

PRIROČNIK ZA RADIOAMATERJE

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

ZVEZA RADIOAMATERJEV SLOVENIJE
LJUBLJANA 2004

PRIROČNIK ZA RADIOAMATERJE

2. dopolnjena izdaja

Avtorji:

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

Recenzent: Jože Vehovc, S51EJ

Lektorica: Nina Grabenšek Kadilnik

Založnik: Zveza radioamaterjev Slovenije, Ljubljana 2004

Za založnika: Rudi Bregar, S57SRB, predsednik

Prelom in tisk: Schwarz d.o.o., Ljubljana

Avtorske pravice: ZRS in avtorji

Vse pravice so pridržane. Noben del te knjige ne sme biti reproduciran, shranjen ali prepisan v katerikoli obliki oziroma na katerikoli način, bodisi elektronsko, mehansko, s fotokopiranjem, snemanjem ali kako drugače, brez predhodnega dovoljenja lastnikov avtorskih pravic.

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

379.826:621.396(035)
621.3(035)

PRIROČNIK za radioamaterje / [avtorji] Drago Grabenšek ... [et al.]. - 2. dopolnjena izd. - Ljubljana : Zveza radioamaterjev Slovenije, 2004

ISBN 961-90200-1-4
1. Grabenšek, Drago
214597888

DEVET LET KASNEJE

Pred vami je 2. dopolnjena izdaja prvega radioamaterskega priročnika. Naj v vaših rokah to ne bo samo učbenik, resnično ga uporabljajte kot priročnik, saj je v njem prav vse, kar bo zanimalo radioamaterja. Priročnik je nepogrešljivo čtivo pri pripravah na radioamaterske izpite, saj je usklajen s standardi HAREC in po opravljenem izpitu omogoča pridobitev mednarodne CEPT radioamaterske licence.

Devet let po izdaji prvega radioamaterskega priročnika je knjiga, ki so jo tokrat avtorji dopolnili, še kako

aktualna. Avtorji in recenzent so opravili neprecenljivo delo, za kar sem jim osebno iskreno zahvaljujem. Hvala avtorjem Dragu Grabenšku, S59AR, Bajku Kulauzoviču, S57BBA, Andreju Souventu, S51BW, in Juretu Vraničarju, S57XX, ter strokovnemu recenzentu Jožetu Vehovcu, S51EJ.

Vam, dragi radioamaterji in bralci, pa najboljše želje, da boste postali dobri radioamaterji in da boste svoje znanje prav s Priročnikom za radioamaterje še utrdili.

Ljubljana, avgust 2004

Rudi Bregar, S57SRB
predsednik ZRS

PREDGOVOR K DRUGI IZDAJI

Od izida Priročnika za radioamaterje je minilo devet let. Še več, skoraj enajst let je minilo od prvega sestanka ekipe avtorjev, ki so bili pripravljene prevzeti odgovornost za pripravo knjige, ki bi radioamaterjem - operaterjem strnjeno, na enem mestu in v domači besedi nudila osnovna znanja za pripravo na radioamaterske izpite vseh operaterskih razredov. Veselilo nas je, da po knjigi niso segali le stari in bodoči radioamaterji, temveč tudi mnogi drugi - tisti, ki so se na svoji poklicni poti prvič srečali z osnovami radijskih komunikacij in elektrotehnike.

Z leti je prva izdaja Priročnika za radioamaterje pošla. Odločitve za pripravo popravljene in prenovljene izdaje pa nikakor ni in ni bilo. K temu je, po našem mnenju, najbolj pripomogla spreminjajoča se zakonodaja, za katero še danes ne moremo zanesljivo trditi, kaj nam bo prinesla čez nekaj mesecev ali let. Upamo, da smo se poglavij, ki govorijo o zakonski ureditvi našega konjička, lotili na način, ki podaja osnovne informacije tako, da bodo le te ostale aktualne tudi čez čas, ko se bodo obljubljeni in želene spremembe dogodile.

Od nastanka prvega Priročnika za radioamaterje dalje so se pojavljala mnenja, da knjiga, ki se v prenovljeni obliki nahaja pred vami, ni priročnik, temveč učbenik. Po mnenju kritikov bi moral priročnik vsebovati več praktičnih načrtov za samogradnjo, vključene bi morale biti teme, ki so nekaterim ljube, in podobno. Kaj naj odgovorimo tem, katerih predlogi se niso upoštevali? Osnova za zgradbo Priročnika za radioamaterje je bil in ostaja tudi v naprej HAREC (Harmonized Amateur Radio Examination Certificate), ki predpisuje potrebna znanja za opravljanje mednarodno priznanih radioamaterskih izpitov. Za marsikoga že ta, najosnovnejša znanja, predstavljajo zelo trd oreh. Zavedajmo se, da se z radioamaterstvom ne ukvarjajo le strokovnjaki elektrotehniške stroke, temveč tudi množica drugih. Ne odženimo potencialnih radioamaterjev s tem, da jim v roke porinemo preobsežno gradivo s pripombo: Saj ni potrebno vsega znati. Dajmo jim osnovo za začetek, v nadaljevanju pa jim pomagajmo in pokažimo, kje in kako lahko izvedo več o temah, ki jih še posebno zanimajo.

Glede imena samega, Priročnik za radioamaterje, pa lahko rečemo, da večine bralcev ni motilo. Zaradi tega avtorji nismo čutili potrebe, da bi ga kakorkoli spreminjali.

Sama zgradba Priročnika je ostala nespremenjena in se v osnovi deli na dva dela:

I. RADIOAMATERJI IN RADIJSKE KOMUNIKACIJE

Poglavja Radioamaterstvo – ljubiteljstvo, gibanje, organizacije, Radijske komunikacije, Pravila in praksa v amaterskih radijskih komunikacijah je pregledal in posodobil Drago Grabenšek, S59AR. Podpoglavje Amaterske digitalne komunikacije je posodobil Bajko Kulauzović, S57BBA, pri podpoglavju SSTV in FSTV (ATV) zveze je sodeloval 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 Nevarnosti pri delu z električnim tokom je posodobil Jure Vraničar, S57XX.

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

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

V Prilogah se nahaja nekaj posodobljenih podatkov in tabel, ki nam koristijo v vsakodnevni radioamaterski praksi.

Večino slik v Priročniku je uredil Jure Vraničar, S57XX, ki je poskrbel tudi za vnos vseh popravkov in sprememb v besedilu. Nekaj slik (fotografij), ki služijo popestritvi besedil, smo našli na svetovnem spletu s pomočjo spletnega iskalnika (www.google.com), nekaj pa v arhivu ZRS.

Bralcu, ki bo primerjal obe izdaji Priročnika prav gotovo ne bo ušlo, da se besedila večine poglavij vsaj bistveno ne razlikujejo. To je razumljivo, saj nismo imeli namena na novo pisati priročnika. Avtorji upamo, da pri odganjanju starih tiskarskih škratov nismo prebudili novih – za vse morebitne napake se opravičujemo.

Vsekakor dela ne bi pripeljali do konca brez sodelovanja Jožeta Vehovca, S51EJ. Za vse nasvete, predloge in opravljeno tehnično recenzijo se mu vsi avtorji najlepše zahvaljujemo.

