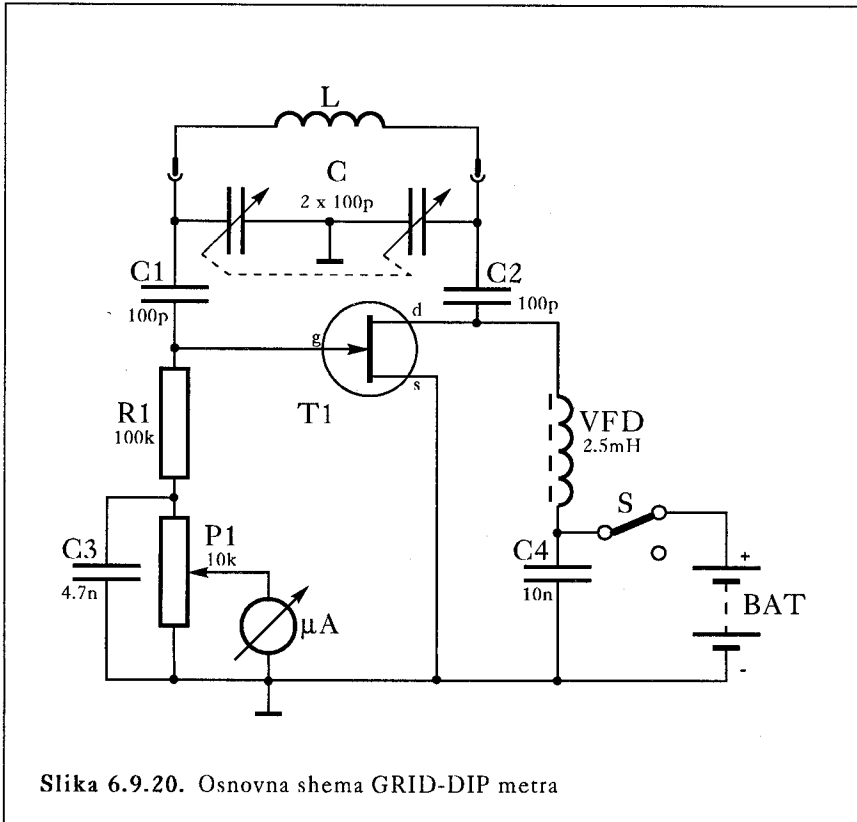
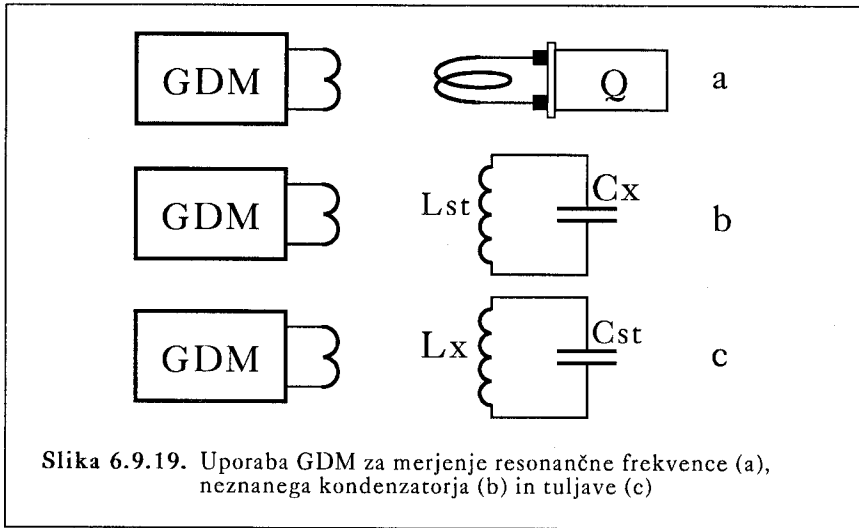
Dosti bolj enostaven princip je iskanje resonančne frekvence. Nihajni krog s spremenljivim kondenzatorjem umerimo za določeno frekvenčno področje in z vrtenjem kondenzatorja, na katerem je umerjena skala z izpisanimi frekvencami, poiščemo resonančno frekvenco. Le to nam pokaže inštrument z vrtljivo tuljavico, lahko pa je namesto inštrumenta vgrajena svetilka, ki zasveti, ko dosežemo resonančno frekvenco.



GRID-DIP METER

Ko oscilator približamo nihajnemu krogu, nihajni krog v resonanci prevzame nekaj oscilatorjeve energije. V prvih inštrumentih, ki so bili narejeni na tem principu, je miliampermeter meril mrežni tok triode v oscilatorju. Ko je bil oscilator s triodo postavljen poleg kroga, uglašenega na njegovo frekvenco, se je mrežni tok zmanjšal. Ta pojav, ko se tok v določeni točki zniža (po angleško DIP) na mrežici (GRID), je dal ime inštrumentu - GRID-DIP meter (GDM). Z GDM lahko merimo resonančno frekvenco neznanega nihajnega kroga (tudi kremenčevih kristalov), posredno pa tudi neznanu kapacitivnost oziroma induktivnost.

Tipično se za standardni kondenzator uporablja 100pF, za standardno



tuljavo pa $5\mu\text{H}$. Če poznamo standardni element in lastno frekvenco nihajnega kroga, lahko izračunamo neznan element.

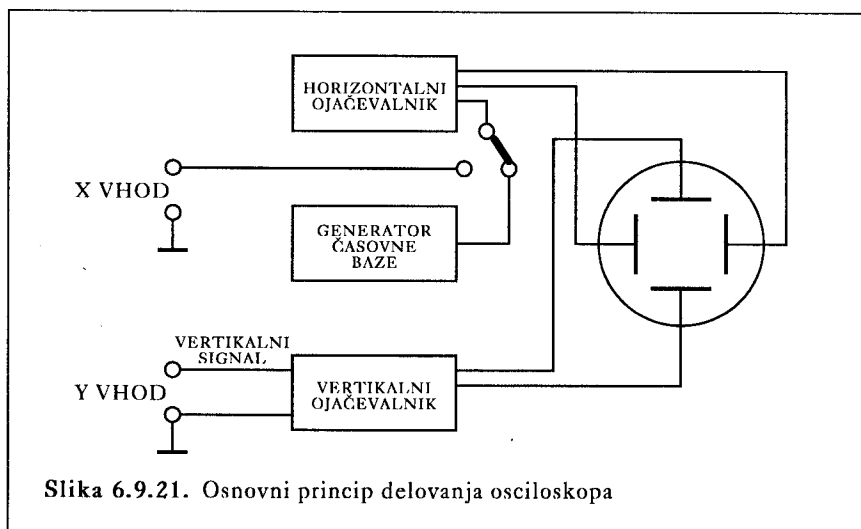
$$C = \frac{25330}{L [\mu\text{H}] \cdot f^2 [\text{MHz}]} [\text{pF}]$$

$$L = \frac{25330}{C [\text{pF}] \cdot f^2 [\text{MHz}]} [\mu\text{H}]$$

OSCILOSKOP

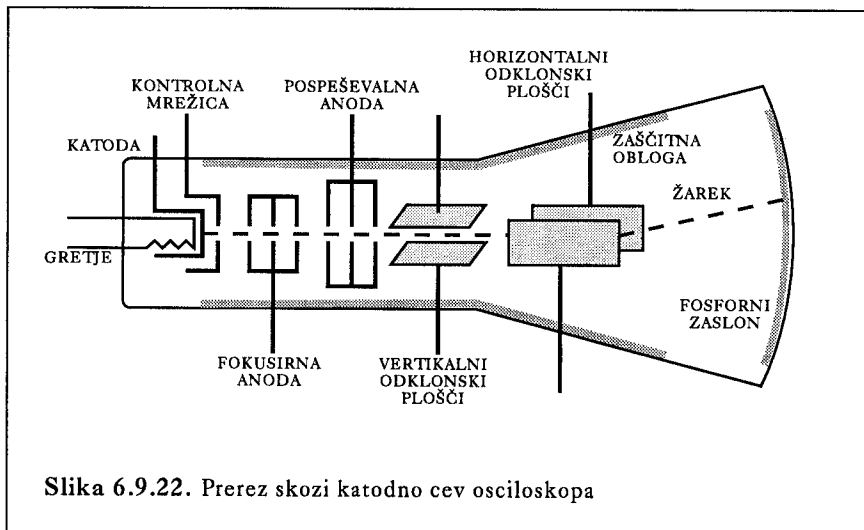
Osciloskop je inštrument, ki na zaslonu prikazuje oblike električnih signalov v odvisnosti od časa ali kakšnega drugega parametra. Največkrat ga uporabljamo za opazovanje signalov v časovnem prostoru, predvsem ponavljajočih se pojavov (VF signal, stopnja modulacije...).

Princip delovanja osciloskopa je prikazan na sliki 6.9.21.



Na Y vhod običajno priključimo naš opazovani signal, časovna baza na X vhodu pa poskrbi, da se signal izrisuje po celotnem zaslonu katodne cevi. Na vhodu osciloskopa so običajno signali izredno majhnih amplitud (nekaj mV), ki jih nato z vertikalnim ojačevalnikom ojačimo in peljemo na odklonske plošče. Generator časovne baze omogoča osciloskopu, da prikaže signale različnih frekvenc na zaslonu kot stoječe

valovanje. Impulz iz časovne baze je žagasta napetost, ki sovпада s hitrostjo preleta žarka preko zaslona katodne cevi. Prikaz signala na zaslonu osciloskopa si oglejte na sliki 6.9.7.

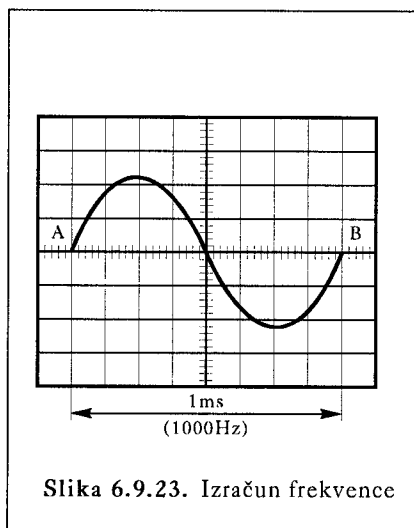


Slika 6.9.22. Prerez skozi katodno cev osciloskopa

Osciloskopi so delani za različna frekvenčna področja, tipično pa so modeli narejeni za frekvence do 20MHz, 40MHz, 60MHz ter 100MHz, vendar pa s frekvenco raste tudi cena. Poznamo tudi spominske osciloskope, ki si signal zapomnijo in ga lahko kasneje ob primerjavi različnih signalov zopet prikažejo na zaslonu.

Na zaslonu osciloskopa je običajno narisana mreža, s pomočjo katere lahko odčitamo vrednosti merjenega signala. Na preklopnikih za izbiro amplitude in časovne konstante so podatki o voltih na razdelek ali o sekundah na razdelek. Amplitudo signala tako dobimo z enostavnim preštevanjem razdelkov in množenjem s faktorjem, napisanim na preklopniku. Enako velja za časovno enoto oziroma kasnejše preračunavanje v frekvenco.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10^{-3}s} = 1000\text{Hz}$$



Slika 6.9.23. Izračun frekvence

6.10. NEVARNOSTI PRI DELU Z ELEKTRIČNIM TOKOM

Pri vsakodnevnem delu z napravami, ki so priključene na električno omrežje, se srečamo z nevarnostjo, da pridemo v stik z deli, ki so pod napetostjo. Do tega lahko pride zaradi okvare na napravi ali pa zaradi nestrokovnega rokovanja.

1. UČINKI ELEKTRIČNEGA TOKA NA ČLOVEKOVO TELO

V praksi se je pokazalo, da napetosti, ki so nižje od 50 voltov, niso nevarne za človekovo zdravje ali življenje. Kljub vsemu pa so tudi tu izjeme. Nekateri lahko brez problema prenesejo tudi višje napetosti, za druge pa je že manjša napetost lahko usodna.

Poškodbe, ki nastanejo v primeru udara električnega toka, se kažejo v obliki opeklin (toplotni učinek), krčev mišic (mehanski učinek) in kemijske razgradnje celic (kemijski učinek).

2. ROKOVANJE IN POPRAVILO NAPRAV

Večina radioamaterskih postaj deluje na napetosti okoli 12V. Kljub temu pa se vsak radioamater sreča z različnimi usmerniki in polnilci akumulatorjev, ki za svoje delovanje potrebujejo napetost 220 voltov, ki pa je smrtno nevarna. Zato je potrebno biti še posebno pazljiv pri rokovanju in popraviljanju naprav, ki delujejo pri višjih napetostih. Pred vsakim posegom v take naprave se moramo prepričati, da je le-ta izključena iz omrežne napetosti. V primeru, da moramo nekaj narediti na napravi, ki je pod napetostjo, pa se tega lotimo le, če smo popolno prepričani, kateri deli naprave so na visokem napetostnem potencialu. Vedno uporabljajmo obušalnik, ki ima gumijast podplat. Tako povečamo upornost proti zemlji. Seveda nam to ne pomaga veliko, če stojimo v vodi. Vedno se držimo pravila, da moramo pri delu z visokimi napetostmi imeti eno roko v žepu. Zakaj? V primeru, ko z eno roko primemo del, ki je pod napetostjo, se z drugo roko ne moremo prijeti za ohišje ali kak drug del naprave. Tako ne sklenemo električnega tokokroga preko našega telesa. Če pa tudi z drugo roko zgrabimo za ozemljen del

naprave, zaradi krča, ki nastopi, tega dela ne moremo spustiti. S tem sklenemo tokokrog preko telesa, kar pa je lahko usodno.

3. VAROVALKA

Pri delu z električnim tokom moramo opozoriti še na posebno pomemben element, ki je namenjen preprečevanju večjih okvar na napravah - to je varovalka. Varovalka je najšibkejši člen v tokokrogu naprave, zato bo, če je pravilno dimenzionirana, varovala napravo pred večjimi okvarami. V primeru okvare običajno steče večji tok od normalnega, zato varovalka pregori in tokokrog prekine. Če se to ne zgodi, lahko pride do pregrevanja naprave, kar lahko privede do požara. Če nam torej varovalka pregori, se najprej prepričajmo, da je z napravo vse v redu oziroma odpravimo pomanjkljivosti, nato pa varovalko zamenjajmo z novo enake vrednosti. Nikoli ne uporabljamo močnejših varovalk, kot jih predpiše proizvajalec naprave oziroma varovalk, ki smo jih s koščkom žice "popravili".

V napravi pa lahko pride tudi do okvare, ki ne povzroči pregorjene varovalke. V takem primeru se nam lahko zgodi, da ohišje naprave doseže visok potencial, ki je lahko nevaren. Da to preprečimo, morajo biti vse naprave, ki obratujejo pod visoko napetostjo, povezane s kvalitetno ozemljitvijo, ki nas varuje pred prebojem visoke napetosti na ohišje. V ta namen so naprave priključene preko "šuko" vtičnic ali pa imajo celo posebno priključno mesto za ozemljitev.

4. ZELO VISOKE NAPETOSTI

Kljub temu, da novejšje postaje obratujejo pod nizko napetostjo, ki ni nevarna, se slejkoprej srečamo z močnostnimi ojačevalniki, ki jih napajamo z zelo visokimi napetostmi, ki se lahko gibljejo od 1kV do 5kV ali celo več. Vsak dotik take napetosti lahko privede do hudih poškodb ali celo smrti. Zaradi tega je potrebno biti še posebno pazljiv pri servisiranju naprav, ki bi morale biti grajene tako, da se v primeru odprtja naprave visoka napetost avtomatsko izklopi. Poseben problem predstavljajo visokonapetostni kondenzatorji, kjer je visoka napetost prisotna še kar nekaj časa po izklopu. Za povezovanje naprav, ki delujejo pod visoko napetostjo, uporabljamo le oklopljene priključne vode. Njihova izolacija mora brez problemov zdržati visoke napetosti.

Zaradi varnosti vzamemo ponavadi 30-50% rezerve. Navadno uporabljamo vode s teflonsko izolacijo ali pa kvalitetne koaksialne kable, ki so namenjeni napajanju anten. Pozornost je potrebno posvetiti tudi priključnim konektorjem, ki morajo biti izbrani tako, da ni možna zamenjava med antenskim konektorjem in konektorjem za dovod visoke napetosti.

Še posebno pomembna je dobra zaščitna ozemljitev naprav, ki obratujejo pod zelo visoko napetostjo.

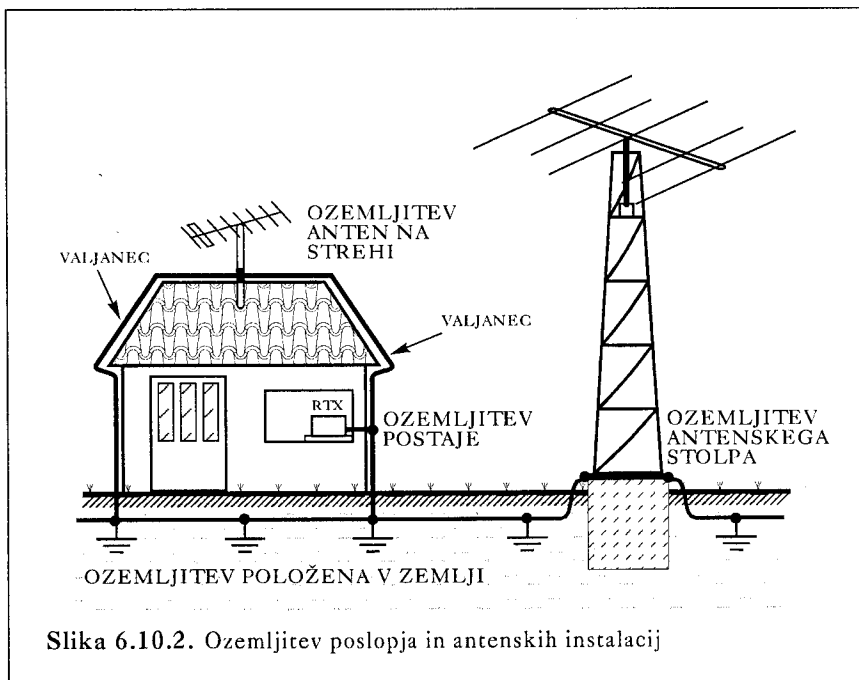
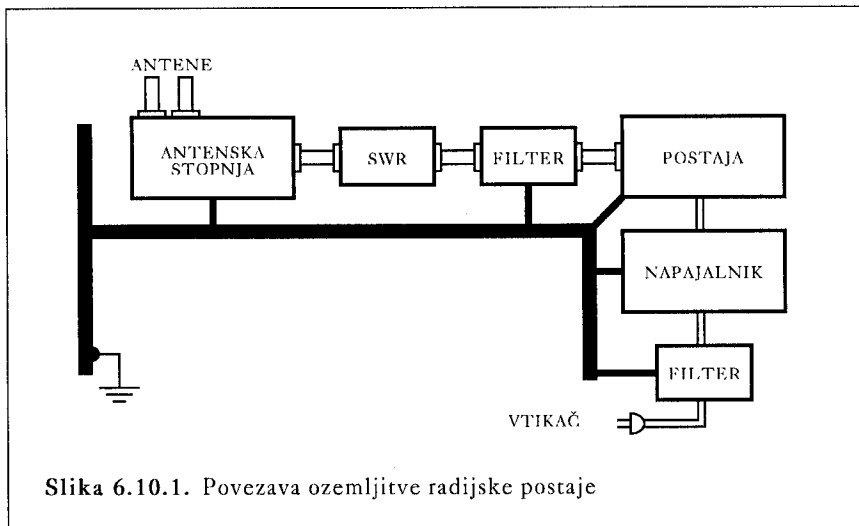
5. STRELOVOD IN OZEMLJITEV

Kvalitetna strelovodna ozemljitev nam lahko prihrani marsikatero neprijetnost. Nanjo priključimo tako vse antenske drogeve kakor tudi vse električne naprave. Dober strelovod mora imeti upornost le nekaj ohmov. Kaj nam predstavlja kvaliteten strelovod, je v precejšnji meri odvisno od zemljišča. Na dobro prevodnih tleh je to lahko le nekaj metrov cevi zabite v zemljo, drugje bakrena plošča, ki je zakopana dovolj globoko, morda pa potegnemo enega ali več krakov valjanca. Paziti moramo, da je ozemljitev zakopana dovolj globoko, kjer ostane zemlja vlažna tudi ob daljšem sušnem obdobju. Če smo na zemljišču, ki je slabo prevodno, si lahko pomagamo z industrijsko soljo, ki jo potresemo preko ozemljitve. Preden jo dokončno zasujemo, vse skupaj dobro zalijemo z vodo, kar izboljša prevodnost zemlje. Tako izboljšana ozemljitev je dobra nekaj let, nato je potrebno postopek ponoviti.

Od ozemljitve do objekta je najbolje položiti valjanec, po objektu pa razpeljemo ozemljitev z debelo bakreno pletenico. Tudi do antenskih drogov potegnemo valjanec. To je še posebno pomembno v primeru, da okoli naših anten ni višjih objektov (kar ponavadi želimo). Z ozemljitvijo anten omogočimo, da naboj, ki se nabira na antenah, sproti odteče v zemljo. Tako zmanjšamo verjetnost, da bi si v primeru atmosferskih prazenj strela izbrala za tarčo ravno našo anteno ali pa objekt v njeni neposredni bližini (sosedovo hišo!).

Strelovodi v obliki vodovodne instalacije ali centralne kurjave niso dobri. V večini primerov je kovinska le instalacija v hiši. Kvalitete spojev med cevmi so z električnega stališča vprašljive. Iz zemlje v hišo pa običajno pride plastična - alkatena cev, ki ne prevaja električnega toka. Občasno se slišijo komentarji v stilu: "Saj imam ozemljitev, pa še dobra je. Kos žice imam zataknjen v lonček z rožami, rože pa vedno zalivam" Taki ljudje se igrajo v prvi vrsti z lastnim življenjem, lahko pa tudi življenjem svojih bližnjih.

Dobra ozemljitev ni pomembna le kot zaščita pred atmosferskimi prazenji. Ohišja praktično vseh fiksnih postaj imajo poseben priključek, ki je namenjen ozemljitvi postaje. Z dobro ozemljitvijo ohišja preprečimo neželeno sevanje iz postaje, ki nam lahko povzroča motnje.