Avtorji

Ljubljana, april 2004

PRIROČNIKU NA POT

(K PRVI IZDAJI LETA 1995)

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 nesluten 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 dnevni 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 Kulauzovič, 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 operatorske 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

(K PRVI IZDAJI LETA 1995)

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 Drago 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*, *Mikrofon* 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 Šoštarich, 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

DEVET LET KASNEJE.....	3
PREDGOVOR K DRUGI IZDAJI.....	4
PRIROČNIKU NA POT (K PRVI IZDAJI LETA 1995).....	5
BESEDA AVTORJEV (K PRVI IZDAJI LETA 1995).....	6

I. RADIOAMATERJI IN RADIJSKE KOMUNIKACIJE

1. RADIOAMATERSTVO - LJUBITELJSTVO, GIBANJE, ORGANIZACIJA

1.1 ZGODOVINA, RAZVOJ IN POMEN RADIOAMATERSTVA.....	16
1.2. MEDNARODNA RADIOAMATERSKA ORGANIZACIJA - IARU.....	23
1.3. ZVEZA RADIOAMATERJEV SLOVENIJE - ZRS.....	23

2. RADIJSKE KOMUNIKACIJE

2.1. OSNOVNI POJMI O RADIJSKIH KOMUNIKACIJAH.....	26
2.2. MEDNARODNA RAZDELITEV RADIJSKIH FREKVENC.....	27

3. PREDPISI ZA AMATERSKE RADIJSKE KOMUNIKACIJE

3.1. MEDNARODNI PREDPISI.....	29
3.2. SLOVENSKI PREDPISI.....	29
3.3. PRIPOROČILI CEPT T/R 61-01 IN T/R 61-02.....	30

4. PRAVILA IN PRAKSA V AMATERSKIH RADIJSKIH KOMUNIKACIJAH

4.1. VZPOSTAVLJANJE AMATERSKIH RADIJSKIH ZVEZ.....	32
4.1.1. NAČINI VZPOSTAVLJANJA ZVEZ.....	32
4.1.2. KLICNI ZNAKI.....	33
4.1.3. Q-KOD.....	35
4.1.4. RST SISTEM (RST-KOD).....	36
RST SISTEM (RST-KOD).....	36
4.1.5. KRATICE.....	37
4.2. AMATERSKE ZVEZE V TELEGRAFIJI.....	38
4.2.1. MORSE-KOD.....	38
4.2.2. VSEBINA ZVEZE.....	40
KLICANJE.....	40
VZPOSTAVITEV ZVEZE.....	41
IZMENJAVA OSTALIH PODATKOV.....	41
ZAKLJUČEK ZVEZE.....	41
4.3. AMATERSKE ZVEZE V TELEFONIJI.....	42

4.3.1.	VSEBINA ZVEZE	42
4.3.2.	MEDNARODNA IN SLOVENSKA TABLICA ČRKOVANJA	42
	Slovenska tablica črkovanja	43
	Mednarodna tablica črkovanja	43
4.4.	AMATERSKE DIGITALNE KOMUNIKACIJE	43
4.4.1.	RTTY	43
4.4.2.	AMTOR	44
4.4.3.	FACTOR	44
4.4.4.	G-TOR	44
4.4.5.	PSK31	44
4.4.6.	WSJT	45
4.4.7.	PACKET RADIO	45
	Oprema za packet radio	47
	Delo na packet radiu	47
	Parametri	48
4.4.8.	APRS	49
4.4.9.	MGM	49
4.5.	AMATERSKE SSTV IN FSTV (ATV) ZVEZE	50
4.5.1.	SSTV IN FAX ZVEZE	50
4.5.2.	FSTV (ATV) ZVEZE	50
4.6.	DNEVNIK DELA RADIJSKE POSTAJE	51
4.7.	QSL KARTICA	52
4.8.	ČASOVNE CONE IN KOORDINIRANI UNIVERZALNI ČAS (UTC)	53
4.9.	UNIVERZALNI LOKATOR	54
4.10.	RADIOAMATERSKA TEKMOVANJA	55
4.11.	RADIOAMATERSKE DIPLOME	56
4.12.	RADIOAMATERSKA MORALA IN KODEKSI	57
4.13.	AKTIVNOSTI RADIOAMATERJEV OB NESREČAH IN NEVARNOSTIH	57

II. ELEKTROTEHNIKA IN RADIOTEHNIKA

5. ELEKTROTEHNIKA

5.1.	ELEKTRIČNI TOK, NAPETOST IN UPORNOST	60
5.1.1.	OSNOVNA TEORIJA ATOMOV	60
5.1.2.	ELEKTRIČNO POLJE IN POTENCIAL	62
5.1.3.	ELEKTRIČNI TOK	62
5.1.4.	ELEKTRIČNA NAPETOST	62
5.1.5.	PREVODNIKI IN NEPREVODNIKI	63
5.1.6.	ELEKTRIČNA UPORNOST	63
5.1.7.	MAGNETNO POLJE TRAJNEGA MAGNETA	64
5.1.8.	ENOSMERNI TOK	64
5.1.9.	VIRI ENOSMERNEGA TOKA	65

5.1.10.	CELICE IN BATERIJE	65
5.1.11.	ELEKTRIČNE SCHEME	67
5.1.12.	IZMENIČNI TOK	68
5.1.13.	VIRI IZMENIČNEGA TOKA	69
5.1.14.	OSNOVNI GENERATOR IZMENIČNEGA TOKA	69
5.1.15.	SINUSNA OBLIKA SIGNALA	70
5.1.16.	DRUGE OBLIKE SIGNALOV	71
5.1.17.	NAPETOSTNI PARAMETRI IZMENIČNEGA SIGNALA	72
5.2.	OHMOV ZAKON IN MOČ	73
5.2.1.	OHMOV ZAKON	73
5.2.2.	UPORABA OHMOVEGA ZAKONA	73
5.2.3.	ZAPOREDNA IN VZPOREDNA VEZAVA UPOROV	75
	ZAPOREDNA VEZAVA UPOROV	75
	VZPOREDNA VEZAVA UPOROV	75
5.2.4.	ZAPOREDNO - VZPOREDNE VEZAVE UPOROV	76
5.2.5.	PADEC NAPETOSTI IN NOTRANJA UPORNOST GENERATORJA	76
5.2.6.	KIRCHHOFFOVI ZAKONI	78
5.2.7.	ELEKTRIČNA MOČ	78
	MOČ PRI IZMENIČNIH VELIČINAH	79
	PRENOS MOČI	80
	IZKORISTEK SISTEMA	80
5.2.8.	ELEKTRIČNA ENERGIJA	80
5.2.9.	DECIBEL	81
5.3.	TULJAVE IN KONDENZATORJI	81
5.3.1.	INDUKTIVNOST IN TULJAVE	81
	ZAPOREDNA IN VZPOREDNA VEZAVA TULJAV	83
	INDUKTIVNA REAKTANCA	84
	REALNA TULJAVA	84
5.3.2.	TRANSFORMATOR	85
	VEZAVE TRANSFORMATORJEV	86
5.3.3.	KAPACITIVNOST IN KONDENZATORJI	87
	DELOVNA NAPETOST KONDENZATORJA	88
	VZPOREDNA IN ZAPOREDNA VEZAVA KONDENZATORJEV	89
	KAPACITIVNA REAKTANCA	89
5.3.4.	REAKTANCA, IMPEDANCA IN REZONANCA	89
	REAKTANCA	89
	IMPEDANCA	90
	REZONANCA	90
5.4.	FILTRI	90
5.4.1.	ZAPOREDNI NIHAJNI KROG	91
5.4.2.	VZPOREDNI NIHAJNI KROG	92
5.4.3.	VRSTE FILTROV	92
5.5.	POLPREVODNIKI	93
5.5.1.	POLPREVODNIK	93
5.5.2.	POLPREVODNIK S PRIMESMI	94
	PN SPOJ	94

5.5.3.	DIODA	94
5.5.4.	UPORABA DIODE V ELEKTRONSKIH VEZJIH	94
5.5.5.	POSEBNE VRSTE DIOD	95
5.5.6.	BIPOLARNI TRANZISTOR	97
5.5.7.	UNIPOLARNI TRANZISTOR	98
5.5.8.	OSTALI POLPREVODNIŠKI ELEMENTI	98
5.5.9.	INTEGRIRANA VEZJA	99
5.5.10.	ANALOGNA INTEGRIRANA VEZJA	99
5.5.11.	OSNOVNA LOGIČNA VEZJA	100
5.6.	ELEKTRONSKE CEVI	101
5.7.	MIKROFONI IN ZVOČNIK	101
5.7.1.	MIKROFONI	101
	OGLENI MIKROFON	101
	KONDENZATORSKI MIKROFON	101
	DINAMIČNI MIKROFON	102
	KRISTALNI MIKROFON	102
5.7.2.	ZVOČNIK	102
5.8.	OJAČEVALNIKI	102
5.8.1.	NIZKOFREKVENČNI OJAČEVALNIK	103
5.8.2.	RAZREDI DELOVANJA OJAČEVALNIKOV	103
5.8.3.	VISOKOFREKVENČNI OJAČEVALNIK	104
5.9.	NAPAJALNIKI	104
5.9.1.	USMERNIK	104
5.9.2.	GLADILNIK	104
5.9.3.	STABILIZATOR	105
5.9.4.	ZAŠČITA	105
5.9.5.	IZVEDBA NAPAJALNIKA	106
6.	RADIOTEHNIKA	
6.1.	RADIJSKI VALOVI IN PRENOS INFORMACIJ	107
6.1.1.	SIGNALI	107
6.1.2.	MODULACIJA	109
	AMPLITUDNA MODULACIJA (AM)	110
	FREKVENČNA MODULACIJA (FM)	111
	FAZNA MODULACIJA (PM)	111
	TELEGRAFIJA (CW)	111
6.2.	RADIJSKI ODDAJNIKI	112
6.2.1.	OSCILATORJI	112
6.2.2.	RF SINTETIZATORJI	113
	PLL SINTETIZATOR	113
	DIREKTNI DIGITALNI SINTETIZATOR (DDS)	114
6.2.3.	CW ODDAJNIKI	115
6.2.4.	SSB ODDAJNIKI	116
6.2.5.	FM ODDAJNIKI	116

6.3.	RADIJSKI SPREJEMNIKI	117
6.3.1.	ŠUM	117
	TERMIČNI ŠUM	117
	ŠUM OKOLICE	118
	RAZMERJE SIGNAL/ŠUM	118
	ŠUMNI FAKTOR, ŠUMNO ŠTEVILO IN EKVIVALENTNA ŠUMNA TEMPERATURA	118
6.3.2.	OSNOVNI POJMI	119
	OBČUTLJIVOST	119
	SELEKTIVNOST	119
	DINAMIČNO OBMOČJE	120
	PREOBREMENITEV	120
	INTERMODULACIJSKO POPAČENJE	120
6.3.3.	DETEKTORJI	120
	DETEKCIJA AM SIGNALOV	120
	DETEKCIJA CW SIGNALOV	121
	DETEKCIJA SSB SIGNALOV	121
	DETEKCIJA FM SIGNALOV	121
6.3.4.	SPREJEMNIK Z DIREKTNIM MEŠANJEM	122
6.3.5.	SUPERHETERODINSKI SPREJEMNIK	123
6.4.	VALOVANJE	125
6.4.1.	ELEKTROMAGNETNI VALOVI	125
6.4.2.	FREKVENČNA DELITEV	126
6.5.	RAZŠIRJANJE RADIJSKIH VALOV	126
6.5.1.	ELEKTROMAGNETNO VALOVANJE	127
	POLARIZACIJA	127
	ODBOJ, LOM IN UKLON VALOVANJA	127
6.5.2.	ZEMELJSKA ATMOSFERA	128
6.5.3.	DELITEV RADIJSKIH VALOV GLEDE NA NAČIN ŠIRJENJA	129
6.5.4.	AKTIVNOST SONCA - SOLARNI CIKLUS	129
	VPLIV AKTIVNOSTI SONCA NA POSAMEZNE SLOJE ATMOSFERE	130
	F sloj	130
	E sloj	130
	D sloj	130
	MOTNJE V IONOSFERI	130
6.5.5.	KRITIČNA FREKVENCA, NAJVIŠJA IN NAJNIŽJA UPORABNA FREKVENCA	130
6.5.6.	FEDING	131
6.5.7.	POGOJI RAZŠIRJANJA VALOV NA KV FREKVENČNIH PASOVIH	131
	160-metrski pas (1.810 MHz – 2.000 MHz)	131
	80-metrski pas (3.5 MHz - 3.8 MHz)	132
	40-metrski pas (7.0 MHz - 7.1 MHz)	132
	30-metrski pas (10.10 MHz - 10.15 MHz)	132
	20-metrski pas (14.00 MHz - 14.35 MHz)	132
	17-metrski pas (18.068 MHz - 18.168 MHz)	132
	15-metrski pas (21.00 MHz - 21.45 MHz)	132
	12-metrski pas (24.89 MHz - 24.99 MHz)	132
	10-metrski pas (28.0 MHz - 29.7 MHz)	132

6.5.8.	POGOJI RAZŠIRJANJA VALOV NA UKV IN VIŠJIH FREKVENČNIH PASOVIH	132
	TEMPERATURNNA INVERZIJA	133
	SPORADIČNI E SLOJ - ES	133
	ODBOJ OD METEORITSKIH SLEDI - MS	133
	ODBOJ OD POLARNE SVETLOBE - AURORA	134
	TRANSALPSKA PROPAGACIJA - TAP	134
	TRANSEKVATORIALNA PROPAGACIJA - TEP	134
	DELO Z ODBOJEM OD LUNE - EME	134
	DELO PREKO UMETNIH SATELITOV	134
6.5.9.	ZNAČILNOSTI NEKATERIH UKV PASOV	135
	6-metrski pas (50.0 MHz – 52.0 MHz)	135
	2-metrski pas (144 MHz - 146 MHz)	135
	70-centimetrski pas (432 MHz - 438 MHz)	135
6.5.10.	VPLIV VIŠINE ANTENE NA DOSEG VALOV	135
6.6.	ANTENE	136
6.6.1.	ANTENA IN NJENA DOLŽINA	137
6.6.2.	POLVALNI DIPOL	137
	RAZPOREDITEV TOKA IN NAPETOSTI - IMPEDANCA ANTENE	137
	SEVALNA UPORNOST	137
	SKRAJŠEVALNI FAKTOR	138
6.6.3.	OJAČENJE ANTENE IN USMERJENOST SEVANJA	138
	KARAKTERISTIKE SEVANJA	138
	DEFINICIJA OJAČENJA ANTENE	139
	REFERENČNE ANTENE	140
	OJAČENJE ANTENE, EFEKTIVNA IZSEVANA MOČ - ERP	140
6.6.4.	PRAKTIČNE OBLIKE ANTEN	140
	POLVALNI DIPOL	140
	ANTENA OBRNjeni V - INVERTED V	141
	ZAPRT POLVALNI DIPOL	141
	DIPOL ANTENE ZA DELO NA VEČ FREKVENČNIH PASOVIH - MULTIBAND DIPOLI	141
	Zepp antena	141
	Windom antena	142
	“Trap” dipol	142
	YAGI ANTENA	142
	ZANČNE (LOOP) ANTENE	143
	LOGARITMIČNO - PERIODIČNE DIPOL ANTENE	144
	LONG - WIRE ANTENA (LW)	145
	VERTIKALNE ANTENE	145
	PARABOLIČNA ANTENA	146
	UMETNA ANTENA	147
6.6.5.	PASOVNA PREPUSTNOST ANTEN	147
6.6.6.	POSTAVLJANJE ANTEN	147
6.7.	NAPAJANJE ANTEN	148
6.7.1.	NAPAJALNI VODI	148
6.7.2.	KARAKTERISTIČNA IMPEDANCA VODA	148
6.7.3.	VPLIV DIELEKTRIKA PRI ANTENSKIH VODIH	149