III. PRILOGE

KAZALO:

1. Razdelitev frekvenčnih pasov v 1. regionu IARU	349
2. Mednarodne serije za klicne znake radijskih postaj	363
3. Mednarodni Q-kod	367
4. Mednarodne kratice in signali	371
5. Radioamaterske kratice	372
6. Časovne cone	373
7. BASIC programa za pretvorbo geografskih koordinat v univerzalni lokator in obratno	374
BASIC program za izračun razdalje med dvema univerzalnima lokatorjema	377
8. DXCC lista	378
9. Kodeks ARON	385
10. Grška abeceda	388
11. Predpone za izpeljanke enot	388
12. Mednarodni sistem enot - SI	389
13. Nekatere enote angloameriškega sistema enot	391
14. Pretvorbe med enotami ameriškega merskega sistema	392
15. Pretvorba med SI in ameriškim sistemom enot	393
16. Ameriške in angleške oznake žic	394
17. Specifična upornost in temperaturni koeficienti	396
18. Relativna dielektrična konstanta in prebojne napetosti	397
19. Elektrotehnični simboli	398
20. Lestvica standardnih vrednosti uporov in kondenzatorjev	404
21. Označevanje uporov z barvami	406
22. Označevanje kondenzatorjev	407
23. Koaksialni kabli	413
24. Montaža koaksialnih konektorjev	415
25. Napetost in moč na 50 Ω bremenu	421
26. Odbojnost, valovitost in izgube	423
Uporabljeni viri	425

IARU REGION 1
RAZDELITEV FREKVENČNEGA PASU 1810 - 29700 KHZ

FREKVENČNI PAS	UPORABA	FREKVENČNI PAS	UPORABA
1810 - 1838	samo CW	18068 - 18100	samo CW
1838 - 1840	digimode (razen PR), CW	18101 - 18109	digimode, CW
1840 - 1842	digimode (razen PR), CW, fonija	18109 - 18111	radijski svetilniki
1842 - 1850	CW, fonija	18111 - 18168	fonija, CW
3500 - 3510	DX CW	21000 - 21080	samo CW
3500 - 3560	samo CW, pas za tekmovanja	21080 - 21100	digimode, CW
3560 - 3580	samo CW	21100 - 21120	digimode (PR), CW
3580 - 3590	digimode, CW	21120 - 21149	samo CW
3590 - 3600	digimode (PR), CW	21149 - 21151	radijski svetilniki
3600 - 3620	fonija, digimode, CW	21151 - 21335	fonija, CW
3600 - 3650	fonija, pas za tekmovanja, CW	21335 - 21345	SSTV, FAX, fonija, CW
3650 - 3775	fonija, CW	21345 - 21450	fonija, CW
3700 - 3800	fonija, pas za tekmovanja, CW	24890 - 24920	samo CW
3730 - 3740	SSTV, FAX, fonija, CW	24920 - 24929	digimode, CW
3775 - 3800	DX fonija, CW	24929 - 24931	radijski svetilniki
7000 - 7035	samo CW	24931 - 24990	fonija, CW
7035 - 7040	digimode, SSTV, FAX, CW	28000 - 28050	samo CW
7040 - 7045	digimode, SSTV, FAX, fonija, CW	28050 - 28120	digimode, CW
7045 - 7100	fonija, CW	28120 - 28150	digimode (PR), CW
10100 - 10140	samo CW	28150 - 28190	samo CW
10140 - 10150	digimode, CW	28190 - 28199	radijski svetilniki, regijski, časovno razdeljeni
14000 - 14070	samo CW	28199 - 28201	radijski svetilniki, mednarodni, časovno razdeljeni
14000 - 14060	samo CW, področje za tekmovanja	28201 - 28225	radijski svetilniki, neprekinjeno oddajanje
14070 - 14089	digimode, CW	28225 - 28675	fonija, CW
14089 - 14099	digimode (PR), CW	28675 - 28685	SSTV, FAX, fonija, CW
14099 - 14101	radijski svetilniki	28685 - 29200	fonija, CW
14101 - 14112	digimode (PR), fonija, CW	29200 - 29300	digimode (OPFM-PR), fonija, CW
14112 - 14125	fonija, CW	29300 - 29550	sateliti (down-link)
14125 - 14300	fonija, pas za tekmovanja, CW	29550 - 29700	fonija, CW
14225 - 14235	SSTV, FAX, fonija, CW		
14300 - 14350	fonija, CW		

IARU Region I - Razdelitev KV frekvenčnega pasu (Sept. 1993)**OPOMBE:**

Na frekvenčnih pasovih, kjer je dovoljenih več vrst dela, ima prednost tista vrsta dela, ki je zapisana na prvem mestu. Podlaga za izvajanje tega navodila je ne-motenje drugih vrst dela. Vrsta dela, ki je zapisana v oklepaju (), pomeni "prednostno področje aktivnosti".

Izraz "digimode" zajema vse vrste digitalnih oddaj (Baudot/RTTY, AMTOR, PACTOR, CLOVER, ASCII, Packet Radio).

Pri vrsti dela fonija se do 10 MHz uporablja LSB, više pa USB.

1.810 - 1.850 MHz:

Organizacije, katerim je dovoljeno SSB delo pod 1840 kHz, lahko nadaljujejo s takšno uporabo. Potrebno pa je čimpreje, v sodelovanju z ustrežno državno upravo, uskladiti SSB pas z IARU priporočilom.

3.500 - 3.800 MHz:

Frekvenčni pas 3500 - 3510 kHz in 3775 - 3800 kHz je namenjen vzpostavljanju medkontinentalnih zvez (DX).

10,100 - 10,150 MHz:

V tem pasu lahko uporabljamo SSB v izrednih razmerah, ko gre za varnost človeških življenj ali varstvo premoženja. To je dovoljeno le postajam, ki so neposredno vključene v radijski promet reševanja.

Avtomatske postaje ne smejo oddajati v 10 MHz pasu.

Na 10 MHz je prepovedano prenašati biltene z novicami ne glede na vrsto dela.

Pasovi za tekmovanja:

Prednostni pas za tekmovanja naj ne vsebuje segmentov 3500 - 3510 kHz in 3775 - 3800 kHz, razen za vzpostavljanje DX zvez. Posamezne organizacije lahko postavijo svoje omejitve tekmovalnih pasov (v okviru priporočenih). To priporočilo ne velja za digimode postaje. V pasovih 10, 18 in 24 MHz tekmovanja niso dovoljena.

Frekvence za delo preko satelitov:

V pasu 29,30 - 29,55 MHz so prepovedane vse vrste oddaj, zato da ne pride do motenja satelitskih zvez v smeri satelit-zemlja.

Avtomatske postaje:

Vse organizacije naj čimbolj omejijo tovrstno aktivnost v KV pasu. Vsaka avtomatska postaja na KV mora biti pod kontrolo operaterja, razen radijskih svetilnikov in eksperimentalnih postaj s posebnim dovoljenjem.

Oddajne frekvence:

Vse frekvence v frekvenčni razdelitvi se nanašajo na oddajne frekvence (in ne na frekvence potlačenega nosilca).

Eksperimenti z OPFM PR na 29 MHz:

Prednostne frekvence so med 29210 in 29290 kHz v korakih po 10 kHz. Dovoljena frekvenčna deviacija je +/- 2,5 kHz; najvišja modulacijska frekvenca je 2,5 kHz.

IARU REGION 1

RAZDELITEV FREKVENČNEGA PASU

50,000 - 52,000 MHz

FREKVENČNI PAS		UPORABA
50,000		
50,100	R samo za sprejem (a) X CW O P vse ozkopasovne vrste dela (CW, SSB, AM, RTTY, SSTV, itd.) D	50,020 - 50,080 radijski svetilniki 50,090 center CW aktivnosti 50,100 - 50,130 mednarodno SSB/CW področje 50,110 mednarodna DX klicna frekvenca (b) 50,185 center aktivnosti za crossband delo 50,200 klicna SSB frekvenca 50,300 referenčna CW MS frekvenca 50,350 referenčna SSB MS frekvenca
50,500		50,510 SSTV (AFSK) 50,600 +/- RTTY (FSK) 50,620 - 50,750 digitalne vrste dela
	vse vrste dela	51,110 klicna frekvenca za VK/ZL 51,410 - 51,590 FM (c) 51,510 klicna FM frekvenca
52,000		

IARU REGION 1

RAZDELITEV FREKVENČNEGA PASU

144,000 - 146,000 MHz

FREKVENČNI PAS		UPORABA
144,000		
144,150	CW (a)	144,000 - 144,025 EME 144,050 klicna CW frekvenca 144,100 referenčna random CW MS frekvenca 144,140 - 144,150 FAI CW aktivnost 144,150 - 144,160 FAI SSB aktivnost
	SSB	144,300 klicna SSB frekvenca 144,400 referenčna random SSB MS frekvenca
144,500		
	vse vrste dela	144,500 klicna SSTV frekvenca 144,600 klicna RTTY frekvenca 144,625 - 144,675 digitalne vrste dela 144,700 klicna FAX frekvenca 144,750 klicna/sked frekvenca za ATV
144,845		
144,990	RX radijski svetilniki (b)	
145,000		
145,175	FM repetitorji vhodne frekvence (c) R0 - R7	
145,225		145,300 RTTY - lokalno delo
	FM simpleks (c) S9 - S23	
145,575		145,500 klicna mobilna FM frekvenca
145,600		
145,775	FM repetitorji izhodne frekvence (c,d) R0 - R7	
145,800		
146,000	amaterska satelitska služba (e)	

IARU REGION 1

RAZDELITEV FREKVENČNEGA PASU

1240,000 - 1300,000 MHz

FREKVENČNI PAS	UPORABA
1240,000	
1241,000	1240,000 - 1241,000 digitalne vrste dela
1257,000	
1260,000	1258,150 - 1259,350 repetitorji R20 - R36, izhodne frekvence
1270,000	
1291,000	
1291,475 1291,500	
1296,000	1293,150 - 1294,350 repetitorji R20 - R36, vhodne frekvence
1296,150	
1296,800 1296,990 rx	
1297,000	
1297,475 1297,500	
1297,975 1298,000	
1300,000	1298,500 - 1300,000 digitalne vrste dela (c)

IARU REGION 1

RAZDELITEV FREKVENČNEGA PASU

2300,000 - 2450,000 MHz

FREKVENČNI PAS		UPORABA
2300,000		
	podregijsko (nacionalno) (*) načrtovanje frekvenčnega pasu	
2320,000		
2320,150	O CW	2320,000 - 2320,025 EME
	P ozkopolosovne	
	D vrste dela (b)	2320,200 center SSB aktivnosti
2320,800		
2320,990	RX radijski svetilniki	
2321,000		
	O P F M simpleksi in repetitorji	
2322,000		2322,000 - 2355,000 ATV
	V V D vse vrste dela (a)	2355,000 - 2365,000 digitalne vrste dela
		2365,000 - 2370,000 repetitorji
		2370,000 - 2390,000 ATV
2390,000		2390,000 - 2392,000 EME
2392,000		2392,000 - 2400,000 digitalne vrste dela
2400,000		
	S A T amaterska satelitska služba	
2450,000		

IARU REGION 1
RAZDELITEV FREKVENČNEGA PASU
3400,000 - 3475,000 MHz

FREKVENČNI PAS		UPORABA
3400,000	O P D	CW, SSB, EME,
3402,000		
3475,000	V V D	vse vrste dela

FREKVENČNI PAS		UPORABA
3400,100		center aktivnosti

5650,000 - 5850,000 MHz

FREKVENČNI PAS		UPORABA
5650,000	S A T	amaterska satelitska služba (up-link)
5668,000		
5670,000	& O P D	ozkopasovne vrste dela CW, FM, SSB
5830,000	V V D	vse vrste dela
5850,000	S A T	amaterska satelitska služba (down-link)

FREKVENČNI PAS		UPORABA
5668,200		center aktivnosti

IARU REGION 1
RAZDELITEV FREKVENČNEGA PASU
10000,000 - 10500,000 MHz

FREKVENČNI PAS		UPORABA	
10000,000	V V D	vse vrste dela (ATV, DATA, FM)	
10368,000	D		10368,200 center SSB aktivnosti
10370,000	OP D	CW, SSB, EME, radijski svetilniki (a)	
10450,000	V V D	vse vrste dela	
10500,000	S A T & V V D	amaterska in amaterska (a) satelitska služba (vse vrste dela)	

24000,000 - 24250,000 MHz

FREKVENČNI PAS		UPORABA	
24000,000	S A T	amaterska satelitska služba	
24048,000	OP D	CW, SSB radijski svetilniki	24048,200 center aktivnosti
24250,000	V V D	vse vrste dela	24125,000 prednostne delovne frekvence za širokopasovne vrste dela

47000,000 - 47200,000 MHz

FREKVENČNI PAS		UPORABA	
47000,000	V V D	vse vrste dela	
47200,000			47088,000 center aktivnosti OPD

IARU Region I - Razdelitev UKV frekvenčnega pasu (Sept. 1993)**UPORABA:**

Opombe v stolpcu "UPORABA" moramo v duhu ham-spirita razumeti kot dogovor, ki je narejen v prid operaterskemu delu. Vendar pa v teh opombah omenjene frekvence niso za opisano vrsto dela (uporabo) rezervirane frekvence.

50,000 - 52,000 MHz:

To je priporočena frekvenčna razdelitev, sprejeta na IARU konferenci leta 1990.

- a) CW vrsta dela je dovoljena v celem pasu; med 50,000 in 50,100 MHz izključno CW.
- b) Na mednarodni DX klicni frekvenci 50,110 MHz ni dovoljeno ob nobenem času vzpostavljati zveze znotraj Evropskega dela 1. Regiona.
- c) Kanalska oprema: v tem pasu je razmak med FM kanali 20 kHz (z vmesnimi kanali 10 kHz).

144,000 - 146,00 MHz:

To je uradna frekvenčna razdelitev v I. Regionu IARU.

Splošno:

- V Evropi ni dovoljeno imeti vhodnih ali izhodnih FM repetitorskih kanalov med 144 in 145 MHz.
- V 145 MHz pasu ni dovoljena uporaba vhodnih ali izhodnih frekvenc za repetitorje, ki imajo vhod ali izhod na drugem amaterskem frekvenčnem pasu, razen v pasu, ki je dodeljen amaterski satelitski službi.
- V 145 MHz pasu ni dovoljena izgradnja PR mrež. Iz 144 - 146 MHz pasu ni dovoljen dostop do PR mrež na drugih pasovih. V posameznih delih 1. Regiona so zaradi vpeljave PR uporabili 144 - 146 MHz pas za dostop do PR mrež, vendar le za omejen čas. Opomba: Omenjeni deli 1. Regiona so tisti z malo radioamaterji in tisti, ki se nahajajo na obrobju Regiona, tako da te izjeme ne škodijo pravilni uporabi pasu v tistih delih 1. Regiona, kjer je pritisk na razpoložljiv frekvenčni spekter večji. V teh delih 1. Regiona ne sme biti drugi odstavek te opombe nikoli opravičilo za kršenje prvega odstavka za daljši čas.
- Radijski svetilniki, ne glede na njihovo moč, morajo biti prestavljeni v pas, ki je namenjen radijskim svetilnikom.

Opombe:

- a) CW vrsta dela je dovoljena v celem pasu; med 144,000 in 144,150 MHz izključno CW.
- b) Frekvence za radijske svetilnike z oddajno močjo, ki je večja od 50 W, morajo biti koordinirane s koordinatorjem 1.

Regiona IARU za radijske svetilnike, RSGB.

c) Vsaka organizacija lahko sprejme 12,5 kHz kanalski korak za fiksno FM delo, če meni, da je to potrebno. Ohrani se 12F3 modulacija. Posebno moramo biti pozorni na geografske značilnosti lokacije, na katero postavljamo repetitor na medkanalu.

V primeru, da bo sprejet 12,5 kHz raster, se bo višji vmesni kanal označil s sufiksom "X", npr. S20, S20X, S21, itd. za simpleksne kanale oz. R2, R2X, R3, itd. za repetitorske kanale. Ko organizacija sprejme to priporočilo, mora o tem takoj obvestiti lokalne uvoznike in izdelovalce radijske opreme.

V primeru, ko so potrebe po repetitorskih kanalih zelo velike, IARU priporoča, poleg eksperimentiranja z 12,5 kHz rasterjem, vzpostavitev repetitorske mreže na višjih frekvenčnih pasovih.

d) Kjer so uveljavljeni simpleksni kanali na izhodnih repetitorskih frekvencah, se lahko ohranijo.

e) Zaradi velikega odmeva, ki ga ima amaterska satelitska služba v širši javnosti, je bilo na konferenci leta 1978 odločeno:

- AMSAT-u se dovoli uporaba pasu 144,8 do 146,0 MHz za amatersko satelitsko službo. Na konferenci leta 1984 je bil sprejet naslednji sklep:

- Repetitorska kanala R8 in R9 se brišeta s frekvenčne razdelitve. Obstoječi repetitorji, ki uporabljajo kanal R8 in R9, se morajo čimhitreje prestaviti na druge kanale. Ker je bila večina R8 in R9 repetitorjev prestavljena, je bil na konferenci leta 1987 sprejet sklep, da se stari vhodni repetitorski kanal R9 doda v frekvenčno razdelitev kot simpleksni kanal S9.

Na konferenci leta 1990 je bilo sprejeto priporočilo, da se repetitorji na kanalu R8 čim hitreje prestavijo na druge kanale, ker bodo ta kanal uporabljali bodoči satelitski projekti.

430,000 - 440,000 MHz:

To je uradna frekvenčna razdelitev v I. Regionu IARU.

Splošno:

- V Evropi ni dovoljeno imeti vhodnih ali izhodnih FM reprintskih kanalov med 432 in 433 MHz.
- Radijski svetilniki, ne glede na njihovo moč, morajo biti prestavljeni v pas, ki je namenjen radijskim svetilnikom.
- Med tekmovanji in v času posebnih pogojev razširjanja radijskih valov se ves lokalni radijski promet prestavi v pas med 432,500 in 432,800 MHz.

Opombe:

- a) CW vrsta dela je dovoljena v celem pasu namenjenem za

ozkopasovne vrste dela; med 432,000 in 432,150 MHz izključno CW.

b) Frekvence za radijske svetilnike z oddajno močjo, ki je večja od 50 W, morajo biti koordinirane s koordinatorjem 1. Regiona IARU za radijske svetilnike, RSGB.

c)

- ATV operaterji naj uporabljajo mikrovalovne pasove, kjer je to mogoče, 430 MHz pas pa naj uporabljajo še naprej tam, kjer jim to dovolijo pristojne lokalne službe. V primeru, ko ATV moti amatersko satelitsko službo, ima satelitska služba prednost.

- ATV frekvence v 430 MHz pasu so med 434,000 in 440,000 MHz. Video nosilec mora biti pod 434,500 MHz ali nad 438,500 MHz. Organizacije same določijo posamezne frekvence glede na interese drugih uporabnikov.

d) Izraz "Pod-regijsko (nacionalno) načrtovanje razdelitve frekvenčnega pasu" pomeni:

Načrtovanje razdelitve frekvenčnih pasov, ki niso v vseh članicah I. Regiona dodeljena amaterski službi, mora potekati usklajeno na pod-regijskem nivoju, oz. med državami, v katerih so ti pasovi namenjena amaterski službi. Razdelitev frekvenčnih pasov se izvaja na nacionalnem nivoju, ko je ta frekvenčni pas (npr. 70 MHz) dodeljen amaterski službi samo v tej državi, oz. so te države geografsko zelo narazen.

e) S sklepom konference iz leta 1987 je izhodni frekvenčni pas za linearne transponderje razširjeno na pas 432,700 do 432,800 MHz z naslednjim pogojem: pri postavitvi linearnega transponderja na tem pasu, moramo upoštevati že uveljavljeni frekvenci 432,600 MHz za RTTY (FSK/PSK) in 432,700 MHz za SSTV.

f) Nacionalnim organizacijam je zaradi promocije PR dovoljeno za določen čas uporabiti RU14 in RU15 repetitorska kanala za dupleksne digitalne komunikacije.

g) V HB/DL/OE je že dalj časa v uporabi repetitorski sistem s širokim zamikom 7,6 MHz (v F/PA z zamikom 1,6 MHz). Ta sistem IARU podpira, ker boljše izkorišča celotni frekvenčni pas.

h) Naslednji pasovi so dodeljeni digitalnim vrstam dela:

- 430,600 - 430,950 MHz podaljšek 7,6 MHz repetitorskega pasu in 438,200 - 438,550 MHz.
- 433,625 - 433,775 MHz ter 438,025 - 438,175 MHz.
- 430,400 - 430,575 MHz in 439,800 - 439,975 MHz za PR linke.

i) Na konferenci iz leta 1990 je bil sprejet naslednji sklep o

pasovih za linke in repetitorje iz opombe h), prva in druga alineja:

Frekvenca in tehnične značilnosti repetitorja ali linka, ki je nameščen v 150 km obmejnem pasu, morajo biti usklajene z organizacijo sosednje države. Priporoča se dosedanja praksa uporabe usmerjenih anten in najnižje potrebne moči.

j) V državah, kjer je PR dovoljen le v pasovih 433,625 - 433,775 MHz, se ne sme uporabljati modulacijskih tehnik, ki bi zahtevale razmik med kanali večji od 25 kHz. Če se v sosednjih državah ta pas uporablja za vrste dela, ki povzročajo škodljive motnje, se morata prizadeti državi o tem dogovoriti.

k) V državah, kjer zgornji in spodnji 2 MHz del pasu nista namenjena radioamaterski uporabi, se lahko za PR linke uporablja naslednje kanale: 433,800 MHz, 433,825 MHz, 433,875 MHz in 433,900 MHz. To je le začasna rešitev - te linke je potrebno še pred letom 1996 prestaviti v pas 1240 - 1300 MHz.

1240,000 - 1300,000 MHz:

To je uradna frekvenčna razdelitev v I. Regionu IARU, sprejeta na konferenci leta 1987.

Splošno:

- Med tekmovanji in v času posebnih pogojev razširjanja radijskih valov se ves lokalni radijski promet prestavi v pas med 1296,500 in 1296,800 MHz.

Opombe:

a) CW vrsta dela je dovoljena v celem pasu namanjenem za ozkopasovne vrste dela; med 1296,000 in 1296,150 MHz izključno CW.

b) Frekvence za radijske svetilnike z oddajno močjo, ki je večja od 50 W, morajo biti koordinirane s koordinatorjem 1. Regiona IARU za radijske svetilnike, RSGB.

c) V državah, kjer pas 1298 - 1300 MHz ni namenjen amaterski uporabi (npr. Italija), se za digitalne vrste dela lahko uporabljajo FM simpleksni kanali.