6.7.4.	VRSTE ANTENSKIH VODOV	150
	SIMETRIČNI ANTENSKI VOD	150
	Dvožilni vod z zračnim izolatorjem	150
	Dvožilni vod z izolatorjem iz umetne mase	150
	Oklopljeni dvožilni simetrični vod	150
	NESIMETRIČNI ANTENSKI VOD - KOAKSIALNI VOD	151
6.7.5.	IZGUBE V NAPAVALNIH VODIH	151
6.7.6.	PORAZDELITEV TOKA IN NAPETOSTI VZDOLŽ VODA - STOJNO VALOVANJE	151
6.7.7.	ELEMENTI ZA PRILAGODITEV IN TRANSFORMACIJO	153
	PRILAGODITEV VODA NA ANTENO	153
	Gama prilagoditev	153
	Delta prilagoditev	153
	“Hairpin” prilagoditev	153
	TRANSFORMATORJI IMPEDANCE	154
	Četrvalni transformator impedance	154
	Polvalna koaksialna zanka	154
	TRANSFORMATORJI ZA SIMETRIRANJE	154
	“Bazooka” simetrični člen	154
	Simetriranje s pomočjo trifilarne navitja	155
	Uporaba dušilke	155
	ŠIROKOPASOVNI BALUN TRANSFORMATORJI	155
	PRILAGODITEV ODDAJNIKA NA ANTENSKI VOD	155
6.7.8.	NAPAVALNI VOD KOT ELEMENT ZA UGLAŠEVANJE	156
6.8.	MOTNJE	156
6.8.1.	VZROKI ZA NASTANEK MOTENJ IN UKREPI ZA PREPREČEVANJE	157
	ANTENE	157
	PRIKLJUČEK NA ELEKTRIČNO OMREŽJE	157
	PARAZITNE OSCILACIJE	157
	VIŠJE HARMONSKÉ FREKVENCE	157
	MOTNJE ZARADI PREOBREMENITEV SPREJEMNIKA	157
	MOTNJE ZARADI INTERMODULACIJSKIH POPAČENJ - IMD	158
	OKLAPLJANJE IN BLOKIRANJE	158
6.8.2.	VRSTE MOTENJ	158
	RADIJSKE MOTNJE - RFI	158
	TELEVIZIJSKE MOTNJE - TVI	159
	DRUGE VRSTE MOTENJ	159
6.9.	MERITVE IN MERILNI INŠTRUMENTI	159
6.9.1.	MERITVE	159
	MERJENJE NAPETOSTI	159
	MERJENJE TOKA	159
	NAPAKE PRI MERITVAH	160
	Vpliv frekvence	160
	Vpliv notranje upornosti inštrumentov	160
	Vpliv oblike merjene vrednosti	161
	MERJENJE UPORNOSTI	161
	MERJENJE MOČI	161

	MERJENJE STOJNEGA VALOVANJA.....	161
	MERJENJE OBLIKE VF SIGNALA	161
	MERJENJE FREKVENCE	162
6.9.2.	MERILNI INŠTRUMENTI	162
	INŠTRUMENT Z VRTLJIVO TULJAVICO	162
	MULTIMETRI.....	163
	REFLEKTOMETER	163
	FREKVENČNI MERILNIKI	164
	Števec frekvence	164
	Absorpcijski frekvenčni merilnik	165
	GRID-DIP METER	165
	OSCILOSKOP.....	166
6.10.	NEVARNOSTI PRI DELU Z ELEKTRIČNIM TOKOM	167
6.10.1.	UČINKI ELEKTRIČNEGA TOKA NA ČLOVEKOVO TELO	167
6.10.2.	ROKOVANJE IN POPRAVILO NAPRAV.....	167
6.10.3.	VAROVALKA.....	167
6.10.4.	ZELO VISOKE NAPETOSTI.....	167
6.10.5.	STRELOVOD IN OZEMLJITEV.....	168
III.	PRILOGE	169

I. RADIOAMATERJI IN RADIJSKE KOMUNIKACIJE

I. RADIOAMATERJI IN RADIJSKE KOMUNIKACIJE

1. RADIOAMATERSTVO - LJUBITELJSTVO, GIBANJE, ORGANIZACIJA

1.1 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. Na ta fenomen - leta 2005 bomo praznovali 110-letnico radia - 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 (hobi - 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 krat 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 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 19. 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 20. stoletja, zaokroženo torej pred 100 leti, 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 govorici, 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 prejšnjega stoletja, vse do iznajdbe elektronke - 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.

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 univerzalnost, znanje in sposobnost radioamaterjev ter namen radioamaterstva so seveda pogojevali odločitev mednarodne skupnosti, da je opredelila tudi status radioamaterske dejavnosti.

Mednarodna zveza za telekomunikacije - ITU (International Telecommunication Union) je že leta 1924 uvrstila to dejavnost med radiokomunikacijske službe (Radiocommunication Service: služba, ki vključuje prenos, oddajo in/ali sprejem radijskih valov v posebne namene) in radioamaterjem dodelila v uporabo določena kratkovalovna področja, in sicer 80, 40, 20, 10 in 5m. Takšen status ima radioamaterska dejavnost še danes: po ITU pravilniku o radiokomunikacijah (ITU Radio Regulations), ki natančno definira službe ter predpisuje nazive in načine uporabe radijskih valov v telekomunikacijske namene, se imenuje amaterska služba in amaterska satelitska služba (Amateur Service in Amateur Satellite Service). Pojem služba (angl. Service) izvorno, med drugim, pomeni sistem oziroma ureditev, ki izpolnjuje javne potrebe zlasti

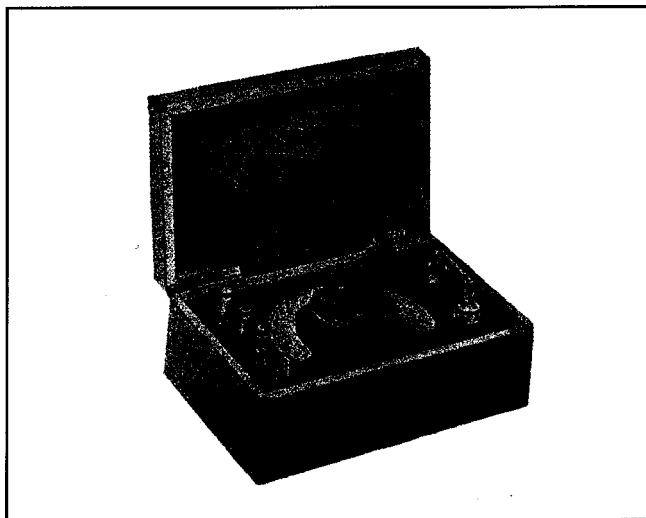
na področju komunikacij. V omenjenem pravilniku je zatorej z definicijo amaterske in amaterske satelitske službe mednarodno opredeljen osnovni okvir in status radioamaterske dejavnosti. Danes radioamaterji ne vzpostavljajo zveze samo na prej navedenih frekvenčnih področjih, saj so jim mednarodno dodeljeni radioamaterski pasovi v širokem radijskem spektru od dolgih valov do mikrovalov.

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

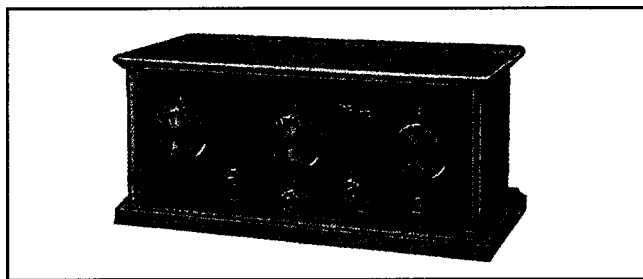
V ZDA je bila leta 1914 ustanovljena prva radioamaterska organizacija ARRL - The American Radio Relay League, ki ima takšno ime še danes. Imela je okrog 4000 članov, ki takrat še niso imeli omejitve za svoje delovanje; spoštovati so morali le zakon iz leta 1912, ki jim je določal uporabo vseh valovnih dolžin izpod 200m, torej kratke valove, ki so jih druge službe smatrale za praktično neuporabne. V Evropi so bili izpolnjeni subjektivni in tehnični pogoji, 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).