2300,000 - 2450,000 MHz:

To je začasna frekvenčna razdelitev v I. Regionu IARU.

Opombe:

*) glej opombo d) v opisu frekvenčnega pasu 430,000-440,000 MHz

a) V državah, kjer frekvenčni pas 2322 - 2390 MHz ni namenjen amaterski uporabi, se za digitalne vrste dela lahko uporablja pas 2321 - 2322 MHz.

b) V državah, kjer nimajo pasu za ozkopasovne vrste dela med 2320 in 2322 MHz, se lahko uporabljata pasova 2304 -

2306 MHz in 2308 - 2310 MHz.

3400,000 - 3475,000 MHz:

To je začasna frekvenčna razdelitev v I. Regionu IARU.

5650,000 - 54850,000 MHz:

To je začasna frekvenčna razdelitev v I. Regionu IARU.

10000,000 - 10500,000 MHz:

To je začasna frekvenčna razdelitev v I. Regionu IARU.

- a) V državah, kjer pas za ozkopasovne vrste dela 10368 - 10370 MHz ni namenjen amaterski uporabi, se uporablja pas 10450 - 10452 MHz.

2. MEDNARODNE SERIJE ZA KLICNE ZNAKE RADIJSKIH POSTAJ

AAA-ALZ	United States of America	EPA-EQZ	Iran
AMA-AOZ	Spain	ERA-ERZ	Moldava
APA-ASZ	Pakistan	ESA-ESZ	Estonia
ATA-AWZ	India	ETA-ETZ	Ethiopia
AXA-AXZ	Australia	EUA-EWZ	Belarus
AYA-AZZ	Argentina	EXA-EXZ	Kirghistan
A2A-A2Z	Botswana	EYA-EYZ	Tadjikistan
A3A-A3Z	Tonga	EZA-EZZ	Turkmenistan
A4A-A4Z	Oman	E2A-E2Z	Thailand
A5A-A5Z	Bhutan	E3A-E3Z	Eritrea
A6A-A6Z	United Arab Emirates	FAA-FZZ	France
A7A-A7Z	Qatar	GAA-GZZ	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland
A8A-A8Z	Liberia	HAA-HAZ	Hungary
A9A-A9Z	Bahrain	HBA-HBZ	Switzerland
BAA-BZZ	China	HCA-HDZ	Ecuador
CAA-CEZ	Chile	HEA-HEZ	Switzerland
CFA-CKZ	Canada	HFA-HFZ	Poland
CLA-CMZ	Cuba	HGA-HGZ	Hungary
CNA-CNZ	Morocco	HHA-HHZ	Haiti
COA-COZ	Cuba	HIA-HIZ	Dominican Republic
CPA-CPZ	Bolivia	HJA-HKZ	Colombia
CQA-CUZ	Portugal	HLA-HLZ	Republic of Korea
CVA-CXZ	Uruguay	HMA-HMZ	Democratic People's Republic of Korea
CYA-CZZ	Canada	HNA-HNZ	Iraq
C2A-C2Z	Nauru	HOA-HPZ	Panama
C3A-C3Z	Andorra	HQA-HRZ	Honduras
C4A-C4Z	Cyprus	HSA-HSZ	Thailand
C5A-C5Z	Gambia	HTA-HTZ	Nicaragua
C6A-C6Z	Bahamas	HUA-HUZ	El Salvador
C7A-C7Z	*World Meteorological Organization	HVA-HVZ	Vatican City
C8A-C9Z	Mozambique	HWA-HYZ	France
DAA-DRZ	Federal Republic of Germany	HZA-HZZ	Saudi Arabia
DSA-DTZ	Republic of Korea	H2A-H2Z	Cyprus
DUA-DZZ	Philippines	H3A-H3Z	Panama
D2A-D3Z	Angola	H4A-H4Z	Solomon Islands
D4A-D4Z	Cape Verde	H6A-H7Z	Nicaragua
D5A-D5Z	Liberia	H8A-H9Z	Panama
D6A-D6Z	Comoros	IAA-IZZ	Italy
D7A-D9Z	Republic of Korea	JAA-JSZ	Japan
EAA-EHZ	Spain	JTA-JVZ	Mongolia People's Republic
EIA-EJZ	Ireland	JWA-JXZ	Norway
EKA-EKZ	Armenia	JYA-JYZ	Jordan
ELA-ELZ	Liberia	JZA-JZZ	Indonesia
EMA-EOZ	Ukraine	J2A-J2Z	Djibouti

J3A-J3Z	Grenada	TFA-TFZ	Iceland
J4A-J4Z	Greece	TGA-TGZ	Guatemala
J5A-J5Z	Guinea-Bissau	THA-THZ	France
J6A-J6Z	Saint Lucia	TIA-TIZ	Costa Rica
J7A-J7Z	Dominica	TJA-TJZ	Cameroon
J8A-J8Z	St. Vincent and the Grenadines	TKA-TKZ	France
KAA-KZZ	United States of America	TLA-TLZ	Central African Republic
LAA-LNZ	Norway	TMA-TMZ	France
LOA-LWZ	Argentina	TNA-TNZ	Congo
LXA-LXZ	Luxembourg	TOA-TOZ	France
LYA-LYZ	Lithuania	TRA-TRZ	Gabon
LZA-LZZ	Bulgaria	TSA-TSZ	Tunisia
L2A-L9Z	Argentina	TTA-TTZ	Chad
MAA-MZZ	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland	TUA-TUZ	Ivory Coast
NAA-NZZ	United States of America	TVA-TXZ	France
OAA-OCZ	Peru	TYA-TYZ	Benin
ODA-ODZ	Lebanon	TZA-TZZ	Mali
OEA-OEZ	Austria	T2A-T2Z	Tuvalu
OFA-OJZ	Finland	T3A-T3Z	Kiribati
OKA-OLZ	Czech Rep.	T4A-T4Z	Cuba
OMA-OMZ	Slovak Rep.	T5A-T5Z	Somalia
ONA-OTZ	Belgium	T6A-T6Z	Afghanistan
OUA-OZZ	Denmark	T7A-T7Z	San Marino
PAA-PIZ	Netherlands	T9A-T9Z	Bosnia-Herzegovina
PJA-PJZ	Netherlands Antilles	UAA-UIZ	Russia
PKA-POZ	Indonesia	UJA-UMZ	Uzbekistan
PPA-PYZ	Brazil	UNA-UQZ	Kazakhstan
PZA-PZZ	Suriname	URA-UZZ	Ukraine
P2A-P2Z	Papua New Guinea	VAA-VGZ	Canada
P3A-P3Z	Cyprus	VHA-VNZ	Australia
P4A-P4Z	Aruba	VOA-VOZ	Canada
P5A-P9Z	Democratic People's Republic of Korea	VPA-VSZ	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland
QAA-QZZ	(Service abbreviations)	VTA-VWZ	India
RAA-RZZ	Russia	VXA-VYZ	Canada
SAA-SMZ	Sweden	VZA-VZZ	Australia
SNA-SRZ	Poland	V2A-V2Z	Antigua and Barbuda
SSA-SSM	Egypt	V3A-V3Z	Belize
SSN-STZ	Sudan	V4A-V4Z	St Christopher and Nevis
SUA-SUZ	Egypt	V5A-V5Z	Namibia
SVA-SZZ	Greece	V6A-V6Z	Micronesia
S2A-S3Z	Bangladesh	V7A-V7Z	Marshall Islands
S5A-S5Z	Slovenia	V8A-V8Z	Brunei
S6A-S6Z	Singapore	WAA-WZZ	United States of America
S7A-S7Z	Seychelles	XAA-XIZ	Mexico
S9A-S9Z	Sao Tome and Principe	XJA-XOZ	Canada
TAA-TCZ	Turkey	XPA-XPZ	Denmark
TDA-TDZ	Guatemala	XQA-XRZ	Chile
TEA-TEZ	Costa Rica	XSA-XSZ	China

XTA-XTZ	Burkina Faso	4AA-4CA	Mexico
XUA-XUZ	Kampuchea	4DA-4IZ	Philippines
XVA-XVZ	Vietnam	4JA-4KZ	Azerbaijan
XWA-XWZ	Laos	4LA-4LZ	Georgia
XXA-XXZ	Portugal	4MA-4MZ	Venezuela
XYA-XZZ	Myanmar	4NA-4OZ	Yugoslavia
YAA-YAZ	Afghanistan	4PA-4SZ	Sri Lanka
YBA-YHZ	Indonesia	4TA-4TZ	Peru
YIA-YIZ	Iraq	4UA-4UZ	*United Nations Organization
YJA-YJZ	New Hebrides	4VA-4VZ	Haiti
YKA-YKZ	Syria	4WA-4WZ	Yemen
YLA-YLZ	Latvia	4XA-4XZ	Israel
YMA-YMZ	Turkey	4YA-4YZ	*International Civil Aviation Organization
YNA-YNZ	Nicaragua	4ZA-4ZZ	Israel
YOA-YRZ	Romania	5AA-5AZ	Libya
YSA-YSZ	El Salvador	5BA-5BZ	Cyprus
YTA-YUZ	Yugoslavia	5CA-5GZ	Morocco
YVA-YYZ	Venezuela	5HA-5IZ	Tanzania
YZA-YZZ	Yugoslavia	5JA-5KZ	Colombia
Y2A-Y9Z	Federal Republic of Germany	5LA-5MZ	Liberia
ZAA-ZAZ	Albania	5NA-5OZ	Nigeria
ZBA-ZJZ	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland	5PA-5QZ	Denmark
ZKA-ZMZ	New Zealand	5RA-5SZ	Madagascar
ZNA-ZOZ	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland	5TA-5TZ	Mauritania
ZPA-ZPZ	Paraguay	5UA-5UZ	Niger
ZQA-ZQZ	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland	5VA-5VZ	Togo
ZRA-ZUZ	South Africa	5WA-5WZ	Western Samoa
ZVA-ZZZ	Brazil	5XA-5XZ	Uganda
Z2A-Z2Z	Zimbabwe	5YA-5ZZ	Kenya
Z3A-Z3Z	Macedonia	6AA-6BZ	Egypt
2AA-2ZZ	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland	6CA-6CZ	Syria
3AA-3AZ	Monaco	6DA-6JZ	Mexico
3BA-3AZ	Mauritius	6KA-6NZ	Republic of Korea
3CA-3CZ	Equatorial Guinea	6OA-6OZ	Somalia
3DA-3DM	Swaziland	6PA-6SZ	Pakistan
3DN-3DZ	Fiji	6TA-6UZ	Sudan
3EA-3FZ	Panama	6VA-6WZ	Senegal
3GA-3GZ	Chile	6XA-6XZ	Madagascar
3HA-3UZ	China	6YA-6YZ	Jamaica
3VA-3VZ	Tunisia	6ZA-6ZZ	Liberia
3WA-3WZ	Vietnam	7AA-7IZ	Indonesia
3XA-3XZ	Guinea	7JA-7NZ	Japan
3YA-3YZ	Norway	7OA-7OZ	Yemen
3ZA-3ZZ	Poland	7PA-7PZ	Lesotho

7QA-7QZ	Malawi	9BA-9DZ	Iran
7RA-7RZ	Algeria	9EA-9FZ	Ethiopia
7SA-7SZ	Sweden	9GA-9GZ	Ghana
7TA-7YZ	Algeria	9HA-9HZ	Malta
7ZA-7ZZ	Saudi Arabia	9IA-9JZ	Zambia
8AA-8IZ	Indonesia	9KA-9KZ	Kuwait
8JA-8NZ	Japan	9LA-9LZ	Sierra Leone
8OA-8OZ	Botswana	9MA-9MZ	Malaysia
8PA-8PZ	Barbados	9NA-9NZ	Nepal
8QA-8QZ	Maldives	9OA-9TZ	Zaire
8RA-8RZ	Guyana	9UA-9UZ	Burundi
8SA-8SZ	Sweden	9VA-9VZ	Singapore
8TA-8YZ	India	9WA-9WZ	Malaysia
8ZA-8ZZ	Saudi Arabia	9XA-9XZ	Rwanda
9AA-9AZ	Croatia	9YA-9ZZ	Trinidad and Tobago

Opombe:

1. Serije za klicne znake so predpisane z ITU pravilnikom o radiokomunikacijah (ITU RR).
2. Serije za klicne znake, ki so označene z zvezdico, so dodeljene imenovanim mednarodnim organizacijam.
3. Serija QAA-QZZ se ne sme uporabljati za klicne znake radijskih postaj, ker je iz te serije formiran mednarodni Q-kod.

3. MEDNARODNI Q-KOD

- QRA** V: Kakšen je naziv tvoje postaje (kakšno ime tvoje postaje)?
O: Naziv moje postaje je ... (ime moje postaje je ...)
- QRB** V: Kakšna je razdalja med postajama?
O: Razdalja med postajama je ... km.
- QRG** V: Kakšna je moja točna frekvenca (kakšna je točna frekvenca od ...)?
O: Tvoja točna frekvenca (točna frekvenca od ...) je ... kHz (MHz)
- QRH** V: Ali moja frekvenca niha?
O: Tvoja frekvenca niha.
- QRI** V: Kakšen je ton moje oddaje?
O: Ton tvoje oddaje je ...
1. dober
2. spremenljiv
3. slab.
- QRJ** V: Ali so signali slabi?
O: Signali so slabi.
- QRK** V: Kakšna je razumljivost mojega signala (kakšna je razumljivost signala od ...)?
O: Razumljivost tvojega signala (razumljivost signala od ...) je ...
1. zanič
2. slaba
3. srednja
4. dobra
5. odlična.
- QRL** V: Si zaseden?
O: Zaseden sem (zaseden sem z ...). Prosim, ne moti.
- QRM** V: Ali te motijo (druge postaje)?
O: Motijo me (druge postaje)...
1. komaj zaznavno
2. malo

3. srednje
4. močno
5. izjemno močno.

QRN V: Te moti statika?

O: Moti me statika...

1. komaj zaznavno
2. malo
3. srednje
4. močno
5. izjemno močno.

QRO V: Naj povečam oddajno moč?

O: Povečaj oddajno moč.

QRP V: Naj zmanjšam oddajno moč?

O: Zmanjšaj oddajno moč.

QRQ? V: Naj oddajam hitreje

O: Oddajaj hitreje (... znakov na minuto).

QRR V: Ali si pripravljen na avtomatično delo?

O: Pripravljen sem na avtomatično delo. Pošiljaj ... znakov na minuto.

QRS V: Naj oddajam počasneje?

O: Oddajaj počasneje (... znakov na minuto).

QRT V: Naj preneham z oddajanjem?

O: Prenehaj z oddajanjem.

QRU V: Imaš še kaj zame?

O: Nič nimam zate.

QRV V: Si pripravljen?

O: Pripravljen sem.

QRW V: Naj obvestim ..., da ga kličeš na ... kHz (MHz)?

O: Prosim obvesti ..., da ga kličem na ... kHz (MHz).

QRX V: Me boš ponovno poklical?

- O: Ponovno te bom poklical ob ... uri (na ... kHz (MHz)).
- QRZ** V: Kdo me kliče?
O: Kliče te ... (na ... kHz (MHz)).
- QSA** V: Kakšna je moč mojega signala (kakšna je moč signala od ...)?
O: Moč tvojega signala (moč signala od ...) je ...
1. komaj zaznavna
2. slaba
3. srednja
4. dobra
5. zelo dobra.
- QSB** V: Ali moj signal niha?
O: Tvoj signal niha.
- QSD** V: Je moje tipkanje napačno?
O: Tvoje tipkanje je napačno.
- QSK** V: Me lahko slišiš med tvojim oddajanjem in če, ali lahko vskočim med tvojo oddajo?
O: Slišim te med mojo oddajo; lahko vskočiš med oddajanjem.
- QSL** V: Lahko potrdiš sprejem?
O: Potrjujem sprejem.
- QSO** V: Ali lahko komuniciraš z ... direktno (ali preko relejne (vmesne) postaje)?
O: Lahko komuniciram z ... direktno (ali preko relejne (vmesne) postaje ...)
- QSP** V: Ali boš posredoval do ... ?
O: Posredoval bom do
- QSS** V: Katero frekvenco boš uporabljal za delo?
O: Za delo bom uporabljal frekvenco ... kHz (MHz).
- QSU** V: Ali te lahko pokličem na ... kHz (MHz) ob ... uri?
O: Pokliči me na ... kHz (MHz) ob ... uri.

- QSV** V: Ali naj pošiljam serijo V-jev na tej frekvenci (na ... kHz (MHz))?
O: Pošiljaj serijo V-jev na tej frekvenci (na ... kHz (MHz)).
- QSX** V: Ali boš poslušal ... (pozivni znak) na ... kHz (MHz)?
O: Poslušal bom ... (pozivni znak) na ... kHz (MHz).
- QSY** V: Ali naj se pomaknem z oddajanjem na drugo frekvenco?
O: Pomakni se z oddajanjem na drugo frekvenco (na ... kHz (MHz)).
- QSZ** V: Naj pošljem vsako besedo ali skupino več kot enkrat?
O: Pošiljaj vsako besedo ali skupino dvakrat (... krat).
- QTA** V: Ali naj prekličem ... ?
O: Prekliči
- QTC** V: Koliko sporočil imaš zame?
O: Imam ... sporočil zate (za ...).
- QTH** V: Kje je tvoja lokacija?
O: Moja lokacija je
- QTR** V: Kakšen je točen čas?
O: Točen čas je
- QUD** V: Ali si sprejel nujen signal, poslan od ... ?
O: Sprejel sem nujen signal, poslan od ... ob ... uri.
- QUF** V: Ali si sprejel klic v sili, poslan od ... ?
O: Sprejel sem klic v sili, poslan od ... ob ... uri.
- QUM** V: Ali lahko nadaljujem z normalnim delom?
O: Lahko nadaljuješ z normalnim delom.

(V: Vprašanje; O: Odgovor)

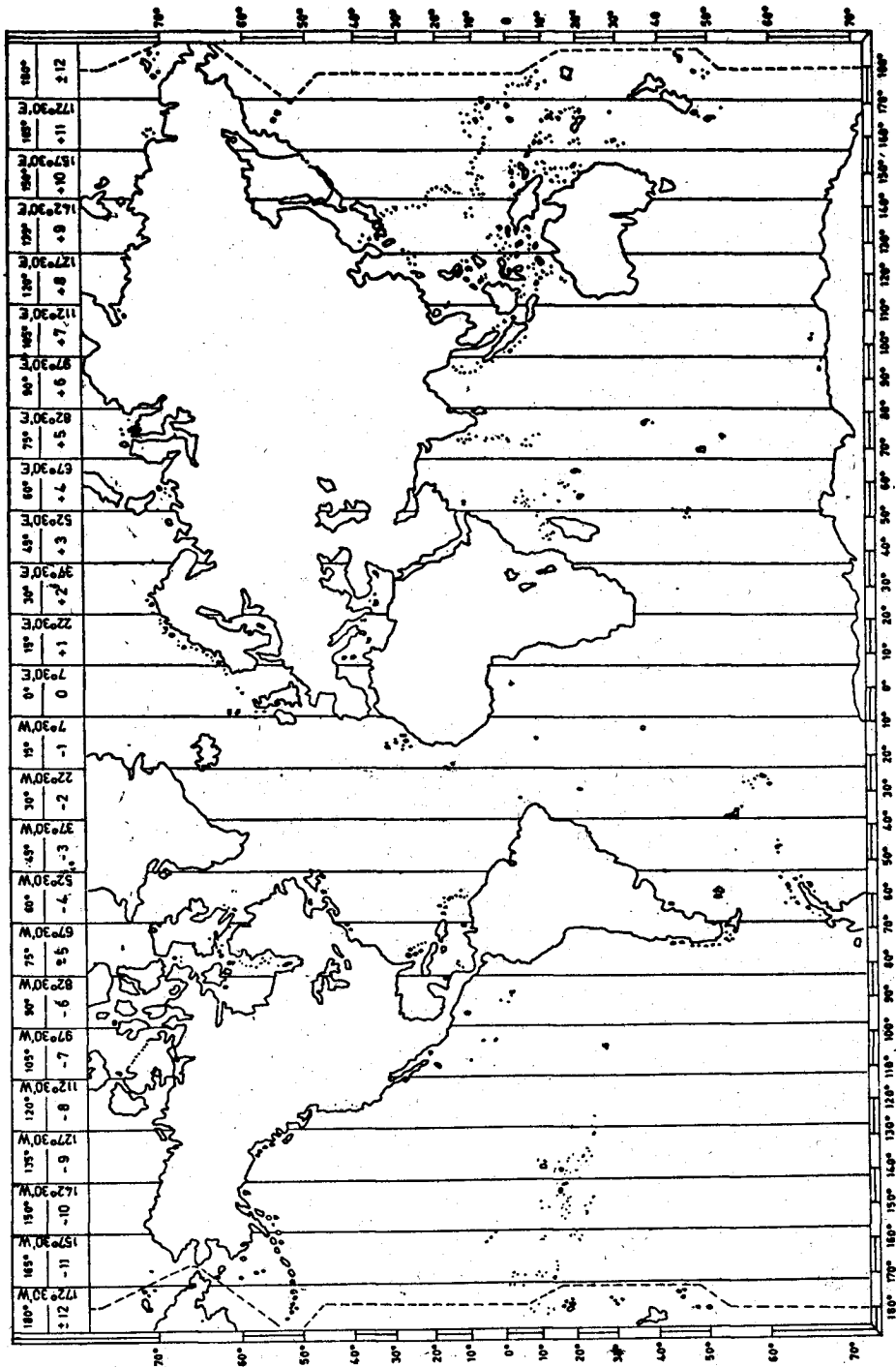
4. MEDNARODNE KRATICE IN SIGNALI

AA	Vse potem ... (Po vprašaju kot zahtevek za ponovitev).
AB	Vse pred ... (Uporablja se podobno kot AA).
ADS	Naslov (Po vprašaju kot zahtevek za ponovitev).
AR	Konec oddaje (Tipkano povezano kot en signal).
AS	Čakalna doba (Tipkano povezano kot en signal).
BK	Signal za prekinitvev tekoče oddaje.
BN	Vse med ... in ... (Po vprašaju kot zahtevek za ponovitev).
CFM	Potrditev (<i>ali</i> potrjujem).
CL	Izključujem postajo.
COL	Primerjanje (<i>ali</i> primerjam).
CQ	Splošni poziv vsem postajam.
CS	Klicni znak (Uporablja se kot zahtevek za klicni znak).
DDD	Uporablja se za označitev oddaje sporočila o stiski s strani postaje, ki ni v stiski (Tipka se povezano kot en signal).
DE	Od (Uporablja se pred klicnim znakom postaje, ki kliče).
E	Vzhod (Smer neba).
ER	Tukaj ...
K	Povabilo k oddaji.
MIN	Minuta (<i>ali</i> minute).
N	Sever (Smer neba).
NIL	Nimam nič za vas.
NO	Ne (Odklonilno).
NW	Sedaj.
OK	Strinjam se (<i>ali</i> to je v redu).
R	Sprejeto.
RPT	Ponovitev (<i>ali</i> ponavljam; <i>ali</i> ponovite ...).
S	Jug (Smer neba).
SOS	Signal v stiski (Tipka se povezano kot en signal).
TFC	Promet.
TU	Hvala.
TXT	Tekst (Po vprašaju kot zahtevek za ponovitev).
VA	Signal za konec dela (Tipka se kot en signal).
W	Zahod (Smer neba).
WA	Beseda po ... (Po vprašaju kot zahtevek za ponovitev).
WB	Beseda pred ... (Po vprašaju kot zahtevek za ponovitev).
WD	Beseda, besede <i>ali</i> grupa, grupe.
XXX	Skupina oddana trikrat zapovrstjo označuje nujen signal.
YES	Da (Pritrdilno).

5. RADIOAMATERSKE KRATICE

ABT	okrog; približno	MY	moj, moje
ADR	naslov	NET	mreža (radijska)
AGN	ponovno	NR	številke (ali blizu)
ANI	katerikoli	NW	sedaj
ANT	antena	OB	"stari dečko"
BCNU	se še srečava	OC	"stari prijatelj"
BLV	verjamem	OM	prijatelj; znanec
CALL	klic; klicni znak	OP	operater
CLD	klical je	OT	oldtimer
CLG	kličče	POB	poštni predal
CONDS	pogoji (na frek. ali za delo)	PSE	prosim
CONDX	pogoji za dolge (DX) zveze	PWR	moč
CONGRATS	čestitam; čestitke	RIG	oparature
CONTEST	tekmovanje	RPT	ponovi; ponovitev
CRD	kartica (QSL)	RPRT	raport; ocena
CUAGN	ponovno se srečati	RX	sprejemnik
CUD	lahko	SAE	pismo z naslovom
CUL	se slišiva (kasneje)	SASE	pismo z nasl. in znamko
DR	dragi, draga	SIGS	signali
DX	oddaljen; velika razdalja	SKED	dogovorjena zveza
DXPDN	DX odprava	SN	kmalu
DWN	nižja (frekvenca)	SRI	žal; oprosti
ES	in	STN	postaja
EX	nekdanji	SWL	sprejemni radioamater
FB	odlično	TEMP	temperatura
FER	za	TEST	preizkus; tekmovanje
FREQ	frekvenca	TKS	hvala
GA	dobro popoldne	TMW	jutri
GB	na svidenje	TNX	hvala
GD	dober dan	TRCV	transceiver
GE	dober večer	TRX	transceiver
GL	veliko sreče	TX	oddajnik
GLD	vesel, zadovoljen	U	vi, ti
GM	dobro jutro	UFB	izredno
GN	lahko noč	UNLIS	nelicencirani
GND	ozemljitev	UP	višja (frekvenca)
GUD	dober	UR	vaš, tvoj
HI	izraz za smeh	UTC	univerzalni čas
HPE	upam	VY	zelo
HR	tukaj	WID	z, s
HRD	slišal sem	WKD	sem delal
HW	kako	WKG	delam
INFO	obvestilo	WPM	besed v minuti
IRC	mednarodni poštni kupon	WX	vreme
KNW	vem; vedeti	XCUS	oprosti
LID	slab operater	XCVR	transceiver
LIL	malo	XMTR	oddajnik
LSN	poslušati	XTAL	kristal
LTR	pismo (ali kasneje)	XYL	soproga; žena
MAX	maksimum; največji	YDA	včeraj
MGR	manager	YL	dekle (operaterka)
MIKE	mikrofon	YR	leto
MIN	minimum; najmanjši	73	pozdravi; najlepše želje
MNI	mного	88	poljubi

6. ČASOVNE CONE



7. BASIC PROGRAM ZA PRETVORBO GEOGRAFSKIH KOORDINAT V UNIVERZALNI LOKATOR IN OBRATNO BASIC PROGRAM ZA IZRAČUN RAZDALJE MED DVEMA UNIVERZALNIMA LOKATORJEMA

Program QTH1.BAS izračuna geografsko dolžino in širino iz podanega univerzalnega lokatorja.

Program QTH2.BAS izračuna univerzalni lokator iz podane geografske dolžine in širine.

Program QRB.BAS izračuna razdaljo v kilometrih (QRB) med dvema univerzalnima lokatorjema.

Geografsko dolžino in širino moramo računalniku podati v stopinjah in to v decimalni obliki. Če imamo podatke izražene v stopinjah, minutah in sekundah, jih pretvorimo v decimalno obliko po formuli:

$$\text{stopinje_decimalno} = \text{stopinje} + \text{minute}/60 + \text{sekunde}/3600$$

Geografskim dolžinam zahodno od Greenwicha dodamo predznak minus, prav tako dodamo predznak minus tudi geografskim širinam na južni polobli:

-180 ... 0	dolžine zahodno od Greenwicha
0 ... 180	dolžine vzhodno od Greenwicha
-90 ... 0	širine na južni polobli
0 ... 90	širine na severni polobli

Pri vnosu univerzalnega lokatorja moramo uporabljati velike tiskane črke! Lokator moramo vtipkati brez presledkov med črkami oziroma številkami.

Programe lahko vtipkate in poženetete v Qbasic-u za MS-DOS.

Primeri:

QTH1.BAS

Vnesi lokator (uporablaj velike tiskane crke) ? JN76KM

Geografska dolzina je 14.83333

Geografska sirina je 46.5

QTH2.BAS

Geografska dolzina ? 14.833

Geografska sirina ? 46.517

Lokator je JN76KM

QRB.BAS

Vnesi svoj lokator ? JN76KM

Vnesi koresponentov lokator ? JN65WW

QRB = 101 km

REM *** Program QTH1.BAS ***

REM *** Izracun geografske dolzine in sirine iz podanega UL ***

INPUT "Vnesi lokator (uporablaj velike tiskane crke) "; lokator\$

d1 = ASC(MID\$(lokator\$, 1, 1)) - 65

d3 = VAL(MID\$(lokator\$, 3, 1))

d5 = ASC(MID\$(lokator\$, 5, 1)) - 65

dolzina = d1 * 20 - 180 + d3 * 2 + d5 / 12

s2 = ASC(MID\$(lokator\$, 2, 1)) - 65

s4 = VAL(MID\$(lokator\$, 4, 1))

s6 = ASC(MID\$(lokator\$, 6, 1)) - 65

sirina = s2 * 10 - 90 + s4 + s6 / 24

PRINT "Geografska dolzina je "; dolzina

PRINT "Geografska sirina je "; sirina

PRINT

END

```
REM *** Program QTH2.BAS ***
REM *** Izracun UL iz podane geografske dolzine in sirine ***

INPUT "Geografska dolzina "; dolzina
INPUT "Geografska sirina "; sirina
lokator$ = "AA00AA"
dolzina0 = dolzina + 180
sirina0 = sirina + 90
dolDec = dolzina - FIX(dolzina)
sirDec = sirina - FIX(sirina)
minDol = FIX(dolDec * 60)
minSir = FIX(sirDec * 60)
dol = FIX(dolzina0 / 20)
sir = FIX(sirina0 / 10)
IF ABS(FIX(dolzina0)) = (2 * ABS(FIX(dolzina0 / 2))) THEN
    korekcija = 1
ELSE
    korekcija = 0
END IF
IF (minDol >= 0) AND (korekcija = 0) THEN
    minDol = minDol + 60
END IF
IF minDol < 0 THEN
    minDol = minDol + 120
    IF korekcija = 1 THEN
        minDol = minDol - 60
    END IF
END IF
IF minSir < 0 THEN
    minSir = minSir + 60
END IF
MID$(lokator$, 1, 1) = CHR$(FIX(dol + 65))
MID$(lokator$, 2, 1) = CHR$(FIX(sir + 65))
MID$(lokator$, 3, 1) = CHR$(FIX((dolzina0 - 20 * dol) / 2) + 48)
MID$(lokator$, 4, 1) = CHR$(FIX((sirina0 - 10 * sir) + 48))
MID$(lokator$, 5, 1) = CHR$(CINT(minDol / 5 + 65))
MID$(lokator$, 6, 1) = CHR$(CINT(minSir / 2.5 + 65))
PRINT "Lokator je "; lokator$
PRINT
END
```

```
REM *** Program QRB.BAS ***
REM *** Izracun QRB (razdalje) med dvema UL ***

DECLARE SUB convert (c$, x#, y#)
DECLARE FUNCTION qrb! (a$, b$)
CLS
PRINT "Uporabljay velike tiskane crke!"
PRINT
INPUT "Vnesi svoj lokator "; Moj$
INPUT "Vnesi koresponentov lokator "; Tvoj$
PRINT "QRB = "; qrb(Moj$, Tvoj$); " km"
END
SUB convert (c$, x#, y#)
REM Podprogram za pretvorbo UL v geografsko dolzino in sirino
pi# = 3.14159265358979#
x1# = 20 * (ASC(MID$(c$, 1, 1)) - 74) + 2 * VAL(MID$(c$, 3, 1))
x# = x1# + (ASC(MID$(c$, 5, 1)) - 65) / 12 + 1 / 24
y1# = 10 * (ASC(MID$(c$, 2, 1)) - 74) + VAL(MID$(c$, 4, 1))
y# = y1# + (ASC(MID$(c$, 6, 1)) - 65) / 24 + 1 / 48
x# = x# * pi# / 180
y# = y# * pi# / 180
END SUB
FUNCTION qrb (a$, b$) STATIC
REM Funkcija za izracun QRB med dvema lokatorjema
pi# = 3.14159265358979#
CALL convert(a$, lo#, la#)
CALL convert(b$, lokor#, lakor#)
qrbp1# = SIN(la#) * SIN(lakor#)
qrbp# = qrbp1# + COS(la#) * COS(lakor#) * COS(lo# - lokor#)
IF qrbp# < 0 THEN
qrb1# = ATN(SQR(1 - qrbp# * qrbp#) / qrbp#)
qrb = INT(6371.29 * (pi# + qrb1#) + .5)
ELSE
qrb = INT(6371.29 * ATN(SQR(1 - qrbp# * qrbp#) / qrbp#) + .5)
END IF
END FUNCTION
```

8. DXCC LISTA

PREFIKS	IME DXCC DRŽAVE	BEM	QRB	CON	ITU	CQ
A2	Botswana	173	7830	AF	57	38
A3	Rep. of Tonga	039	16738	OC	62	32
A4	Oman	108	4653	AS	39	21
A5	Bhutan	080	6750	AS	41	22
A6	United Arab Emirates	111	4283	AS	39	21
A7	Qatar	113	3982	AS	39	21
A9	Bahrain	113	3870	AS	39	21
AP-AS	Pakistan	085	5083	AS	41	21
BV	Taiwan	061	9233	AS	44	24
BY, BT	China	053	7682	AS	33, 42 - 44	23,24
C2	Nauru	036	14322	OC	65	31
C3	Andorra	254	1047	EU	27	14
C5	The Gambia	229	4716	AF	46	35
C6	Bahamas	290	8220	NA	11	08
C8, C9	Mozambique	163	8230	AF	53	37
CA-CE	Chile	243	11423	SA	14,16	12
CE0	Easter Is	272	14739	SA	63	12
CE0	San Felix & San Ambrosio	255	12312	SA	14	12
CE0	Juan Fernandez	248	12896	SA	14	12
CE9	*Antarctica	192	13984	AN	67, 69 - 74	12, 13, 29, 30, 32, 38, 39
CM, CO	Cuba	291	8665	NA	11	08
CN	Morocco	239	2335	AF	37	33
CP	Bolivia	253	10800	SA	12, 14	10
CT	Portugal	256	2070	EU	37	14
CT3	Madeira	253	3040	AF	36	33
CU	Azores	269	3500	EU	36	14
CV-CX	Uruguay	232	11444	SA	14	13
CY0	Sable Is	297	5595	NA	09	05
CY9	St. Paul Is	301	5635	NA	09	05
D2, D3	Angola	182	6571	AF	52	36
D4	Cape Verde	240	4883	AF	46	35
D6	Comoros	148	7100	AF	53	39
DA-DR	Germany	320	795	EU	28	14
DU-DZ	Philippines	068	10033	OC	50	27
E3	Eritrea	145	4650	AF	48	37
EA-EH	Spain	254	1530	EU	37	14
EA6-EH6	Balearic Is	237	1205	EU	37	14
EA8-EH8	Canary Is	243	3290	AF	36	33
EA9-EH9	Ceuta & Melilla	245	2005	AF	37	33
EI-EJ	Rep of Ireland	306	1660	EU	27	14
EK	Armenia	092	2506	AS	29	21
EL	Liberia	218	5042	AF	46	35
EM-EO,	Ukraine	063	1584	EU	29	16
UR-UZ						
EP-EQ	Iran	096	3303	AS	40	21

PREFIKS	IME DXCC DRŽAVE	BEM	QRB	CON	ITU	CQ
ER	Moldavia	079	1112	EU	29	16
ES	Estonia	021	1628	EU	29	15
ET	Ethiopia	143	4737	AF	48	37
EU-EW	Belorussia	042	1266	EU	29	16
EX	Kirghizia	072	4677	AS	30, 31	17
EY	Tadžikistan	081	4452	AS	30	17
EZ	Turkmenistan	088	3685	AS	30	17
F	France	293	990	EU	27	14
FG	Guadeloupe	273	7624	NA	11	08
FH	Mayotte Is	147	7244	AF	53	39
FJ, FS	Saint Martin	274	7625	NA	11	08
FK	New Caledonia	052	16366	OC	56	32
FM	Martinique Is	271	7701	NA	11	08
FO	Clipperton Is	301	11118	NA	10	07
FO	French Polynesia	330	16518	OC	63	31, 32
FP	Saint Pierre & Miquelon	298	5222	NA	09	05
FR	Reunion	141	8550	AF	53	39
FR/G	Glorioso	144	7128	AF	53	39
FR/J /E	Juan de Nova & Europa	155	7995	AF	53	39
FR/T	Tromelin	139	8010	AF	53	39
FT8W	Crozet	155	10914	AF	68	39
FT8X	Kerguelen	146	11889	AF	68	39
FT8Z	N Amsterdam & St. Paul Is	134	11250	AF	68	39
FW	Wallis & Futuna Is	019	16316	OC	62	32
FY	French Guiana	256	7809	SA	12	09
G, GX	England	307	1242	EU	27	14
GD, GT	Isle of Man	310	1639	EU	27	14
GI, GN	Northern Ireland	312	1745	EU	27	14
GJ, GH	Jersey	291	1278	EU	27	14
GM, GS	Scotland	317	1691	EU	27	14
GU, GP	Guernsey	293	1368	EU	27	14
GW, GC	Wales	307	1534	EU	27	14
H4	Solomon Is	050	14843	OC	51	28
HA, HG	Hungary	064	381	EU	28	15
HB	Switzerland	283	549	EU	28	14
HB0	Liechtenstein	288	391	EU	28	14
HC, HD	Ecuador	274	10254	SA	12	10
HC8, HD8	Galapagos	280	11164	SA	12	10
HH	Haiti	281	8297	NA	11	08
HI	Dominican Republic	279	8118	NA	11	08
HJ, HK	Colombia	272	9879	SA	12	09
HK0	San Andres & Providencia	283	9475	NA	11	07, 08
HK0	Malpelo Is	278	10128	SA	12	09
HL	Korea	049	8866	AS	44	25
HO, HP	Panama	279	9598	NA	11	07
HQ, HR	Honduras	289	9592	NA	11	07
HS	Thailand	083	8625	AS	49	26
HV	Vatican City	200	493	EU	28	15
HZ	Saudi Arabia	119	3730	AS	39	21
I	Italy	200	493	EU	28	15

PREFIKS	IME DXCC DRŽAVE	BEM	QRB	CON	ITU	CQ
IM0, IS0	Sardinia	216	810	EU	28	15
J2	Djibouti	136	4643	AF	48	37
J3	Grenada & Depedencies	269	7985	NA	11	08
J5	Guinea-Bissau	226	4697	AF	46	35
J6	Saint Lucia	270	7779	NA	11	08
J7	Dominica	270	7701	NA	11	08
J8	Saint Vincent	269	7857	NA	11	08
JA-JS	Japan	041	9386	AS	45	25
JD1	Minami Torishima	036	11187	OC	90	27
JD1	Ogasawara	040	10450	AS	45	27
JT-JV	Mongolia	051	6561	AS	32, 33	23
JW	Svalbard	001	3550	EU	18	40
JX	Jan Mayen	344	3021	EU	18	40
JY	Jordan	123	2415	AS	39	20
K, N, W, AA-AG, AI-AK	USA	312	8728	NA	6, 7, 8	3, 4, 5
KC6	Belau (W Caroline Is)	037	13439	OC	64	27
KG4	Guantanamo Bay	284	8385	NA	11	08
KH0	Mariana Is	047	11480	OC	64	27
KH1	Baker & Howland Is	014	14680	OC	61, 62	31
KH2	Guam	050	11703	OC	64	27
KH3	Johnston Is	005	12987	OC	61	31
KH4	Midway Is	011	11682	OC	61	31
KH5	Palmyra Is	367	14214	OC	61	31
KH5K	Kingman Reef	357	13997	OC	61	31
KH6	Hawaii	352	12518	OC	61	31
KH7	Kure Is	012	11557	OC	61	31
KH8	American Samoa	010	16412	OC	62	32
KH9	Wake Is	028	12267	OC	65	31
KL7	Alaska	352	8027	NA	1, 2	1
KP1	Navassa Is	282	8540	NA	11	08
KP2	Virgin Is	275	7779	NA	11	08
KP4	Puerto Rico	277	7779	NA	11	08
KP5	Desecheo Is	278	8009	NA	11	08
LA-LN	Norway	353	1565	EU	18	14
LO-LW	Argentina	234	11567	SA	14, 16	13
LX	Luxembourg	300	715	EU	27	14
LY	Lithuania	032	1361	EU	29	15
LZ	Bulgaria	114	755	EU	28	20
OA-OC	Peru	263	11080	SA	12	10
OD	Lebanon	119	2258	AS	39	20
OE	Austria	031	276	EU	28	15
OF-OJ	Finland	020	1695	EU	18	15
OH0	Aland Is	011	1590	EU	18	15
OJ0	Market Reef	009	1576	EU	18	15
OK	Czech Republic	005	437	EU	28	15
OM	Slovakia	044	468	EU	28	15
ON-OT	Belgium	309	946	EU	27	14
OX	Greenland	320	4435	NA	5, 75	40

PREFIKS	IME DXCC DRŽAVE	BEM	QRB	CON	ITU	CQ
OY	Faroe Is	330	2237	EU	18	14
OZ	Denmark	355	1108	EU	18	14
P2	Papua New Guinea	061	13497	OC	51	28
P4	Aruba	274	8552	SA	11	09
PA-PI	Netherlands	317	954	EU	27	14
PJ1,2,3,4,9	Bonaire, Curacao	274	8552	SA	11	09
PJ5,6,7,8	Sint Maarten	274	8552	NA	11	08
PP-PY	Brazil	230	9555	SA	12, 13, 15	11
PP0-PY0	Fernando de Noronha	234	7111	SA	13	11
PP0-PY0	St.Peter & Paul Rocks	235	6527	SA	13	11
PP0-PY0	Trindade & Martim Vaz	222	8618	SA	15	11
PZ	Surinam	252	9017	SA	12	09
R1F	Franz Josef Land	010	4230	EU	75	40
R1M	Malyj Vysotskij Is	024	1859	EU	29	16
S0	Western Sahara	236	3687	AF	46	33
S2	Bangladesh	082	7099	AS	41	22
S5	Slovenia	---	---	EU	28	15
S7	Seychelles	132	6905	AF	53	39
S9	Sao Tome & Principe	192	5191	AF	47	36
SA-SM	Sweden	008	1456	EU	18	14
SN-SR	Poland	033	810	EU	28	15
ST	Sudan	147	3760	AF	48	34
ST0	Southern Sudan	154	4870	AF	47, 48	34
SU	Egypt	136	2289	AF	38	34
SV-SZ	Greece	136	1191	EU	28	20
SV/A	Mt. Athos	128	1025	EU	28	20
SV5	Dodecanese	127	1507	EU	28	20
SV9	Crete	141	1515	EU	28	20
T2	Tuvalu	025	15636	OC	65	31
T30	West Kiribati (Gilbert Is)	028	15076	OC	65	31
T31	Cent. Kiribati (Br.Phoneix Is)	008	15306	OC	62	31
T32	East Kiribati (Line Is)	335	15742	OC	61, 63	31
T33	Banaba Is (Ocean Is)	033	14432	OC	65	31
T5	Somalia	138	5778	AF	48	37
T7	San Marino	208	260	EU	28	15
T9	Bosnia-Herzegovina	129	359	EU	28	15
TA-TC	Turkey	108	1169	EU, AS	39	20
TF	Iceland	326	2903	EU	17	40
TG, TD	Guatemala	281	9961	NA	11	07
TI, TE	Costa Rica	283	9854	NA	11	07
TI9	Cocos Is	282	10486	NA	11	07
TJ	Cameroon	184	4686	AF	47	36
TK	Corsica	226	631	EU	28	15
TL	Central African Republic	175	4582	AF	47	36
TN	Congo	179	5569	AF	52	36
TR	Gabon	188	5042	AF	52	36
TT	Chad	179	3790	AF	47	36
TU	Ivory Coast	207	4799	AF	46	35