Po končani prvi svetovni vojni je leta 1920 v ZDA pričela delovati prva radiodifuzna postaja, isto leto tudi v Veliki Britaniji in v naslednjih letih še drugod po Evropi; v Sloveniji je bila prva radiodifuzna postaja postavljena leta 1928 (Radio Ljubljana).

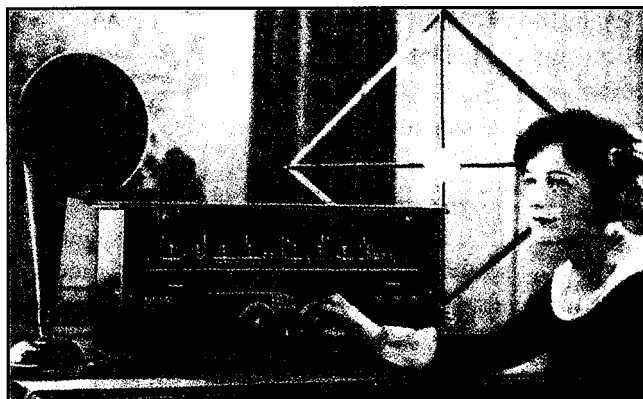
Prodor radia je dal zadosti upanja, da se bo vzporedno z njim pričelo razvijati in širiti radioamaterstvo v Evropi. Toda - čisto tako ni bilo, saj so bili celo za sprejemanje javnega radijskega programa v veljavi strogi predpisi, ki so onemogočali svobodno eksperimentira-



Detektorski sprejemnik – leto 1923



Radijski sprejemnik – leto 1924

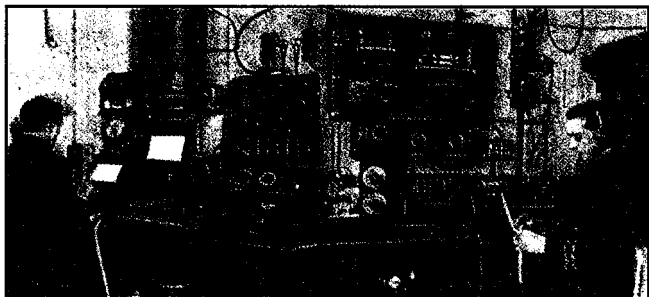
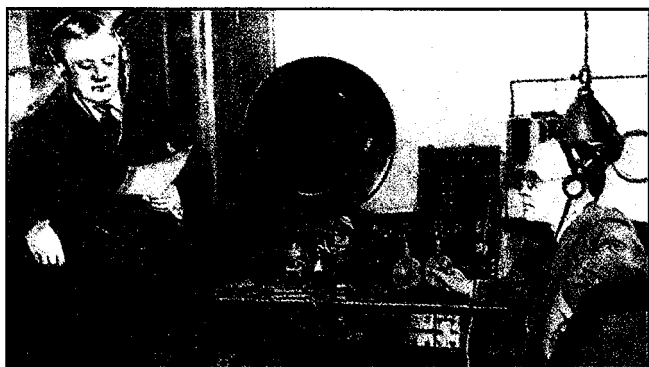


De luxe radijski sprejemnik – leto 1924



Telekomunikacijski sprejemnik – leto 1924

nje z radijskimi napravami. Na razvoj radioamaterstva v Evropi pa je odločilno vplivala premostitev Atlantika preko radijskih valov. V ZDA so radioamaterji že vzpostavljali direktne radijske zveze na razdalji preko 2500km na valovni dolžini 200m. Akademске teorije so ocenile, da kratki valovi ne omogočajo radijskih zvez na daljše razdalje. Leta 1921 je ameriška radioamaterska organizacija poslala v Veliko Britanijo izkušenega radioamaterja, ki je tam registriral klice več desetih ameriških radioamaterjev, v ZDA pa so sprejeli signale dveh britanskih in ene francoske radijske postaje. Torej je mogoče - radioamaterji so strnili vse napore za vzpostavitev obojestranske radijske zveze preko Atlantika. Cilj so uresničili novembra 1923, ko je bila na 110m vzpostavljena zveza med ZDA in Francijo.



Radio na pohodu... Prenos dnevnih sporočil v letalski poštni službi (fotografija zgoraj) in avtomatski prenos sporočil v Morse-kodu na trak – ZDA (spodaj), leto 1923

(Fotografije iz revije Popular Science Montly, New York, USA – leto 1923/24)

Eksplzija veselja, zadovoljstva in ponosa je zajela vse radioamaterje, saj je Atlantik, ki po teoriji ne bi smel biti premagan, končno kapituliral, in radioamaterstvo je slavilo pomembno zmago, ki je še bolj utrdila pot mednarodnemu priznanju in njegovi razširitvi tudi v Evropi.

Temu uspehu je sledil drugi, še pomembnejši, ko je leta 1924 angleški radioamater vzpostavil radijsko zvezo med Anglijo in Novo Zelandijo. S tem je bila dokazana absolutna prednost kratkih valov in hkrati uporabnost refleksij iz ionsfere za radijski promet na velike razdalje. Vse do tedaj so vsi poizkušali premostiti velike oddaljenosti na dolgih valovih z ogromnimi močmi oddajnikov in antenami velikih dimenzij, radioamaterji pa so dosegli bistveno boljše rezultate na kratkih valovih z izredno majhnimi močmi svojih oddajnikov in s skromnejšimi antenami. Šele sedaj so postali pozorni na ta fenomen tudi znanstveniki in ga tudi teoretično obdelali.

Prve radioamaterske organizacije so v Evropi začeli ustanavljati leta 1923. Najprej v Angliji, na Nizozemskem in Švici, naslednje leto na Norveškem, v 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 o delu z oddajniki (vzpostavljane zvez v telegrafiji in telefoniji) so bili v posameznih državah različni. Marsikje so bila krila radioamaterjem pristrižena, zato se ne smemo čuditi ilegalnemu delovanju.

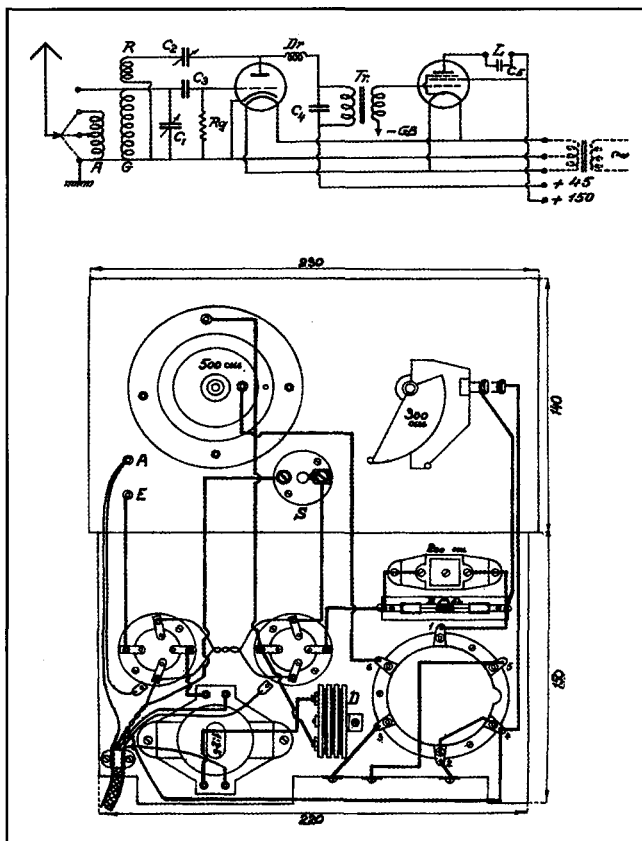
Zgodovina radioamaterstva pri nas sega v sredino dvajsetih let prejšnjega stoletja. V takratni Jugoslaviji vse do leta 1926 ni bilo radiodifuzije. Tega leta je pričela delovati prva programska radijska postaja v Zagrebu, druga v Ljubljani leta 1928 in v Beogradu naslednje leto, zato ne moremo reči, da je razvoj radiodifuzije sprožil in omogočil nastanek radioamaterstva pri nas. Lahko bi trdili obratno, kajti radioamaterstvo je pognalo svoje korenine že nekaj let prej in prav „društva prijateljev telefonije brez žic“ so popularizirala radio pri nas. Leta 1924 je bil na Hrvaškem ustanovljen Radioklub Zagreb, katerega glavni cilj je bil pridobitev dovoljenja za izgradnjo radiodifuzne postaje v Zagrebu. Isto leto je bilo v Beogradu ustanovljeno Društvo Radio z enakimi cilji in nameni - popularizirati radiotelefonijo. Nekoliko jasnejši, za radioamaterje pa privlačnejši, je bil program delovanja radiokluba Ljubljana (sprejet na ustanovnem občnem zboru junija 1925), ki si je naložil nalogo „poučevanja radiotehnike in širjenja zanimanja za njeno vedo med ljudmi“. Program radiokluba Maribor, ustanovljenega aprila 1924, pa je bil že čisto radioamaterski: dvig nivoja zanimanja za radijske zveze in zagotavljanje legalnosti delovanja v okviru državne zakonodaje po vzoru podobnih združenj v Franciji, Nemčiji, Švici in Avstriji.