PREFIKS	IME DXCC DRŽAVE	BEM	QRB	CON	ITU	CQ
TY	Benin	199	4616	AF	46	35
TZ	Mali	217	4242	AF	46	35
UA-UI,RA- RZ, 1,3,4,6	European Russia	047	1942	EU	19, 20, 29, 30	16
UA-UI, RA-RZ, 2	Kaliningrad	022	1092	EU	29	15
UA-UI, RA-RZ, 7,8,9,0	Asiatic Russia	045	8008	AS	20-26, 30-35	16-19, 23
UJ-UM	Uzbekistan	077	4345	AS	30	17
UN-UQ	Kazakhstan	062	4260	AS	29 - 31	17
V2	Antigua & Barbuda	271	7470	NA	11	08
V3	Belize	291	9499	NA	11	07
V4	St.Christopher & Nevis	273	7701	NA	11	08
V5	Namibia	180	7682	AF	57	38
V6	Fed. States of Micronesia	037	13439	OC	65	27
V7	Marshall Is	030	12997	OC	65	31
V8	Brunei	079	10411	OC	54	28
VE	Canada	306	6891	NA	02 - 04, 09, 75	01 - 05
VK	Australia	096	15900	OC	55, 58, 59	29, 30
VK	Lord Howe Is	075	16612	OC	60	30
VK0	Heard Is	147	12353	AF	68	39
VK0	Macquarie	124	17255	OC	60	30
VK9	Mellish Reef	061	15219	OC	56	30
VK9	Norfolk Is	060	17030	OC	60	32
VK9	Christmas Is	097	11001	OC	54	29
VK9	Cocos-Keeling	104	10398	OC	54	29
VK9	Willis	066	14721	OC	55	30
VP2E	Anguilla	271	7470	NA	11	08
VP2M	Montserrat	273	7470	NA	11	08
VP2V	British Virgin Is	275	7779	NA	11	08
VP5	Turks & Caicos Is	283	8006	NA	11	08
VP8	Falkland Is	222	13058	SA	16	13
VP8	*South Shetland Is	212	13661	SA	73	13
VP8	South Georgia	210	12250	SA	73	13
VP8	South Orkney	208	13019	SA	73	13
VP8	South Sandwich Is	201	12328	SA	73	13
VP9	Bermuda	287	6753	NA	11	05
VQ9	Chagos Arch.	119	8186	AF	41	39
VR6	Pitcairn	294	16092	OC	63	32
VS6	Hong Kong	067	8880	AS	44	24
VU	India	088	5739	AS	41	22
VU	Andaman & Nicobar Is	090	8172	AS	49	26
VU	Laccadive Is	106	6739	AS	41	22
XA-XI	Mexico	305	10093	NA	10	06
XA4-XI4	Revilla Gigedo	309	11095	NA	10	06
XT	Burkina Faso	208	4097	AF	46	35
XU	Cambodia (Kampuchea)	081	9088	AS	49	26

PREFIKS	IME DRŽAVE	BEM	QRB	CON	ITU	CQ
XW	Laos	078	8465	AS	49	26
XX9	Macao	068	8960	AS	44	24
XY-XZ	Myanmar (Burma)	084	8009	AS	49	26
YA	Afghanistan	087	4731	AS	40	21
YB-YH	Indonesia	093	9976	OC	51, 54	28
YI	Iraq	109	2966	AS	39	21
YJ	Vanuatu	047	16056	OC	56	32
YK	Syria	117	2326	AS	39	20
YL	Latvia	025	1378	EU	29	15
YN	Nicaragua	286	9855	NA	11	07
YO	Romania	100	932	EU	28	20
YS	El Salvador	289	9899	NA	11	07
YU	Yugoslavia	101	520	EU	28	15
YV-YY	Venezuela	271	8477	SA	12	09
YV0	Aves Is	273	8475	NA	11	08
Z2	Zimbabwe	162	7340	AF	53	38
Z3	Macedonia	124	751	EU	28	15
ZA	Albania	141	665	EU	28	15
ZB	Gibraltar	244	2043	EU	37	14
ZC4	Br.Mil.Bases Cyprus	122	1982	AS	39	20
ZD7	St Helena	202	7204	AF	66	36
ZD8	Ascension Is	213	6647	AF	66	36
ZD9	Tristan da Cunha & Gough	198	9909	AF	66	38
ZF	Cayman Is	288	8830	NA	11	08
ZK1	South Cook Is	348	17183	OC	63	32
ZK1	North Cook Is	354	15910	OC	62	32
ZK2	Niue	009	16977	OC	62	32
ZK3	Tokelau	010	15815	OC	62	31
ZL	New Zealand	087	18206	OC	60	32
ZL7	Chatham	078	19160	OC	60	32
ZL8	Kermadec	036	17925	OC	60	32
ZL9	Auckland and Campbell Is	122	18035	OC	60	32
ZP	Paraguay	241	10594	SA	14	11
ZR-ZU	South Africa	165	8057	AF	57	38
ZS8	Marion & Prince Edward Is	164	10586	AF	57	38
1A0	Sov Mil Order of Malta	200	493	EU	28	15
1S	Spratly Is	078	9860	AS	50	26
3A	Monaco	248	560	EU	27	14
3B6	Agalega & St Brandon Is	134	7534	AF	53	39
3B8	Mauritius	138	8553	AF	53	39
3B9	Rodriguez Is	134	8819	AF	53	39
3C	Equatorial Guinea	186	4921	AF	47	36
3C0	Pagalu (Annobon)	193	5427	AF	52	36
3D2	Fiji	030	16557	OC	56	32
3D2	Rotuma	029	15939	OC	56	32
3D2	Conway Reef	039	16766	OC	56	32
3DA0	Swaziland	164	8316	AF	57	38
3V	Tunisia	202	1076	AF	37	33
3W, XV	Vietnam	081	9320	AS	49	26
3X	Republic of Guinea	222	4785	AF	46	35

PREFIKS	IME DXCC DRŽAVE	BEM	ORB	CON	ITU	CQ
3Y	Bouvet	190	11301	AF	67	38
3Y	Peter I Is	211	15285	AN	72	12
4J-4K	Azerbajjan	092	2683	AS	29	21
4L	Georgia	090	2468	AS	29	21
4S	Sri Lanka	103	7571	AS	41	22
4U1	ITU Geneva	272	656	EU	28	14
4U1	UN New York	300	6773	NA	08	05
4X, 4Z	Israel	124	2351	AS	39	20
5A	Libya	186	1460	AF	38	34
5B	Cyprus	122	1982	AS	39	20
5H, 5I	Tanzania	150	6422	AF	53	37
5N, 5O	Nigeria	195	4440	AF	46	35
5R, 5S	Madagascar	148	7942	AF	53	39
5T	Mauritania	233	4194	AF	46	35
5U	Niger	203	3754	AF	46	35
5V	Togo	198	4942	AF	46	35
5W	Western Samoa	013	16287	OC	62	32
5X	Uganda	155	5328	AF	48	37
5Y, 5Z	Kenya	149	5823	AF	48	37
6V, 6W	Senegal	233	4590	AF	46	35
6Y	Jamaica	284	6815	NA	11	08
7O	Yemen	131	4659	AS	39	21
7P	Lesotho	167	8569	AF	57	38
7Q	Malawi	158	7097	AF	53	37
7T-7Y	Algeria	227	1403	AF	37	33
8P	Barbados	267	7858	NA	11	08
8Q	Maldivi Is	113	7559	AS, AF	41	22
8R	Guyana	262	8258	SA	12	09
9A	Croatia	103	119	EU	28	15
9G	Ghana	202	4670	AF	46	35
9H	Malta	182	1112	EU	28	15
9I, 9J	Zambia	165	4926	AF	53	36
9K	Kuwait	111	3472	AS	39	21
9L	Sierra Leone	222	4883	AF	46	35
9M2, 4	West Malaysia	090	9575	AS	54	28
9M6, 8	East Malaysia	082	10501	OC	54	28
9N	Nepal	082	6430	AS	42	22
9Q-9T	Republic of Zaire	179	5569	AF	52	36
9U	Burundi	160	5641	AF	52	36
9V	Singapore	089	9889	AS	54	28
9X	Rwanda	159	5559	AF	52	36
9Y, 9Z	Trinidad & Tobago	269	8168	SA	11	09

* OPOMBE:

1) Antarktika je ena DXCC država neglede na to, kateri državi pripada baza. Glede na povedano, se v Antarktiko štejejo prefiksi: CE9, FT-Y, IA0P, KC4, LU-Z, OR, R1A, VK0, VP8, Y83, Y88, Y90, ZL5, ZS7, 3Y, 7S, 8J.

2) Za South Shetland so v uporabi še prefiksi: CE9, HF0, LU, R1A, VP8.

3) Podatki o razdalji (ORB) in azimutu (BEM) so zgolj informativne narave.

9. KODEKS ARON

Kodeks aktivnosti radioamaterjev ob nesrečah in nevarnostih

1. člen

S kodeksom ARON se določajo pravila vedenja in delovanja radioamaterjev - članov Zveze radioamaterjev Slovenije (ZRS) ob nesrečah in nevarnostih, kot so: elementarne nesreče (poplave, požari, viharji, plazovi, potresi), večje ekološke nesreče ali nevarnosti (onesnaževanje ali ogrožanje okolja), prometne ali druge nesreče in nevarnosti večjih razsežnosti.

Ta pravila veljajo smiselno tudi za sodelovanje z radioamaterji sosednjih in drugih držav v primerih nesreč in nevarnosti mednarodnih razsežnosti.

2. člen

Namen in cilj delovanja radioamaterjev po tem kodeksu je nudenje pomoči pri zaščiti in reševanju človeških življenj in materialnih dobrin.

Delovanje radioamaterjev temelji na humanitarnih, patriotskih in prostovoljnih osnovah v skladu s statutom ZRS in normami ter principi mednarodne radioamaterske organizacija - IARU.

3. člen

V primeru nevarnosti ali nesreče večjih razsežnosti se radioamaterji organizirajo samoiniciativno ali pa na pobudo nosilcev zaščite in reševanja (Civilna zaščita, gasilci, Rdeči križ in drugi).

4. člen

Radioamater, ki opazi ali sprejme obvestilo o znamenjih, pojavih ali dogodkih, ki ogrožajo imetje, zdravje ali življenje ljudi, je dolžan na najhitrejši možni način o tem obvestiti ustrezne pristojne službe (Center za obveščanje telefon 985, policija telefon 92, gasilci telefon 93, reševalci 94 in dr.). Obvestilo mora imeti jedrnato vsebino:

- kaj se dogaja oziroma kaj se je zgodilo,
- kje se dogaja (določiti orientirne točke kraja dogodka),
- kdaj se je zgodilo (dan, ura, minuta),
- kdo obvešča (ime in priimek, naslov, telefon/klicni znak amaterske radijske postaje in kraj od kje se javlja).

Radioamater samoiniciativno sproži delovanje po ARON-u, če oceni, da je nesreča ali nevarnost takšnega obsega, da zahteva takojšnje aktiviranje amaterskega radijskega omrežja.

V primeru, da je nadaljnje delovanje in pomoč radioamaterja ali več radioamaterjev še potrebno, se ukrepa po navodilih ustreznih služb.

5. člen

Radioamaterji - člani ZRS, ki sodelujejo v aktivnostih, katere obravnava kodeks ARON, se lahko organizirajo v ustrezna radioamaterska omrežja.

Radijski promet v akcijah ARON poteka po ustaljenem načinu v skladu z normativi, ki urejajo delo amaterskih radijskih postaj.

6. člen

Za aktiviranje in delovanje po ARON-u se lahko uporabljajo vsa frekvenčna področja, ki so dovoljena za radioamatersko delo. Radioamater uporabi frekvenco, odvisno od aparature, s katero razpolaga oziroma ocene, kako bo najhitreje prenesel obvestilo. V primerih nesreč in nevarnosti večjih razsežnosti so priporočene frekvence: S20 145.500 MHz, SU20 433.500 MHz, repetitorji ZRS in 3700 KHz.

V nesrečah ali nevarnostih največjih razsežnosti se lahko uporabijo tudi druga frekvenčna področja. Ustrezna navodila v zvezi s tem izda Zveza radioamaterjev Slovenije na osnovi predhodnega dogovora s pristojnimi državnimi organi.

7. člen

Na frekvencah, kjer je sprožena ali deluje reševalna akcija, morajo vsi radioamaterji takoj prekiniti vzpostavljanje drugih radioamaterskih zvez.

Dolžnost vsakega radioamaterja, ki sliši klic za nesrečo in nevarnost je, da se takoj javi in se ravna po navodilih postaje, ki vodi reševalno akcijo.

8. člen

Akcijo praviloma vodi upravna postaja, ki je najbližja dogodkom na ogroženem mestu. Za koordinacijo lahko deluje več upravnih postaj, če to narekujejo velikost in obseg ogroženosti ali drugi tehnični razlogi. V času trajanja akcije poteka usmerjanje in koordiniranje dela vseh sodelujočih postaj preko upravne postaje (ali več postaj).

9. člen

Obseg in intenzivnost delovanja sta odvisna od potreb na ogroženem območju. Akcija traja od prijave nesreče ali nevarnosti do sanacije razmer oziroma dokler pristojni dejavniki ne ocenijo, da aktivnost radioamaterjev ni več potrebna. Akcija preneha takoj ali postopoma, glede na razvoj dogodkov, zaradi katerih je bila sprožena.

10. člen

Sodelovanje v reševalnih akcijah in spoštovanje kodeksa ARON je dolžnost vsakega člana ZRS.

11. člen

Kodeks ARON je sprejel upravni odbor ZRS na seji v Ljubljani, dne 14. marca 1992.

10. GRŠKA ABECEDA

A	α	alfa	I	ι	jota	P	ρ	rho
B	β	beta	K	κ	kapa	Σ	σ	sigma
Γ	γ	gama	Λ	λ	lambda	T	τ	tau
Δ	δ	delta	M	μ	mi	Y	υ	ipsilon
E	ε	epsilon	N	ν	ni	Φ	ϕ	fi
Z	ζ	zeta	Ξ	ξ	ksi	X	χ	hi
H	η	eta	O	o	omikron	Ψ	ψ	psi
Θ	θ	theta	Π	π	pi	Ω	ω	omega

11. PREDPONE ZA IZPELJANKE ENOT

Prefiks	Simbol	Množilni faktor	
jota	J	$10^{24} =$	1000000000000000000000000
zeta	Z	$10^{21} =$	100000000000000000000000
eksa	E	$10^{18} =$	100000000000000000000000
peta	P	$10^{15} =$	100000000000000000000000
tera	T	$10^{12} =$	100000000000000000000000
giga	G	$10^9 =$	1000000000
mega	M	$10^6 =$	1000000
kilo	k	$10^3 =$	1000
hekto	h	$10^2 =$	100
deka	da	$10^1 =$	10
enota		$10^0 =$	1
deci	d	$10^{-1} =$	0.1
centi	c	$10^{-2} =$	0.01
mili	m	$10^{-3} =$	0.001
mikro	μ	$10^{-6} =$	0.000001
nano	n	$10^{-9} =$	0.000000001
piko	p	$10^{-12} =$	0.000000000001
femto	f	$10^{-15} =$	0.000000000000001
ato	a	$10^{-18} =$	0.000000000000000001
zepto	z	$10^{-21} =$	0.000000000000000000001
jokto	y	$10^{-24} =$	0.000000000000000000000001

12. MEDNARODNI SISTEM ENOT - SI

OSNOVNE ENOTE

Veličina	Merska enota	Oznaka
Dolžina	meter	m
Masa	kilogram	kg
Čas	sekunda	s
Jakost električnega toka	amper	A
Temperatura	stopinja Kelvina	K
Svetilnost	sveča	cd
Množina snovi	mol	mol

DOPOLNILNE ENOTE

Veličina	Merska enota	Oznaka
Ravninski kot	radijan	rad
Prostorski kot	steradian	sr

IZPELJANE ENOTE

Veličina	Merska enota	Oznaka
Površina	kvadratni meter	m ²
Prostornina	kubični meter	m ³
Frekvenca	hertz	Hz
Gostota	kilogram na kubični meter	kg/m ³
Hitrost	meter na sekundo	m/s
Kotna hitrost	radijan na sekundo	rad/s
Pospešek	meter na kvadratno sekundo	m/s ²
Kotni pospešek	radijan na kvadratno sekundo	rad/s ²
Sila	newton	N
Pritisk	newton na kvadratni meter	N/m ²
Dinamična viskoznost	newtonsekunda na kvadratni meter	Ns/m ²
Kinetična viskoznost	kvadratni meter na sekundo	m ² /s

Veličina	Merska enota	Oznaka
Delo, energija	joul	J
Moč	watt	W
Električni naboj	coulomb	C
Električna napetost	volt	V
Jakost električnega polja	volt na meter	V/m
Električna upornost	ohm	Ω
Električna kapacitivnost	farad	F
Gostota magnetnega pretoka	weber	Wb
Induktivnost	henry	H
Magnetna indukcija	tesla	T
Jakost magnetnega pretoka	amper na meter	A/m
Svetlobni pretok	lumen	lm
Sijaj	svetla na kvadratni meter	cd/m ²
Osvetljenost	luks	lx

13. NEKATERE ENOTE ANGLOAMERIŠKEGA SISTEMA ENOT

Veličina	Merska enota	Oznaka
Dolžina	inch (cola)	in
	foot (čevelj)	ft
	yard (sežen)	yd
	rod (palica)	rod
	mile (kopenska milja)	mi
	nautical mile (navtična milja)	
	London mile (Londonska milja)	
Površina	square foot	ft ²
	square yard	yd ²
	square rod	rod ²
	acre	acre
	square mile	mi ²
Prostornina	cubicle inch	in ³
	cubicle foot	ft ³
	cubicle yard	yd ³
Prostornina sipkih snovi	pint	pt
	quart	qt
	peck	peck
	bushel	bushel
Prostornina tekočin	dram	fl dr
	ounce (unča)	fl oz
	pint	pt
	quart	qt
	gallon (galona)	gal
	barrel	barrel
Teža	grain	gr, (ga)
	dram	dr
	pound (funt)	lb
	short ton	short ton
	long ton	long ton

14. PRETVORBE MED ENOTAMI AMERIŠKEGA MERSKEGA SISTEMA

Dolžina			
1 in	=	1/12 ft	= 1/36 yd
1 ft	=	12 in	= 1/3 yd
1 yd	=	36 in	= 3 ft
1 mi	=	1760 yd	= 5280 ft
1 London mile	=	5000 ft	
1 navtična milja	=	6076.11549 ft	

Površina			
1 in ²	=	1/144 ft ²	= 1/1296 yd ²
1 ft ²	=	144 in ²	= 1/9 ft ²
1 yd ²	=	1296 in ²	= 9 ft ²
1 rod ²	=	30.25 yd ²	
1 acre	=	160 rod ²	= 4840 yd ²
1 mi ²	=	640 acres	

Prostornina			
1 ft ³	=	1728 in ³	
1 yd ³	=	27 ft ³	
Tekočine			
1 fl oz	=	8 fl dr	= 1.804 in ³
1 pt	=	16 fl oz	
1 qt	=	2 pt	= 57.75 in ³
1 gal	=	4 qt	= 231 in ³
1 barrel	=	31.5 gal	
Sipke snovi			
1 dry qt	=	2 dry pt	= 67.2 in ³
1 peck	=	8 dry qt	
1 bushel	=	4 pecks	= 2150.42 in ³

Teža			
1 dr	=	27.343 gr (ga)	
1 oz	=	437.5 gr (ga)	
1 lb	=	16 oz	= 7000 gr (ga)
1 short ton	=	2000 lb	
1 long ton	=	2240 lb	

15. PRETVORBA MED SI IN AMERIŠKIM SISTEMOM ENOT

Dožina			
1mm =	0.03937 in	1in =	25.4 mm
1cm =	0.39370 in	1in =	2.54 cm
1cm =	0.32808 ft	1ft =	30.48 cm
1m =	3.2808 ft	1ft =	0.3048 m
1m =	1.0936 yd	1yd =	0.9144 m
1km =	0.6215 mi	1mi =	1.609 km
1km =	0.5399 nmi	1nmi =	1.852 km

Površina			
1mm ² =	0.00155 in ²	1in ² =	645.16 mm ²
1cm ² =	0.15500 in ²	1in ² =	6.4516 mm ²
1cm ² =	0.00107 ft ²	1ft ² =	929.03 cm ²
1m ² =	10.7642 ft ²	1ft ² =	0.0929 ft ²
1cm ² =	0.00012 yd ²	1yd ² =	8361.3 cm ²
1m ² =	1.19598 yd ²	1yd ² =	0.83613 m ²
1km ² =	0.39062 mi ²	1mi ² =	2.59 km ²

Teža			
1g =	15.4321 gr (ga)	1gr (ga) =	0.0648 g
1g =	0.03527 oz	1oz =	28.349 g
1g =	0.00220 lb	1lb =	453.59 g
1kg =	2.20463 lb	1lb =	0.45359 kg
1t =	1.10253 short ton	1short ton =	0.907 t
1t =	0.98425 long ton	1long ton =	1.016 t

Volumen			
1mm ³ =	0.00006 in ³	1in ³ =	16387.064 mm ³
1cm ³ =	0.06102 in ³	1in ³ =	16.387 cm ³
1m ³ =	35.3157 ft ³	1ft ³ =	0.028316 m ³
1m ³ =	1.30795 yd ³	1yd ³ =	0.764555 m ³
1ml =	0.06102 in ³	1in ³ =	16.387 ml
1ml =	0.03382 fl oz	1fl oz =	29.57 ml
1ml =	0.00211 pt	1pt =	473 ml
1ml =	0.00106 qt	1qt =	946.333 ml
1l =	0.03531 ft ³	1ft ³ =	28.32 l
1l =	1.05674 qt	1qt =	0.9463 l
1l =	0.26420 gal	1gal =	3.785 l
1l =	0.90826 dry qt	1dry qt =	1.101 l
1l =	0.11352 peck	1peck =	8.809 l
1l =	0.02838 bushel	1bushel =	35.238 l

16. AMERIŠKE IN ANGLEŠKE OZNAKE ŽIC

AWG - American Wire Gauge

BWG - Birmingham Wire Gauge

ISWG - Imperial Standard Wire Gauge (SWG)

Oznaka	AWG premer		BWG premer		ISWG premer	
	in	mm	in	mm	in	mm
0000	0.460	11.68	0.454	11.53	0.400	10.16
000	0.409	10.41	0.425	10.80	0.372	9.45
00	0.365	9.27	0.380	9.65	0.348	8.84
0	0.325	8.25	0.340	8.64	0.324	8.23
1	0.289	7.35	0.300	7.62	0.300	7.62
2	0.258	6.54	0.283	7.21	0.276	7.01
3	0.229	5.83	0.259	6.58	0.252	6.40
4	0.204	5.19	0.238	6.05	0.232	5.89
5	0.182	4.62	0.220	5.59	0.212	5.38
6	0.162	4.11	0.203	5.16	0.192	4.88
7	0.144	3.66	0.179	4.57	0.176	4.47
8	0.128	3.26	0.164	4.19	0.160	4.06
9	0.114	2.90	0.147	3.76	0.144	3.66
10	0.102	2.59	0.134	3.40	0.128	3.25
11	0.091	2.30	0.120	3.05	0.116	2.95
12	0.081	2.05	0.109	2.77	0.104	2.64
13	0.072	1.83	0.095	2.41	0.092	2.34
14	0.064	1.63	0.083	2.11	0.081	2.03
15	0.057	1.45	0.072	1.83	0.072	1.83
16	0.051	1.29	0.065	1.65	0.064	1.63
17	0.045	1.15	0.058	1.47	0.056	1.42
18	0.040	1.02	0.049	1.24	0.048	1.22
19	0.036	0.91	0.042	1.07	0.040	1.02
20	0.032	0.81	0.035	0.89	0.036	0.92
21	0.028	0.72	0.031	0.81	0.032	0.81
22	0.025	0.64	0.028	0.71	0.028	0.71

Oznaka	AWG premer		BWG premer		ISWG premer	
	in	mm	in	mm	in	mm
23	0.023	0.57	0.025	0.64	0.024	0.61
24	0.020	0.51	0.023	0.56	0.023	0.56
25	0.018	0.45	0.020	0.51	0.020	0.51
26	0.016	0.40	0.018	0.46	0.018	0.46
27	0.014	0.36	0.016	0.41	0.016	0.41
28	0.013	0.32	0.0135	0.356	0.014	0.36
29	0.011	0.29	0.0130	0.330	0.013	0.33
30	0.010	0.25	0.0120	0.305	0.012	0.305
31	0.009	0.23	0.0100	0.254	0.011	0.290
32	0.008	0.20	0.0090	0.229	0.0106	0.270
33	0.007	0.18	0.0080	0.201	0.0100	0.254
34	0.0063	0.16	0.0070	0.178	0.0090	0.229
35	0.0056	0.14	0.005	0.127	0.0080	0.203
36	0.0050	0.13	0.004	0.102	0.0070	0.178
37	0.0044	0.11	-	-	0.0067	0.170
38	0.0040	0.10	-	-	0.0060	0.150
39	0.0035	0.09	-	-	0.0050	0.127
40	0.0031	0.08	-	-	0.0047	0.120

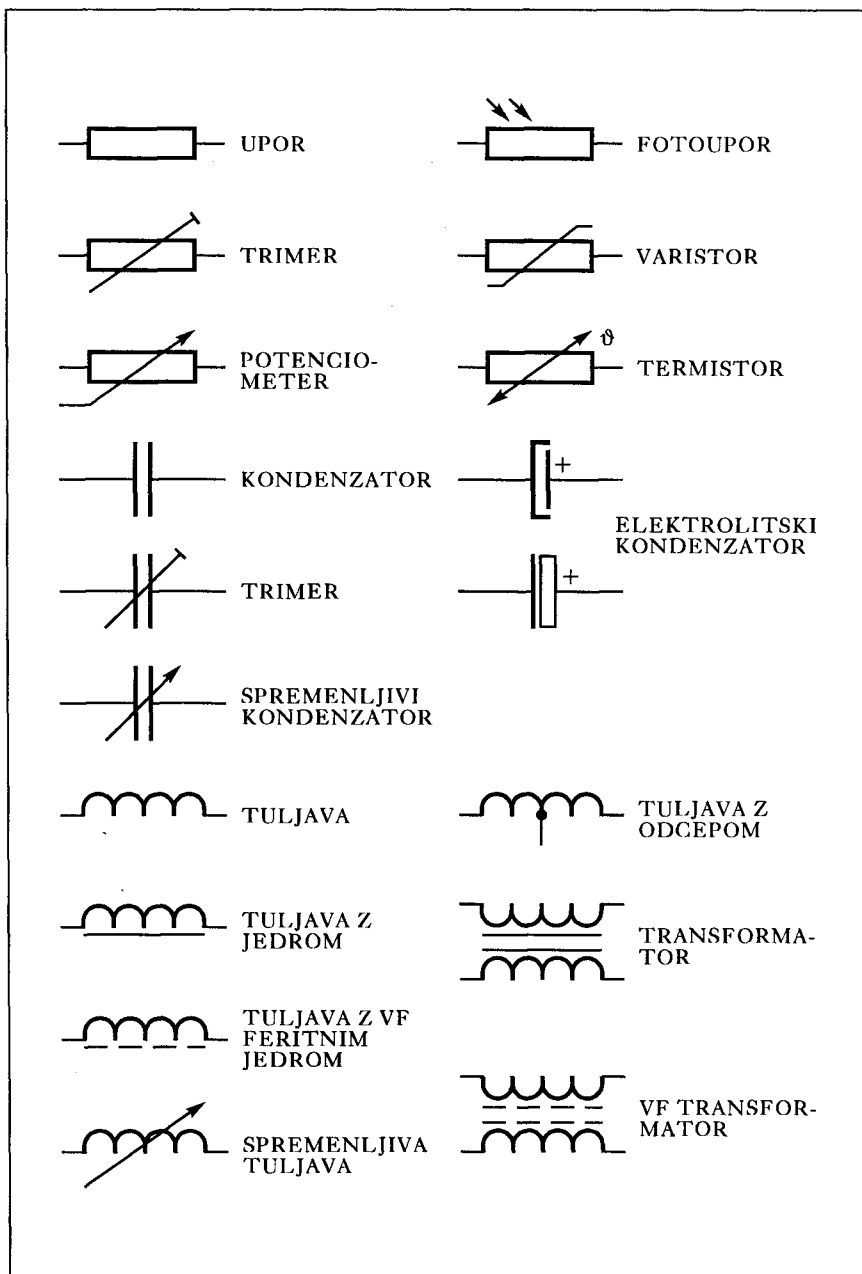
17. SPECIFIČNA UPORNOST IN TEMPERATURNI KOEFICIENTI

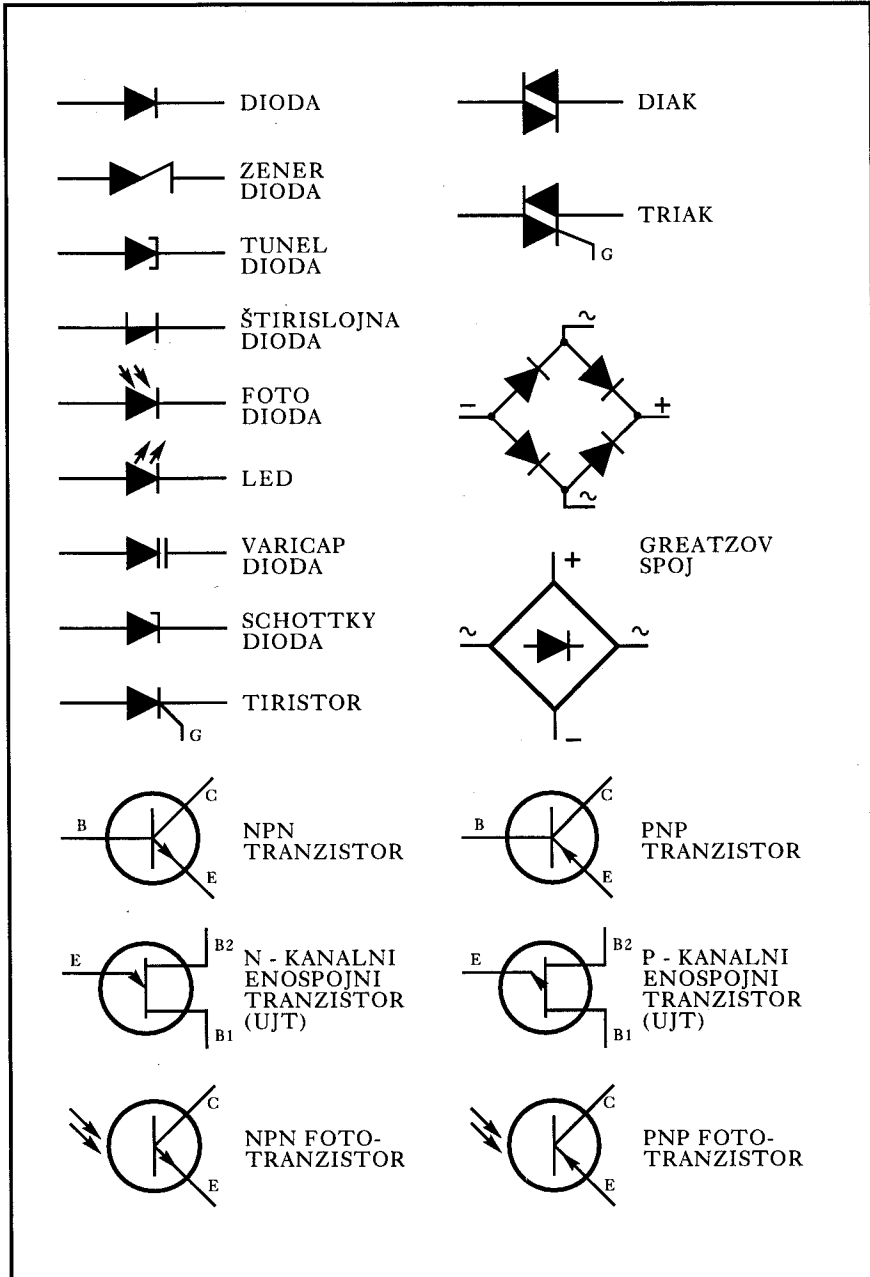
Material	Specifična upornost (ρ) v $\Omega\text{mm}^2\text{m}^{-1}$	Temperaturni koeficient (α)
Srebro	0.01600	0.00400
Baker	0.01800	0.00440
Zlato	0.02300	-
Aluminij	0.02700	0.00420
Molibden	0.05700	-
Volfram	0.05480	0.00560
Cink	0.05920	0.00370
Nikel	0.07230	-
Jeklo	0.09200	0.00620
Medenina	0.07700	0.00200
Kositer	0.14000	0.00400
Železo	0.14000	0.00240
Svinec	0.23000	0.00410
Nikelin	0.40000	0.00030
Manganin	0.04300	0.00045
Konstantan	0.49000	0.00003
Sivi liv	0.45000	-
Krom-nikel	1.05000	0.00011
Polietilen	$10^{17} - 10^{18}$	-
Polivinilklorid (PVC)	$5 \cdot 10^5$	-
Porcelan	$5 \cdot 10^{16}$	-
Ebonit	$10^{16} - 10^{17}$	-
Oglje	-	-0.0005
Razstopine soli	-	-0.0250
Razstopine kislin	-	-0.0250

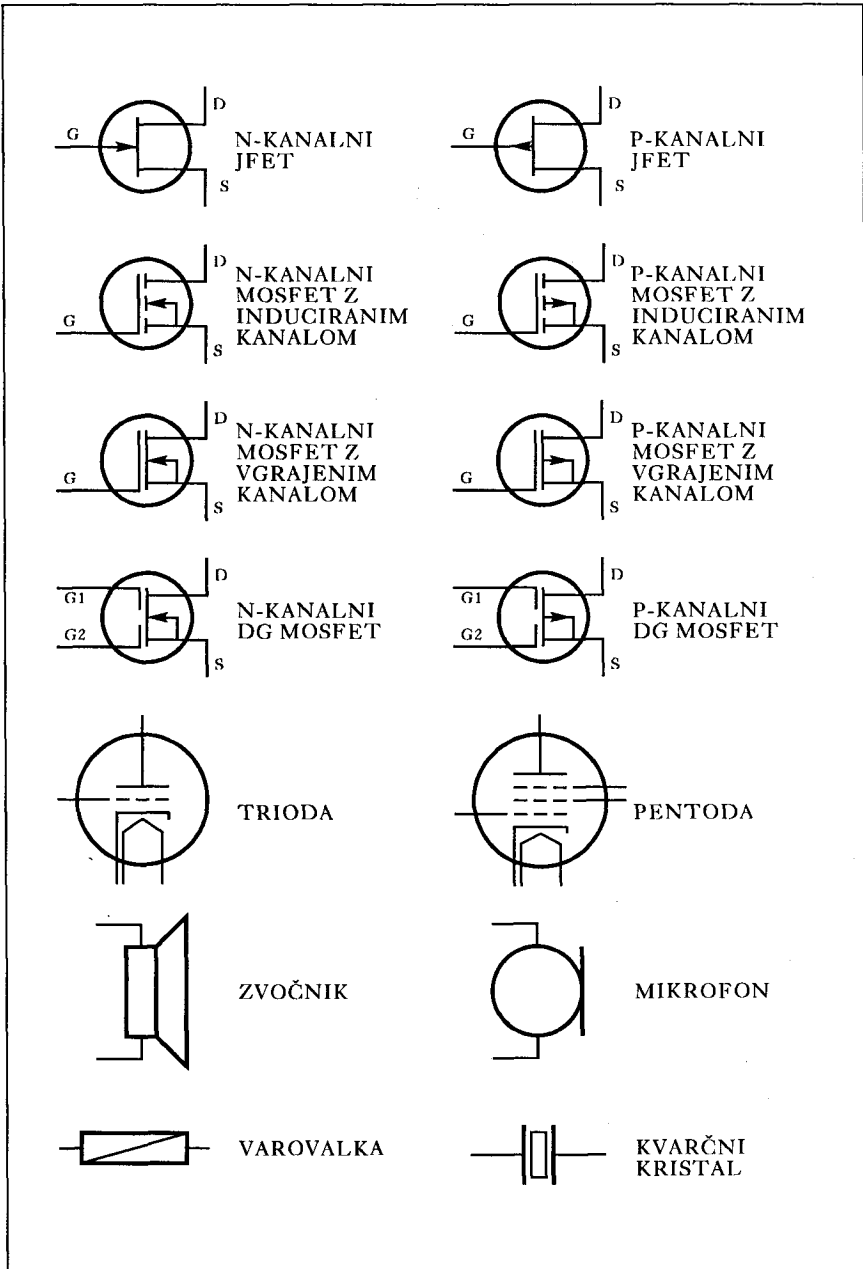
**18. RELATIVNA DIELEKTRIČNA KONSTANTA IN
PREBOJNE NAPETOSTI**

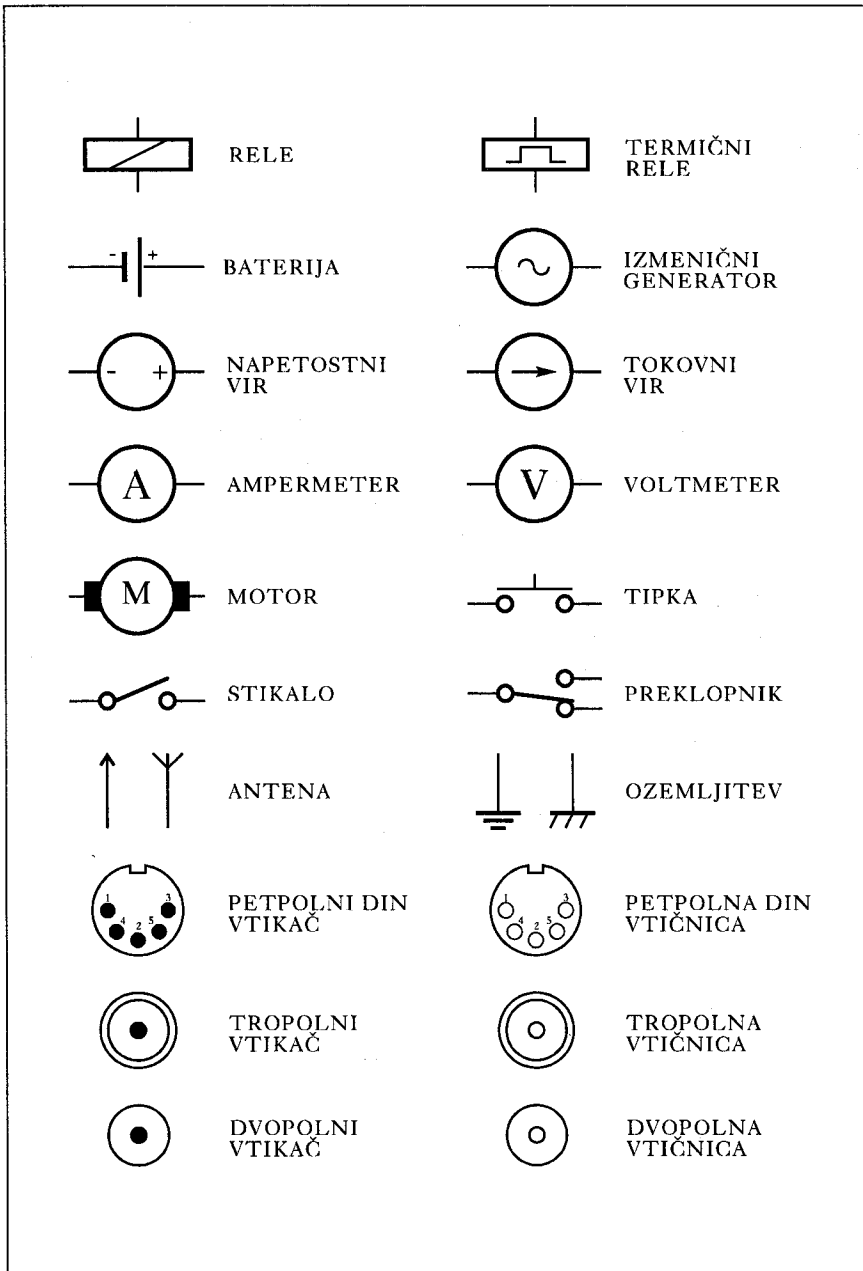
Material	Relativna dielektrična konstanta - ϵ	Prebojna napetost kV/mm
Zrak	1.0	3
Bakelit	4.5 - 5.4	12
Celulozni acetat	3.3 - 3.9	10 - 24
Amorfni kvarc	3.8	40
Mikaleks	7.4	10
Papir	3.0	8
Pleksi	2.8	40
Polietilen	2.3	48
Polistirol	2.6	20 - 28
Porcelan	5.1 - 5.9	1.6 - 4
Steklo (okensko)	7.6 - 8.0	8 - 10
Steatit	5.8	6 - 12
Teflon	2.1	40 - 80
Sljuda	4.0 - 7.5	120 - 240

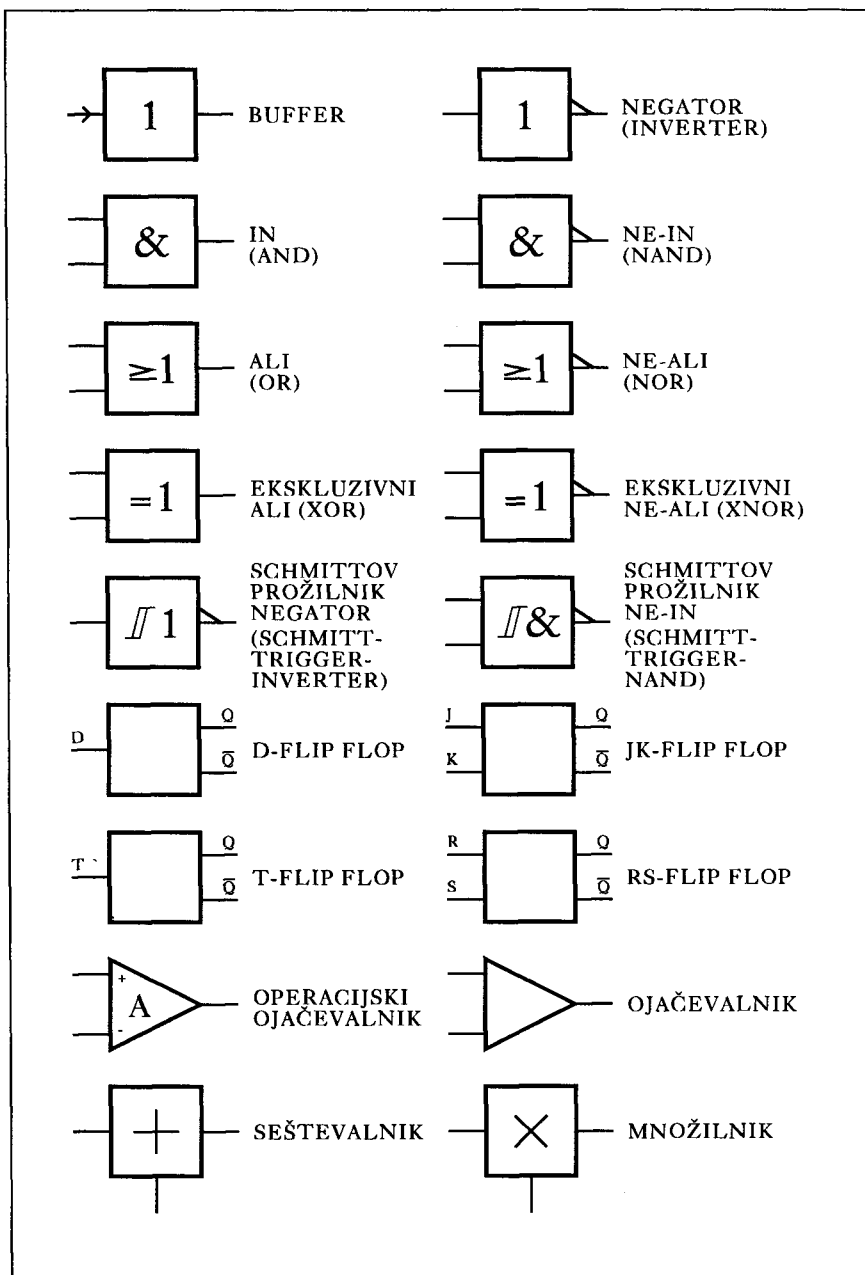
19. ELEKTROTEHNIČNI SIMBOLI

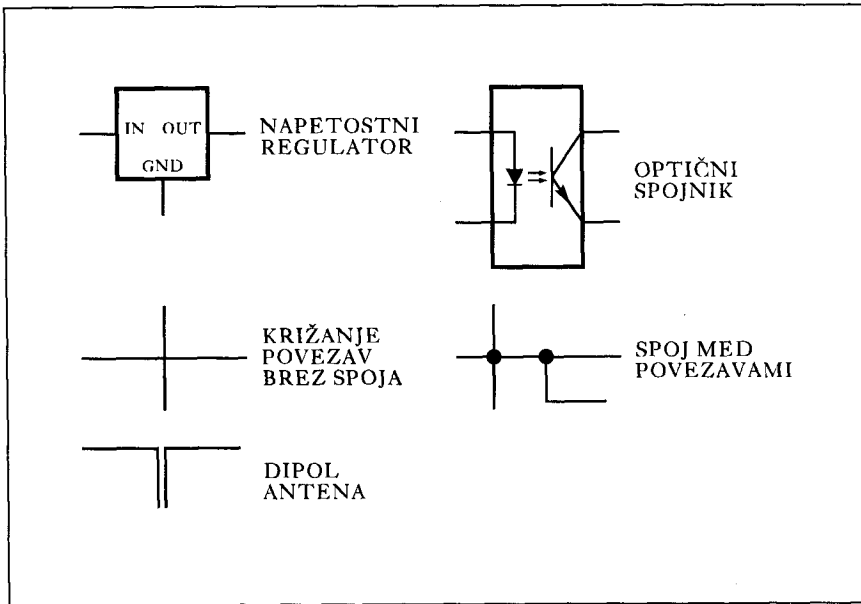












20. LESTVICA STANDARDNIH VREDNOSTI UPOROV IN KONDENZATORJEV

TOLERANCA					
20%	10%	5%	2%	1%	
RAZRED					
E6	E12	E24	E48	E96	
1.0	1.0	1.0	1.00	1.00	
				1.02	
			1.05	1.05	
		1.07			
		1.1	1.10	1.10	
				1.13	
			1.15	1.15	
		1.18	1.2	1.21	1.21
					1.24
	1.27			1.27	
	1.30	1.3	1.33	1.33	
				1.37	
			1.40	1.40	
	1.43	1.5	1.5	1.47	1.47
					1.50
				1.54	1.54
	1.58	1.6	1.62	1.62	
				1.65	
1.69			1.69		
1.74	1.8	1.78	1.78		
			1.82		
		1.87	1.87		
1.91	2.0	1.96	1.96		
			2.00		
		2.05	2.05		
2.10					