Radio je tudi pri nas razvnel fantazijo ljudi, še posebno tistih, ki so že prej poznali uporabnost naprav na osnovi elektromagnetizma. Prav tako kot drugje po svetu so radioamaterski entuziasti bogatili svoje znanje z literaturo in zasebnimi eksperimenti (najprej sprejemniki, nato oddajniki) in v letih 1925-1930 so se začeli pojavljati na kratkih valovih signali amaterskih radijskih postaj iz različnih krajev takratne Jugoslavije: Ljubljane, Maribora, Turiške vasi pri Slovenj Gradcu, Zagreba, Beograda, Novega sela v Banatu, Splita, Šibenika, Zemuna, Sente, Vinkovcev, Novega Sada, Subotice in Vukovarja. Seveda je bila ta aktivnost ilegalna, saj zaradi družbenih in političnih razmer v državi ni bilo možnosti za legalno radioamatersko delo. Tako kot marsikje v Evropi je bilo vzpostavljane amaterskih radijskih zvez prepovedano, saj so bili stiki „navadnih“ ljudi preko državnih meja z radioamaterji vsega sveta za oblast nesprejemljivi, v njenem jeziku pa tudi potencialna nevarnost političnega ali vohunskega delovanja. Toda kljub predpisom in prepovedim je radio tudi pri nas očaral tehnično usmerjene ljudi, ki so po različnih poteh prišli do tuje literature in začeli sami graditi radijske sprejemnike in spoznavati „skrivnosti“ radijskih valov. Pri tem so prisluhnili tudi radioamaterjem po svetu in postali sprejemni radioamaterji (SWL

- Short Wave Listener). In prav ti so svojo neustavljivo radioamatersko strast potešili z izgradnjo radijskih oddajnikov in amaterskimi radijskimi zvezami - za prve slovenske radioamaterje je bil svet odprt in brez meja.

Radioamaterstvo je torej pri nas doživelo podoben sprejem kot drugje po Evropi in se je v tridesetih letih že okoreninilo, ni pa se moglo razviti v množično in organizirano dejavnost. Za naše radioamaterje radijski valovi niso bili več neznanca. Gradili so radijske naprave in eksperimentirali, poznali propagacije na različnih frekvencah, saj so imeli zveze po celem svetu, zbirali QSL kartice, se udeleževali radioamaterskih tekmovanj, tisti, ki so se med seboj poznali, so si pomagali z izkušnjami. Skratka, bili so prav takšni kot drugje po Evropi. Še zdaj sta aktivna veterana iz tega obdobja Ivan Mihev, S57FS, in Ivo Bricelj, N7AY (tudi S53AY), 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.

Kljub vsem težavam je bilo po svetu ustanovljeno že veliko nacionalnih radioamaterskih organizacij in leta 1925 so se v Parizu zbrali radioamaterji iz 26 držav, ki so obravnavali problematiko svojega delovanja in ustanovili Mednarodno radioamatersko zvezo - IARU (International Amateur Radio Union), ki obstaja še danes.

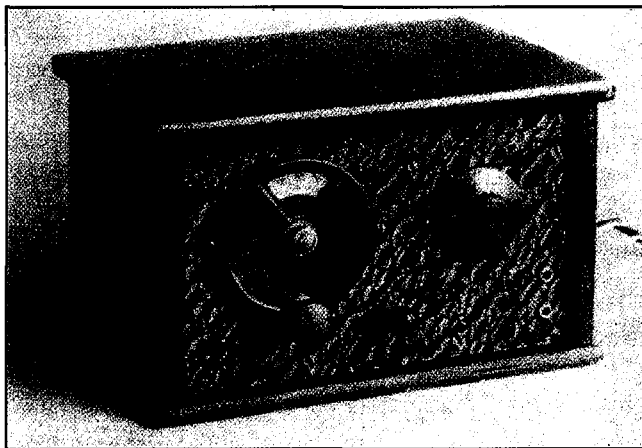


Električni in vezalni načrt (zgoraj) ter izgled (spodaj) sprejemnika z dvema elektronkama

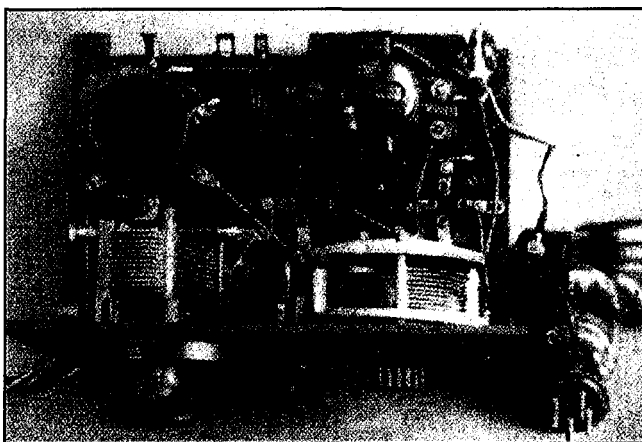
(povzete iz revije Radiowelt, Dunaj, Avstija, april 1929)

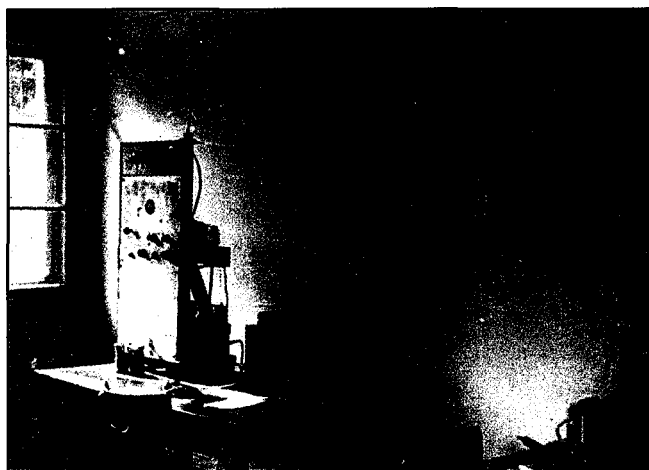


Amaterska radijska postaja iz leta 1934 (Oto Hudeček, „unlis“ YU7LX)



QSL kartica - potrdilo o vzpostavljeni zvezi z radioamaterjem iz Estonije - leto 1939