TOLERANCA					
20%	10%	5%	2%	1%	
RAZRED					
E6	E12	E24	E48	E96	
2.2	2.2	2.2	2.15	2.15	
				2.21	
			2.26	2.26	
		2.32			
		2.4	2.37	2.37	
				2.43	
			2.49	2.49	
		2.55	2.7	2.7	2.61
					2.67
	2.74			2.74	
	2.80	3.0	2.87	2.87	
				2.94	
			3.01	3.01	
	3.09	3.3	3.3	3.16	3.16
					3.24
				3.32	3.32
	3.40	3.6	3.48	3.48	
				3.57	
3.65			3.65		
3.74	3.9	3.83	3.83		
			3.92		
		4.02	4.02		
4.12	4.3	4.22	4.22		
			4.32		
		4.42	4.42		
4.53					

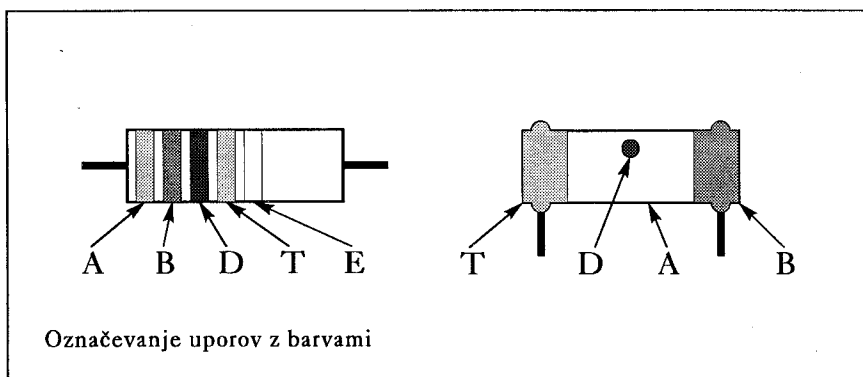
TOLERANCA				
20%	10%	.5%	2%	1%
RAZRED				
E6	E12	E24	E48	E96
4.7	4.7	4.7	4.64	4.64
				4.75
			4.87	4.87
		4.99		
		5.1	5.11	5.11
				5.23
	5.36			
	5.36		5.36	
			5.49	
			5.62	
	5.6	5.62	5.62	
			5.76	
			5.90	
		5.90	5.90	
			6.04	
6.19				
6.2	6.19	6.19		
		6.34		
		6.49		
	6.49	6.49		
		6.65		
		6.81		
6.8	6.8	6.8	6.81	6.81
				6.98
			7.15	7.15
		7.32		
		7.5	7.50	7.50
				7.68
	7.87			
	7.87		7.87	
			8.06	
			8.25	
	8.2	8.25	8.25	
			8.45	
			8.66	
		8.66	8.66	
			8.87	
9.09				
9.1	9.09	9.09		
		9.31		
		9.53		
	9.53	9.53		
		9.76		

21. OZNAČEVANJE UPOROV Z BARVAMI

Pomen barv pri označevanju uporov z barvami.

Barva	Cifra A,B,C	Množitelj D	Toleranca T	Sprememba upornosti E
Črna	0	1	-	-
Rjava	1	10	1%	1%
Rdeča	2	10 ²	2%	0.1%
Oranžna	3	10 ³	-	0.01%
Rumena	4	10 ⁴	-	0.001%
Zelena	5	10 ⁵	0.5%	-
Modra	6	10 ⁶	0.25%	-
Vijolična	7	10 ⁷	0.1%	-
Siva	8	10 ⁸	0.05%	-
Bela	9	10 ⁹	-	-
Zlata	-	10 ⁻¹	5%	-
Srebrna	-	10 ⁻²	10%	-
Brez barve	-	-	20%	-

Sprememba upornosti E, nam pove relativno spremembo upornosti v 1000 urah obratovanja.



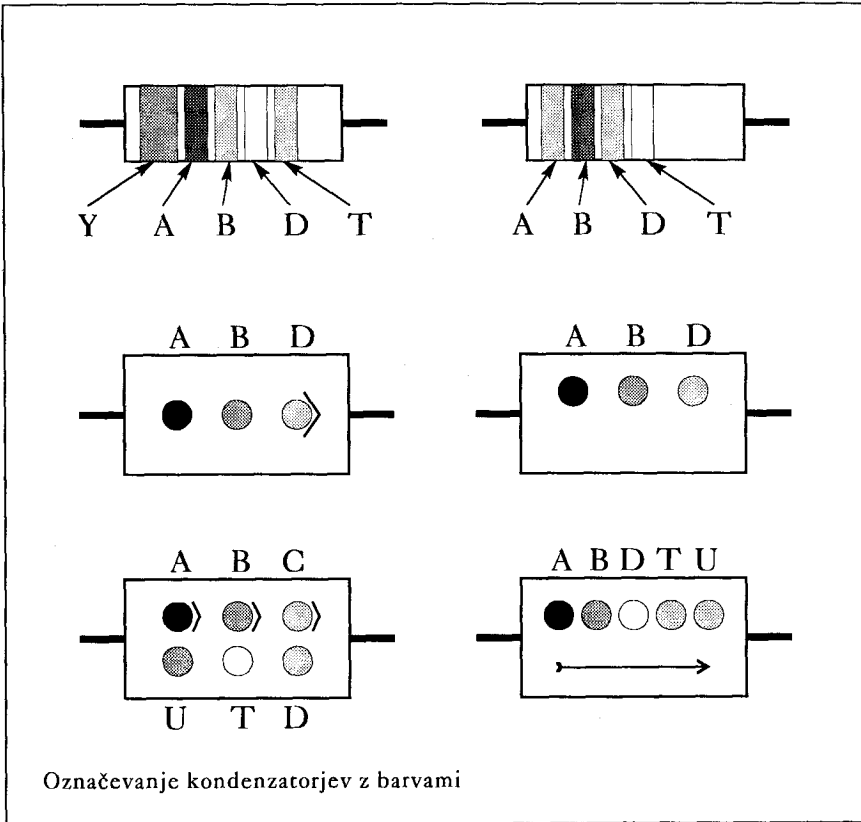
22. OZNAČEVANJE KONDENZATORJEV

OZNAČEVANJE KONDENZATORJEV Z BARVAMI

Barva	Cifra A,B,C	Množitelj D	Toleranca (%) T	Napetost (V) U
Črna	0	1	-	-
Rjava	1	10	1	100
Rdeča	2	10 ²	2	200
Oranžna	3	10 ³	3	300
Rumena	4	10 ⁴	4	400
Zelena	5	10 ⁵	5	500
Modra	6	10 ⁶	6	600
Vijolična	7	10 ⁷	7	700
Siva	8	10 ⁸	8	800
Bela	9	10 ⁹	9	900
Zlata	-	10 ⁻¹	-	1000
Srebrna	-	10 ⁻²	-	2000
Brez barve	-	-	-	500

OZNAČEVANJE KERAMIČNIH KONDENZATORJEV Z BARVAMI

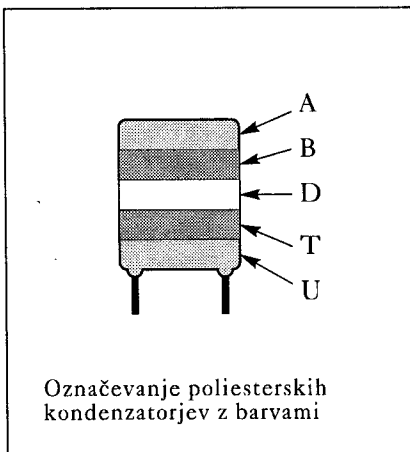
Barva	Cifra A,B	Množitelj D	Toleranca T		Temperaturni koeficient 10 ⁻⁶ /°C Y
			>10pF	<10pf	
Črna	0	1	±20%	2.0pF	0
Rjava	1	10	±1%	-	-30
Rdeča	2	10 ²	±2%	-	-80
Oranžna	3	10 ³	-	-	-150
Rumena	4	-	-	-	-220
Zelena	5	-	±5%	0.5pF	-330
Modra	6	-	-	-	-470
Vijolična	7	-	-	-	-750
Siva	8	10 ⁻²	-	0.25pF	+30
Bela	9	10 ⁻¹	±10%	1.0pF	+500



Kapacitivnosti so podane v pikofaradih (pF).

OZNAČEVANJE POLIESTERSKIH KONDENZATORJEV Z BARVAMI

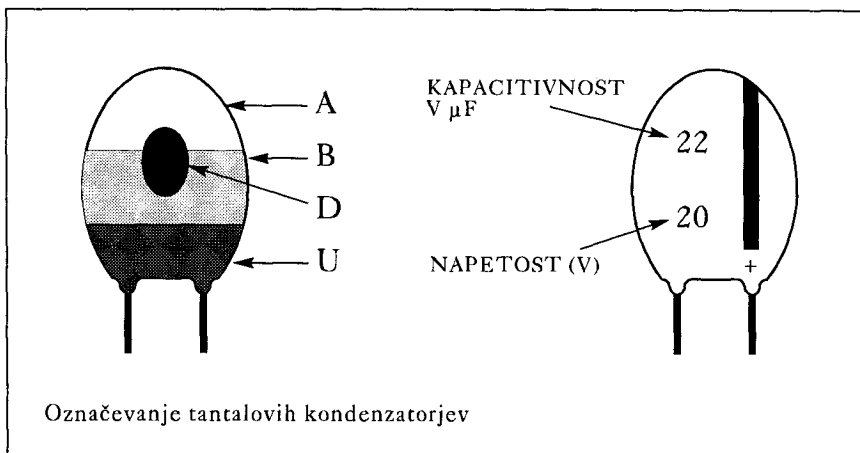
Barva	Cifra A,B	Množitelj D	Toleranca T	Napetost (V) U
Črna	0	1	±20%	100
Rjava	1	10	-	-
Rdeča	2	10 ²	-	250
Oranžna	3	10 ³	-	-
Rumena	4	10 ⁴	-	400
Zelena	5	10 ⁵	±5%	-
Modra	6	10 ⁶	-	-
Vijolična	7	10 ⁷	-	-
Siva	8	10 ⁸	-	-
Bela	9	10 ⁹	±10%	-
Zlata	-	10 ⁻¹	-	-
Srebrna	-	10 ⁻²	-	-
Brez barve	-	-	-	-



Kapacitivnosti so podane v pikofaradih (pF).

OZNAČEVANJE TANTALOVIH KONDENZATORJEV Z BARVAMI

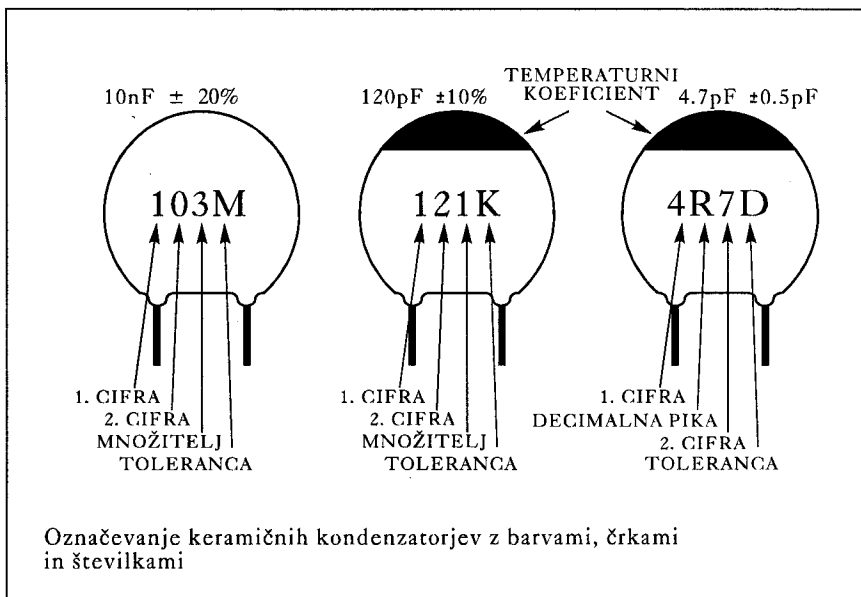
Barva	Cifra A,B	Množitelj D	Napetost (V) U
Črna	0	1	10
Rjava	1	10	-
Rdeča	2	100	-
Oranžna	3	-	-
Rumena	4	-	6.3
Zelena	5	-	16
Modra	6	-	20
Vijolična	7	-	-
Siva	8	0.01	25
Bela	9	0.1	3
Roza	-	-	35



Kapacitivnosti so podane v mikrofaradih (μ F).

OZNAČEVANJE KERAMIČNIH KONDENZATORJEV S ČRKAMI, ŠTEVILKAMI IN BARVAMI

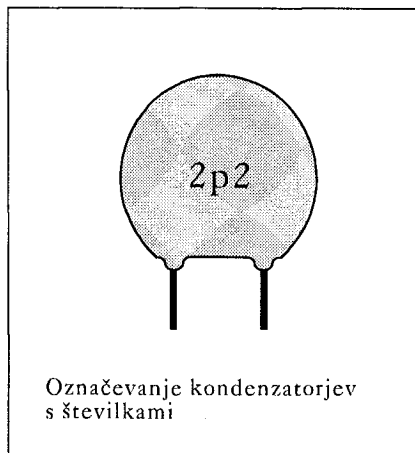
MNOŽITELJ		TOLERANCA			TEMPERATURNI KOEFICIENT	
Številka	Množitelj	Črka	<10pF	>10pF	Barva	Koeficient
0	1	B	$\pm 0.1\text{pF}$	-	Črna	NP0
1	10	C	$\pm 0.25\text{pF}$	-	Rjava	N030/N033
2	100	D	$\pm 0.5\text{pF}$	-	Rdeča	N075/N080
3	1000	E	-	$\pm 25\%$	Oranžna	N150
4	10000	F	$\pm 1\text{pF}$	$\pm 1\%$	Rumena	N220
-	-	G	-	$\pm 2\%$	Zelena	N330
-	-	H	-	$\pm 2.5\%$	Modra	N470
-	-	J	-	$\pm 5\%$	Vijolična	N750
-	-	K	-	$\pm 10\%$	Bela	P100
-	-	M	-	$\pm 20\%$	Rdeča in vijolična	P100
-	-	P	-	-0+100%	-	-
-	-	S	-	-20+50%	-	-
-	-	W	-	-0+200%	-	-
-	-	X	-	-20+40%	-	-
-	-	Z	-	-20+80%	-	-



Kapacitivnosti so podane v pikofaradih (pF)

OZNAČEVANJE KERAMIČNIH KONDENZATORJEV S ŠTEVILKAMI

pf	Oznaka	pF	Oznaka	pf	Oznaka	pf	Oznaka
0.68	p68	3.3	3p3	15	15p	68	68p
0.82	p82	3.9	3p9	18	18p	82	82p
1.0	1p0	4.7	4p7	22	22p	100	n10
1.2	1p2	5.6	5p6	27	27p	120	n12
1.5	1p5	6.8	6p8	33	33p	150	n15
1.8	1p8	8.2	8p2	39	39p	180	n18
2.2	2p2	10	10p	47	47p	220	n22
2.7	2p7	12	12p	56	56p	270	n27



23. KOAKSIALNI KABLI

VRSTA IZOLACIJE

Naziv	Oznaka	Relativna dielektrična konstanta	Skrajševalni faktor	Temperaturno območje (°C)
Polietilen	PE	2.3	0.66	-50 do +80
Penasti polietilen	PES	1.5	0.82	-50 do +80
Poleitelen z zračnimi prostori		1.35	0.86	-40 do + 80
Teflon	PTFE	2.1	0.69	-250 do +250

OSNOVNI PODATKI O NEKATERIH KOAKSIALNIH VODIH

Oznaka	Z ₀ (Ω)	v _r (%)	C pF/m	Dielektrik	Premer (mm)	Napetost (U _{ef})
RG-6	75±3	75	61	PES	6.9	-
RG-8	50±2	66	97	PE	10.3	4000
RG-11	75±3	66	68	PE	10.3	5000
RG-12	75±3	66	68	PE	12.5	5000
RG-34	75±3	66	68	PE	16.0	6500
RG-58	50±2	66	101	PE	5.0	1900
RG-59	75±3	66	68	PE	6.2	2900
RG-141	50±2	70	96	PTFE	5.0	1900
RG-142	50±2	70	96	PTFE	5.3	1900
RG-164	75±3	66	68	PE	22.1	10000
RG-174	50±2	66	101	PE	2.8	1500
RG-213	50±2	66	101	PE	10.3	5000
RG-214	50±2	66	101	PE	10.8	5000
RG-215	50±2	66	101	PE	12.5	5000
RG-216	75±3	66	68	PE	10.8	5000
RG-217	50±2	66	101	PE	13.8	7000
RG-218	50±2	66	101	PE	22.1	11000
RG-219	50±2	66	101	PE	24.3	11000
RG-220	50±2	66	101	PE	28.4	14000
RG-223	50±2	66	101	PE	5.3	1900
HCF-1/2"	50±2	75	85	PES	13.5	2300
CF-1/2"	50±2	75	85	PES	13.5	-
CF-3/4"	50±2	75	85	PES	23.5	-
AIRCOM	50±2	80	84		10.8	-

24. MONTAŽA KOAKSIALNIH KONEKTORJEV

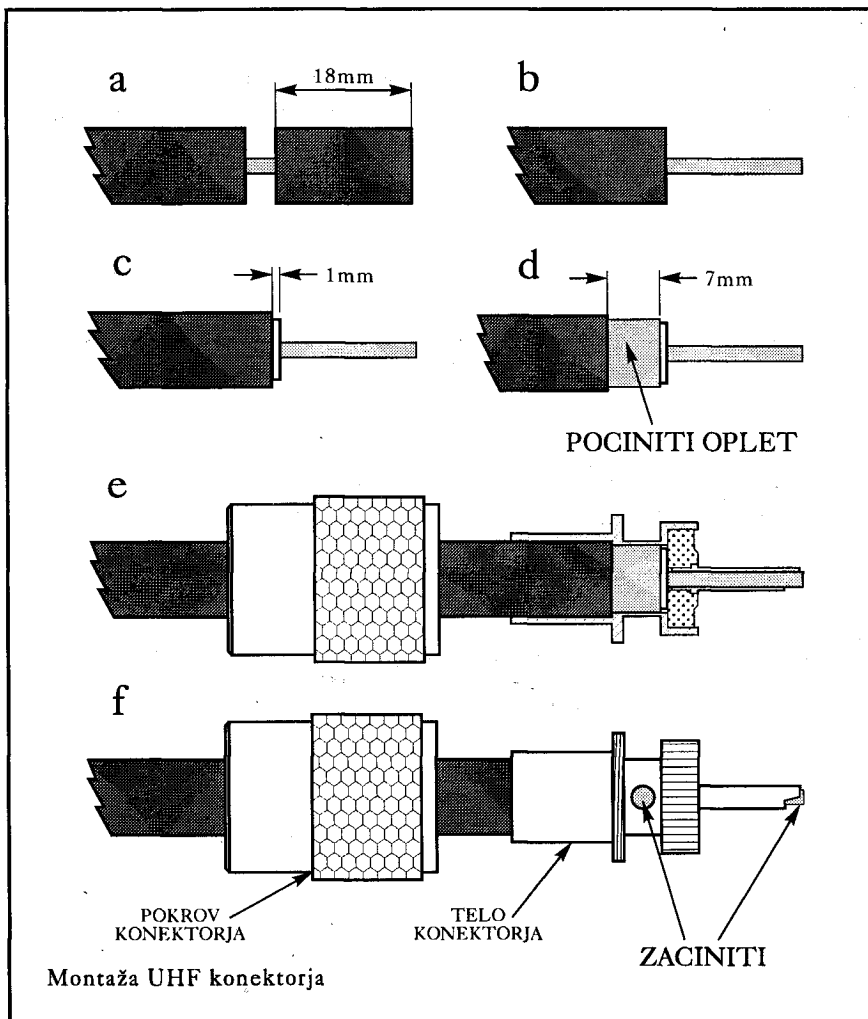
Slabo montiran antenski konektor nam lahko povzroči precej težav. Slabi spoji so lahko vzrok za nastanek motenj; skozi konektor, ki ni kvalitetno nameščen in ustrezno zaščiten, lahko v koaksialni vod pride voda; zaradi nepazljivosti lahko v konektorju pride do stika med srednjo žilo in opletom in še bi lahko naštevali.