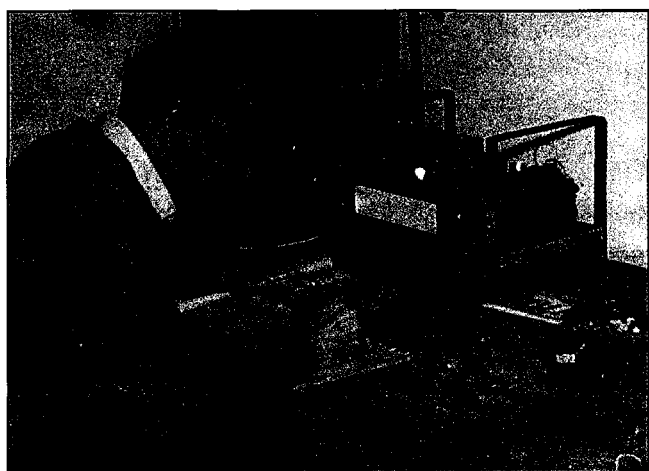




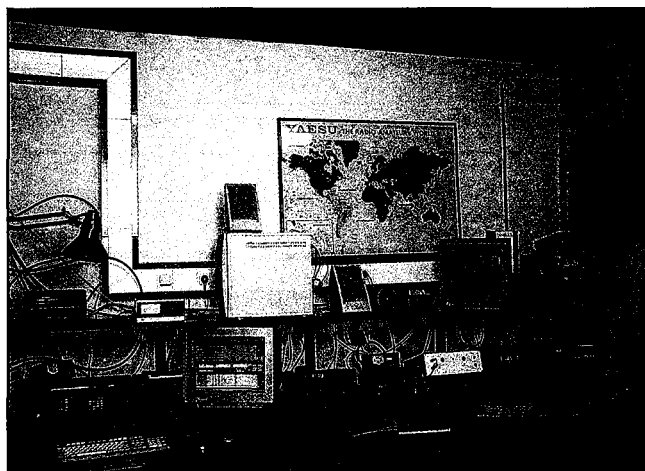
Radioamaterska postaja YU3ABC leta 1951



Delo na postaji YU3DGO leta 1985



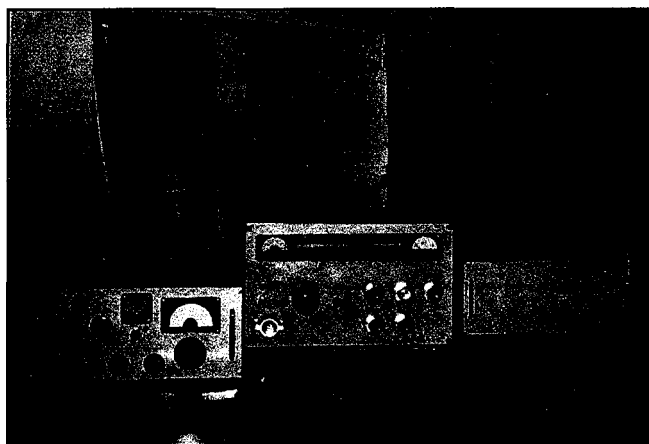
Radioamaterska postaja YU3LF leta 1957



Radijska postaja S59DKR leta 2003

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 različne vrste 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 radioamaterskih digitalnih komunikacij in računalniki so postali vsakodnevni spremljevalci amaterskih radijskih postaj.



Oprema postaje YU3ZRS leta 1963 ob potresu v Skopju

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

V svetu globalizacije „skrivnosti radijskih valov“ seveda ni več, vendar so navdušenost, požrtvovalnost, strast po eksperimentiranju, raziskovanje in konstruktorstvo še naprej pomembna karakteristika radioamaterstva, ki se nenehno obnavlja in dokazuje v različnih radioamaterskih aktivnostih, ki pa niso samo tehnične narave, temveč so pravo ambasadorstvo dobre volje, prijateljstva in razumevanja med ljudmi vsega sveta.

1.2. MEDNARODNA RADIOAMATERSKA ORGANIZACIJA - IARU

Prvo mednarodno srečanje radioamaterjev iz 26 držav Evrope, Severne in Južne Amerike in Azije aprila 1925 v Parizu so imenovali „Amateur Radio Congress“, na njem pa 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, vanjo pa so se lahko včlanili tudi radioamaterji iz držav, v katerih nacionalne organizacije še niso bile ustanovljene.

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 15m (poleg dotedanjih pasov 80, 40, 20, 10 in 5m, dodeljenih že leta 1924). 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 (marec 2004) včlanjenih 161 radioamaterskih organizacij iz velike večine držav. Njen sedež je v ZDA, organizacijsko pa je razdeljena na tri regione IARU, ki pokrivajo ista področja, določena z razdelitvijo sveta na ITU regione. 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 v De Haanu (Belgija) in potem na vseh naslednjih konferencah tega regiona IARU, nazadnje leta 2002 v San Marinu.

IARU po regionih in tudi skupno deluje po določenih pravilih, njeno delovno področje pa je seveda vse, kar je povezano z radioamatersko dejavnostjo. Povezuje in zastopa organizirane radioamaterje sveta in s tem, kot je zapisano v njenem statutu, vzpodbuja mednarodno dobro voljo in prijateljstvo ne glede na politično, etnično in religiozno opredelitev.

Še posebno aktiven in po članstvu največji je 1. region IARU (obsega Evropo, Afriko in del Azije in ima

po zadnjih podatkih v marcu 2004 90 članic, med njimi tudi ZRS), v okviru katerega delujejo stalne ali občasne delovne skupine za aktualna področja radioamaterskih dejavnosti: za HF, VHF, UHF in SHF, IARU MS (monitoring sistem), CLG (skupina za problematiko mednarodnih radioamaterskih licenc - v Evropi CEPT priporočila), STARS (skupina za razvoj radioamaterstva, kjer je manj razvito oziroma še ni radioamaterske organizacije), ARDF (amatersko radiogoniometriiranje), IPHA (program za pomoč invalidnim osebam, ki se želijo vključiti v radioamatersko dejavnost), EMC (problematika elektromagnetne kompatibilnosti), EUROCOM WG (problematika delovanja radioamaterjev v Evropski skupnosti, sodelovanje predstavnika 1. regiona IARU v Evropskem parlamentu) idr.

Še posebno pomembne so resolucije in priporočila, ki jih sprejemajo regiona IARU (ali IARU kot krovna organizacija) za različna področja radioamaterskih dejavnosti. Ko jih nacionalne organizacije, članice IARU, potrdijo, kar je tudi običajno, so te "radioamaterske predpise" dolžni spoštovati vsi radioamaterji, ki so člani teh nacionalnih organizacij (npr. za organizacijo različnih tekmovanj, izmenjavo QSL kartic, UL lokator, tehnične standarde za radioamaterske naprave, procedure za posamezne vrste dela, razdelitev in uporabo radioamaterskih frekvenčnih pasov idr.).

Članstvo v ZRS pomeni torej tudi članstvo v IARU, tj. v veliki, mednarodno priznani in organizirani skupnosti ljudi, ki jih združujeta radio in amaterstvo ter vse, kar je s tem povezano.

1.3. ZVEZA RADIOAMATERJEV SLOVENIJE - ZRS

Kot že vemo, zgodovina radioamaterstva v Sloveniji sega prav v sredino dvajsetih let prejšnjega stoletja. Zaradi vzrokov, o katerih smo tudi že govorili, do formiranja radioamaterske organizacije v Kraljevini Jugoslaviji ni nikoli prišlo, radioamaterska dejavnost (vzpostavljanje radijskih zvez) pa v tem času ni bila dovoljena. Kljub temu pa je od leta 1930 do druge svetovne vojne v naših krajih delovalo kar nekaj radioamaterjev - pionirjev radioamaterstva v Sloveniji. Povsem normalno je bilo, da so po končani drugi svetovni vojni le-ti bili tudi pobudniki za ustanovitev radioamaterske organizacije v Sloveniji.

Zveza radioamaterjev Slovenije (kratica ZRS) je bila ustanovljena leta 1946 in je aktivno delovala kot sestavni del Zveze radioamaterjev Jugoslavije (SRJ) vse do decembra 1991, ko je izstopila iz prostovoljnega članstva SRJ. S sprejetjem v polnopravno članstvo Mednarodne radioamaterske organizacije - IARU leta 1992 se je ZRS uveljavila tudi na mednarodni sceni.