Kot pri vsaki stvari je tudi za montažo konektorja potrebno nekaj spretnosti. Prvič je malo težje, nato postane vse skupaj rutinsko opravilo, ki pa ga moramo kljub vsemu skrbno opraviti. Da bi bili začetki enostavnejši, si bomo v nadaljevanju ogledali montažo najpogostejših tipov konektorjev.

PL-259 ALI UHF KONEKTOR

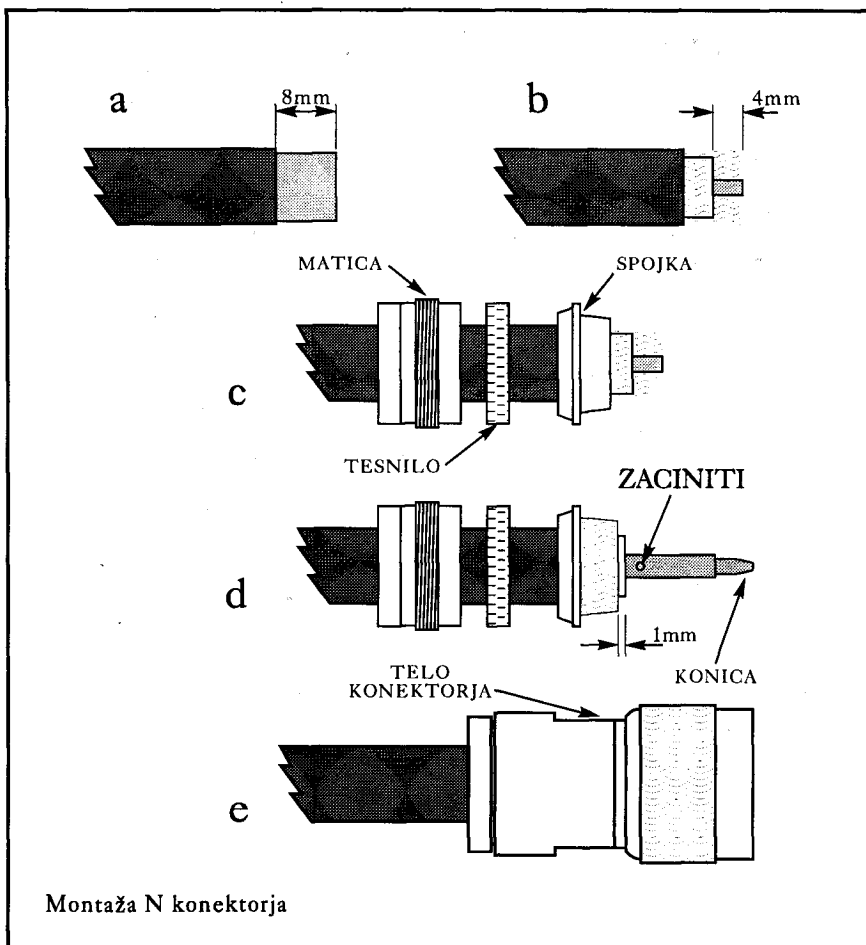
PL-259 je najbolj razširjen v radioamaterski praksi. Uporablja se predvsem na KV področjih, do neke mere pa tudi na UKV. Namenjen je koaksialnim vodom debeline 10-11mm (RG-8, RG-213 ...), s posebnim dodatkom pa tudi vodom debeline 6mm (RG-58). Potek montaže je opisan v naslednjih točkah.

- a) Z nožem zarezimo 18mm od konca kabla tako, da prerežemo zunanjo izolacijo, oplet in dielektrik okoli srednje žile, katere ne smemo poškodovati.
- b) Odstranimo odrezani del. Če je srednja žila sestavljena (zvita) iz več tanjših žičk, pazimo, da jih ne potrgamo ali razpletemo.
- c) Odrežemo 1mm zunanje izolacije in opleta. Pazimo, da ne poškodujemo dielektrika, ki obdaja srednjo žilo.
- d) Odstranimo zunanjo izolacijo v dolžini 7mm. Pazimo, da ne prerežemo ali razpletemo opleta. Oplet in srednjo žilo kabla pospajkamo.
- e) Predno na kabel namestimo konektor, pobrusimo ali povrtamo štiri odprtine na telesu konektorja, ki služijo za spajkanje opleta. S tem dosežemo, da se bo cin hitreje in lepše prijel kovine. Če še nismo, potem je sedaj zadnji čas, da na vod namestimo pokrov konektorja. Ko bomo telo konektorja namestili, bo prepozno! Preverimo tudi, da ni katera od tankih žičk, ki sestavljajo oplet, slučajno na takem mestu, kjer bi lahko prišla v stik z srednjo žilo. Na vod privijemo telo konektorja.
- f) Oplet prispojamo skozi štiri odprtine (nekateri konektorji imajo le dve). Spajkalnik naj ima moč okoli 60W in primerno debelo konico. Spajkamo hitro, da ne pregrejemo izolacije. Sledi še spajkanje srednje žile. V primeru, da preveč gleda iz konektorja, jo skrajšamo. Pri spajkanju pazimo, da nam cin ne steče v konektor, ker lahko povzroči stik med srednjo žilo in opletom. Zaradi tega konektor raje držimo vodoravno.



N KONEKTOR

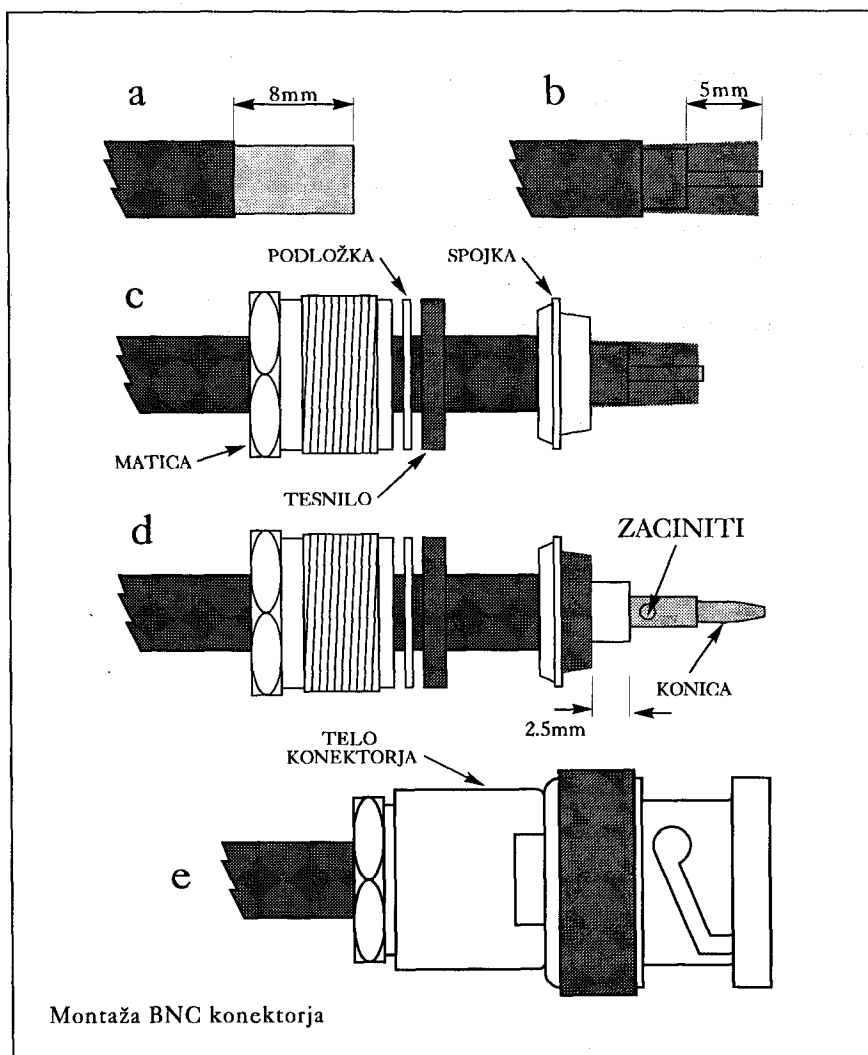
Konektorjev N je več vrst. Med seboj se nekoliko razlikujejo po mehanski zgradbi. Princip sestavljanja je za vse podoben. N konektorji se uporabljajo predvsem na UKV in višjih frekvenčnih področjih. Slika prikazuje namestitev N konektorja namenjenega kablom premera 10-11mm.



- a) Odstranimo 8mm dolg kos zunanje izolacije. Pazimo, da ne prerežemo opleta.
- b) Oplet pazljivo razpletemo. Odrežemo 4mm dielektrika, ki obdaja srednjo žilo. Pazimo, da ne poškodujemo žile.
- c) Na koaksialni vod po vrsti namestimo matico, tesnilo in spojko. Spojka ima odprtino, ki je ravno dovolj velika, da gre skozi kabel brez zunanje izolacije.
- d) Oplet zavijemo nazaj in ga enakomerno razporedimo preko spojke. Če so žičke predolge, jih postrizemo. To najlepše opravimo z škarjicami za nohte. Če smo spojko in oplet pravilno namestili, mora ostati 1mm prostega dielektrika. Po potrebi skrajšamo srednjo žilo, jo pospajkamo in namestimo konico konektorja. Ta se mora dotikati dielektrika. Konico prispajkamo. Da lahko dodajamo cin, je na konici majhna luknjica. Spajkamo hitro, z dovolj močnim spajkalnikom. Pazimo, da ne pregrejemo dielektrika. S konice odstranimo eventuelne ostanke cina. To najlepše naredimo z ostrim nožem (pazite na prste) ali z pilico. Preverimo, če ni kje ostala tanka žička iz opleta, ki bi lahko naredila kratek stik.
- e) Na tako pripravljen kabel namestimo telo konektorja. Spojka mora sestiti na dno konektorja. Namestimo tesnilo in privijemo matico. Na začetku naredimo to z rokami, nato si pomagamo z dvema viličastima ključema primernih dimenzij (16-17mm).

BNC KONEKTOR

V radioamaterski praksi BNC konektor srečamo predvsem v povezavi s koaksialnim vodom tipa RG-58. Princip montaže je dokaj podoben N konektorju, le dimenzije so ustrezno manjše. Spodnja slika prikazuje montažo BNC konektorja, ki jo lahko opišemo v nekaj točkah.



- a) Odstranimo zunanjo izolacijo v dolžini 8mm. Pazimo, da ne poškodujemo opleta.
- b) Oplet previdno razpletemo. Odstranimo 5mm dielektrika. Pazimo na srednjo žilo, saj je sestavljena iz tankih žičk, ki jih hitro lahko prerežemo.
- c) Na vod po vrsti namestimo: matico, podložko, tesnilo in spojko. Spojka zdrsne na kabel le do mesta, kjer smo odrezali zunanjo PVC zaščito.
- d) Oplet zavijamo nazaj in ga enakomerno razporedimo preko spojke. V primeru da je predolg, ga porežemo. Približno 2.5mm dielektrika nam tako ostane prostega. Po potrebi skrajšamo srednjo žilo in namestimo konico, ki se mora dotikati dielektrika. Konico pricinimo; cin dodajamo skozi luknjico ob strani konice. Vendar pozor - tu je še posebno pomembno, da spajkamo hitro, saj je dielektrik tenak, zato se hitro pregreje in s tem deformira. S konice odstranimo eventuelne ostanke odvečnega cina. To storimo z nožem ali pilico.
- e) Namestimo telo konektorja. Spojka mora sestiti na dno konektorja. Namestimo tesnilo in podložko ter privijemo matico. Vse skupaj pritegnemo s pomočjo dveh viličastih ključev ustreznih dimenzij (11-12mm).

25. NAPETOST IN MOČ NA 50Ω BREMENU

NAPETOST			MOČ	
U_{ef}	U_{v-v}	dBmV	P	dBm
0.01 μ V	0.0283 μ V	-100.00	2 aW	-147.0
0.02 μ V	0.0566 μ V	-93.98	8 aW	-141.0
0.04 μ V	0.1131 μ V	-87.96	32 aW	-134.9
0.08 μ V	0.2262 μ V	-81.94	128 aW	-128.9
0.1 μ V	0.2828 μ V	-80.00	200 aW	-127.0
0.2 μ V	0.5656 μ V	-73.98	800 aW	-121.0
0.4 μ V	1.131 μ V	-67.96	3.2 fW	-114.9
0.8 μ V	2.262 μ V	-61.94	12.8 fW	-108.9
1.0 μ V	2.828 μ V	-60.00	20.0 fW	-107.0
2.0 μ V	5.657 μ V	-53.98	80.0 fW	-101.0
4.0 μ V	11.31 μ V	-47.96	320.0 fW	-94.95
8.0 μ V	22.63 μ V	-41.96	1.28 pW	-88.93
10.0 μ V	28.28 μ V	-40.00	2.0 pW	-86.99
20.0 μ V	56.57 μ V	-33.98	8.0 pW	-80.97
40.0 μ V	113.1 μ V	-27.96	32.0 pW	-74.95
80.0 μ V	226.3 μ V	-21.94	128.0 pW	-68.93
100.0 μ V	282.8 μ V	-20.00	200.0 pW	-66.99
200.0 μ V	565.7 μ V	-13.98	800.0 pW	-60.97
400.0 μ V	1.131 mV	-7.96	3.2 nW	-54.95
800.0 μ V	2.263 mV	-1.94	12.8 nW	-48.93
1.0 mV	2.828 mV	0.00	20.0 nW	-46.99
2.0 mV	5.657 mV	6.02	80.0 nW	-40.97
4.0 mV	11.31 mV	12.04	320.0 nW	-34.95
8.0 mV	22.63 mV	18.06	1.28 μ W	-28.93
10.0 mV	28.28 mV	20.00	2.0 μ W	-26.99
20.0 mV	56.57 mV	26.02	8.0 μ W	-20.97
40.0 mV	113.1 mV	32.04	32.0 μ W	-14.95
80.0 mV	226.3 mV	38.06	128.0 μ W	-8.93
100.0 mV	282.8 mV	40.00	200.0 μ W	-6.99
200.0 mV	565.7 mV	46.02	800.0 μ W	-0.97
223.6 mV	632.4 mV	46.99	1.0 mW	0.00
400.0 mV	1.131 V	52.04	3.2 mW	5.05
800.0 mV	2.262 V	58.06	12.8 mW	11.07

NAPETOST			MOČ	
U_{ef}	U_{V-V}	dBmV	P	dBm
1.0 V	2.828 V	60.00	20.0 mW	13.01
2.0 V	5.657 V	66.02	80.0 mW	19.03
4.0 V	11.31 V	72.04	320.0 mW	25.05
8.0 V	22.63 V	78.06	1.28 W	31.07
10.0 V	28.28 V	80.00	2.0 W	33.01
20.0 V	56.57 V	86.02	8.0 W	39.03
40.0 V	113.1 V	92.04	32.0 W	45.05
80.0 V	226.3 V	98.06	128.0 W	51.07
100.0 V	282.8 V	100.00	200.0 W	53.01
200.0 V	565.7 V	106.02	800.0 W	59.03
223.6 V	632.4 V	106.98	1.0 kW	60.00
400.0 V	1131.0 V	112.04	3.2 kW	65.05
800.0 V	2262.0 V	118.06	12.8 kW	71.07
1000.0 V	2828.0 V	120.00	20.0 kW	73.01
2000.0 V	5657.0 V	126.02	80.0 kW	79.03
4000.0 V	11310.0 V	132.04	320.0 kW	85.05
8000.0 V	22630.0 V	138.06	1.28 MW	91.07
100000.0 V	28280.0 V	140.00	2.0 MW	93.01

Napetost:
$$U_{V-V} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot U_{ef}$$

$$dBmV = 20 \cdot \lg \left[\frac{U_{ef}}{0.001V} \right]$$

Moč:
$$P = \frac{(U_{ef})^2}{50\Omega}$$

$$dBm = 10 \cdot \lg \left[\frac{P}{0.001W} \right]$$

26. ODBOJNOST, VALOVITOST IN IZGUBE

Γ	SWR	a
0.00	1.00	0.00dB
0.02	1.04	0.00dB
0.04	1.08	0.01dB
0.06	1.13	0.02dB
0.08	1.17	0.03dB
0.10	1.22	0.04dB
0.12	1.27	0.06dB
0.14	1.33	0.09dB
0.16	1.38	0.11dB
0.18	1.44	0.14dB
0.20	1.50	0.18dB
0.22	1.56	0.22dB
0.24	1.63	0.26dB
0.26	1.70	0.30dB
0.28	1.78	0.35dB
0.30	1.86	0.41dB
0.32	1.94	0.47dB
0.34	2.03	0.53dB
0.36	2.12	0.60dB
0.38	2.23	0.68dB
0.40	2.33	0.76dB
0.42	2.45	0.84dB
0.44	2.57	0.93dB
0.46	2.70	1.03dB
0.48	2.85	1.14dB
0.50	3.00	1.25dB

Γ	SWR	a
0.52	3.17	1.37dB
0.54	3.35	1.50dB
0.56	3.55	1.63dB
0.58	3.76	1.78dB
0.60	4.00	1.94dB
0.62	4.26	2.11dB
0.64	4.56	2.29dB
0.66	4.88	2.48dB
0.68	5.25	2.70dB
0.70	5.67	2.92dB
0.72	6.14	3.17dB
0.74	6.69	3.44dB
0.76	7.33	3.74dB
0.78	8.09	4.07dB
0.80	9.00	4.44dB
0.82	10.11	4.85dB
0.84	11.50	5.31dB
0.86	13.29	5.84dB
0.88	15.67	6.47dB
0.90	19.00	7.21dB
0.92	24.00	8.14dB
0.94	32.33	9.34dB
0.96	49.00	11.06dB
0.98	99.00	14.02dB
1.00	999.99	99.99dB

Odbojnost: $\Gamma = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0}$

Valovitost: $SWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$

Izgube: $a = -10 \cdot \lg(1 - |\Gamma|^2)$

UPORABLJENI VIRI:

Amon, S., Furlan, J.: Zbirka nalog iz osnov nelinearnih elementov, Fakulteta za elektrotehniko in računalništvo v Ljubljani, Ljubljana, 1990

Benbow, G., G3HB: The Morse Code for Radio Amateurs, RSGB, 1994, ISBN 1-872309-26-7

Carlson, A. B.: Communication Systems: An Introduction to Signal and Noise in Electrical Communication, McGraw-Hill, Inc., 1986

Furlan, J.: Osnove nelinearnih elementov, Fakulteta za elektrotehniko in računalništvo v Ljubljani, Ljubljana, 1990

Gyergyek, L.: Signali in statistične metode, Fakulteta za elektrotehniko, Ljubljana, 1987

Hecht, A., DC8JP: Neuartige Oscillatorfrequenz-Aufbereitung, neue Syntheseverfahren (DDS und gebrochene Teilungsverfahren), skripta, 2. Kurzwellentagung 93, Muenchen, 1993

Klobučar, J.: Instrumenti za VIS, Tehnička knjiga Beograd, Beograd, 1983

Mandrino, M. S.: Amaterske radio-komunikacije, Narodna tehnika Hrvatske, Zagreb, 1983

Metzger, B.: Radio priručnik za amatere i tehničare, tretja predelana in dopolnjena izdaja, NIRO "Tehnička knjiga", Beograd, 1983

Metzger, B.: Radio priručnik za amatere i tehničare, Tehnička knjiga Beograd, Beograd, 1985

Mihajlović, M. Đ.: Tranzistorski NF pojačivači, Tehnička knjiga Beograd, Beograd, 1987

Pritchard, W. L., and Sciulli J. A.: Satellite Communication Systems Engineering, Prentice-Hall, Inc., 1986

Rothammel, K.: Antene, Vojnoizdavački zavod Beograd, 1983 (K. Rothammel DM2ABK: Antennenbuch, 9. erweiterte Auflage, Militärverlag der DDR)

Slurberg, M., and Osterheld, W.: Essentials of Communication Electronics, McGraw-Hill, Inc., 1973

Vehovec, M.: Linearna elektronika, analiza linearnih aktivnih vezij, Fakulteta za elektrotehniko v Ljubljani, Ljubljana, 1978

Vidmar, M., S53MV: Intermodulacijsko popačenje, CQ ZRS 4/93

Vidmar, M., S53MV: Kremenčevi kristali, kristalna sita in oscilatorji, CQ ZRS 6/94

Vilhar, R., S53WW: Malošumni predojačevalnik za 144 MHz, CQ ZRS 2/94

Wedam, A.: Elektronika 1, modeli transistorjev in osnovna vezja, Fakulteta za elektrotehniko in računalništvo v Ljubljani, Ljubljana, 1990

Židan, A., Milobar, B.: Spojevi s tranzistorima i drugim poluvodičkim elementima, Tehnička knjiga Zagreb, Zagreb, 1987, ISBN 86-7059-032-8

Židan, A., Milobar, B.: Spojevi s integriranim sklopovima, Tehnička knjiga Zagreb, Zagreb, 1985

CQ ZRS: Zveza radioamaterjev Slovenije, Ljubljana, 1990-1994

Elektor Electronics: Elektor Electronics Publishing, England, 1990-1995, ISSN 0268-4519

HF Managers' Handbook, IARU Region 1, 1994

International Amateur Radio Study Guide, IARU, Newington, 1991, ISBN 0-87259-340-1

Now You're talking, ARRL, Newington, 1993, ISBN 0-87259-417-3

Radio Regulations, ITU General Secretariat, Geneva, 1990, ISBN 92-61-04141-8

Region 1 News - Journal of the IARU Region, IARU Region 1, 1992-1994

Sodobna ilustrirana enciklopedija: Znanost - Kemija, fizika, astronomija, Mladinska knjiga, 1967, (Science - Chemistry, Physics, Astronomy, Rathbone Books Limited, London 1960)

The ARRL Antenna Book, 17. edition, ARRL, 1994

The ARRL Handbook for Radio Amateurs, 70. edition, ARRL, 1993, 71. edition, ARRL, 1994

The Canadian Amateur Study Guide for the Basic Qualification, The Canadian Amateur Radio Federation, Kingston, 1990

Zabeležke:

**P
R
I
R
O
Č
N
I
K**



ZA RADIOAMATERJE



PRIROČNIK ZA RADIOAMATERJE - ZRS 1995