Slovenska radioamaterska organizacija je ne glede na obvezne organizacijske in druge povezave na skupno radioamatersko organizacijo (SRJ) vseskozi živela svoje življenje, bila aktiven pobudnik in organizator razvoja radioamaterske dejavnosti v Sloveniji in s tem tudi prispevala pomemben delež pri dvigu in uveljavljanju tehnične kulture pri nas. Kako je organizacija nastala, kdo so bili organizatorji te dejavnosti, kakšni so bili razvoj, delovanje, uspehi in tudi težave, je lepo opisano v posebni številki glasila CQ ZRS, september 1996 (50 let ZRS, 1946 - 1996).

Poglejmo, kakšna je "osebna izkaznica" ZRS danes (marec 2004):

Zveza radioamaterjev Slovenije je prostovoljna, samostojna, nepridobitna zveza radioamaterskih društev - radioklubov, ustanovljena zaradi uresničevanja skupnih interesov povezovanja, razvijanja in izpopolnjevanja radioamaterskih dejavnosti. V skladu s predpisi ZRS izvaja dejavnost javnega interesa.

ZRS združuje preko 3000 radioamaterjev različnih starosti in poklicev, včlanjenih v 106 radioklubih po vsej Sloveniji; med njimi je nekaj več kot 2400 operaterjev z opravljenim predpisanim izpitom in izdanim dovoljenjem za uporabo amaterske radijske postaje. Radioamaterji imajo status člana radioamaterske organizacije, ki je urejen s članstvom v enem od radioklubov ZRS.

Radioamaterska organizacija deluje skladno z veljavno zakonodajo. Glavni del sredstev za svoje delovanje zagotavlja po načelu samofinanciranja z letno članarino. Delovanje radioamaterjev in pogoje za uporabo radioamaterskih postaj urejata slovenska zakonodaja in poseben pravilnik, ki je usklajen z mednarodnimi predpisi za radioamatersko dejavnost.

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

- skrb za razvoj radioamaterstva na območju Republike Slovenije in popularizacija tehnične kulture na področju elektronike in telekomunikacij v teoriji in praksi,
- vzgoja in izobraževanje članstva na področju elektronike in telekomunikacij, razvijanje in vzpodbujanje veselja do konstruktorstva in dela na radioamaterskih postajah, uporabe in razvoja digitalnega prenosa podatkov, amaterskega radiogoniometriiranja in drugih radioamaterskih dejavnosti,
- zastopanje in varovanje skupnih interesov radioamaterjev v odnosu do države in njenih institucij ter drugih organov in organizacij,
- zastopanje radioamaterjev Slovenije v mednarodni radioamaterski organizaciji,
- organiziran razvoj in vzdrževanje radioamaterskih tehničnih sistemov (packet radio, repeterji, radijski svetilniki, idr.),

- sodelovanje v humanitarnih in domoljubnih akcijah ter nalogah ob naravnih ali drugih nesrečah in nevarnostih,
- opravljanje administrativno-tehničnih in strokovnih zadev za organizacijo radioamaterskih izpitov in pridobivanje dovoljenj za uporabo amaterskih radijskih postaj,
- organizacija QSL biroja za radioklube in njihove člane (servis za izmenjavo QSL kartic - potrdil za radijske zveze),
- izdajateljska dejavnost (izdajanje glasila in drugih publikacij s področja delovanja ZRS v skladu z veljavnimi predpisi),
- organizacija radioamaterskih tekmovanj ter izbor in priprava nacionalnih selekcij za mednarodna tekmovanja,
- zastopanje radioamaterjev Slovenije na raznih mednarodnih srečanjih in manifestacijah,
- izdajanje radioamaterskih diplom,
- podeljevanje nagrad in priznanj,
- organizacija družabnih srečanj in drugih radioamaterskih manifestacij,
- sodelovanje z drugimi organizacijami pri dejavnostih, ki so pomembne za popularizacijo, delovanje in razvoj radioamaterstva v Sloveniji.

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, organizira radioamaterska tekmovanja, izdaja glasilo organizacije in organizira QSL biro, spremlja zakonodajo, ki zadeva pravne, organizacijske in tehnične pogoje za delo radioamaterjev - skratka vse, kar je potrebno za delovanje slovenske radioamaterske organizacije.

Slovenski radioamaterji se uspešno vključujejo v vse mednarodne radioamaterske aktivnosti, kjer dosegajo dobre in odmevne rezultate v tekmovanjih preko radijskih postaj ter tudi na tehničnih področjih, še posebno pri razvoju in delovanju radioamaterskih digitalnih komunikacij in radioamaterske televizije.

Naši radioamaterji letno vzpostavijo preko dva milijona radijskih zvez, ki seveda niso samo tehnične narave, temveč so tudi poslanstvo dobre volje in miru, prijateljstva in sožitja med ljudmi vsega sveta. Radioamaterske frekvence so vedno "žive" in če bi bili radijski valovi vidni, bi bilo kaj videti. Signali slovenskih radioamaterskih postaj vsakodnevno segajo na vse kontinente ... Vse naštetu ne pomeni samo promocije naše države, temveč stalno prisotnost Slovenije v svetu!

CQ ZRS

GLASLO ZVEZE RADIOAMATERJEV SLOVENIJE
Lemnik VII - Številka 4 - Avgust 1996 - ISSN 1318-5799



HAM RADIO '96
FRIEDRICHSHAFEN
WRTC 1996
DX IN QSL INFO
S5 VHF - UHF MARATON
ARG IN ATV INFO
MEHKO SPAJKANJE
V ELEKTRONIKI
RF TOROIDNA JEDRA
SLIKOLOV - VMESNIK
ZA CCD KAMERO

S5 SREČANJE
OB JUBILEJU ZRS
BRDO PRI KRANJU
21. SEPTEMBRA 1996



CQ ZRS

GLASLO ZVEZE RADIOAMATERJEV SLOVENIJE
Lemnik XI - Številka 1 - Februar 2000 - ISSN 1318-5799



50 LET (1950 - 2000)
NA RADIOAMATERSKIH
FREKVENCAH

ZRS INFORMACIJE
REZULTATI TEKMOVANJ
KV PRVENSTVO ZRS 1999
EUHFC 1999
ALPE ADRIA
VHF/UHF 1999
S5 VHF-UHF MARATON
ZRS OKTOBRSKO UHF
ZRS NOVEMBRSKO
VHF CW 1999

DX IN QSL INFO
IRC KUPON

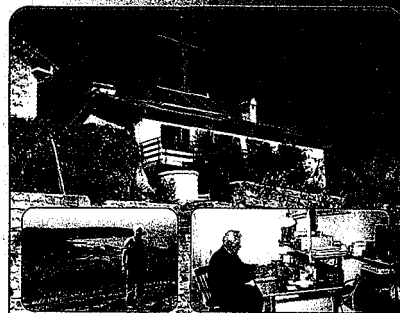
DXPEDICIJA E4/S53R
GRADNJA IN OŽIVLJANJE
POSTAJ Z NIČELNO
MEDFREKVENCO

METODE PROCESIRANJA
SSB SIGNALOV IN VF
KLIPER ZA IC202

ATV AKTIVNOSTI

AMATERSKI IN
DRUGI SATELITI

RADIOAMATERSKE
DIPLOME



CQ ZRS

GLASLO ZVEZE RADIOAMATERJEV SLOVENIJE
Lemnik XII - Številka 2 - Avgust 2001 - ISSN 1318-5799



29. KONFERENCA
IN HAMFEST ZRS
CELJE, 21. APRILA 2001

ZRS INFORMACIJE

DELOVNI IN FINANČNI
NAČRT ZRS 2001

DX IN QSL INFO

KRATKA PREDSTAVITEV
KENWOOD TS-2000

PRAVILA ZRS
UKV TEKMOVANJ

IARU REGION 1
BAND PLAN 50 MHz

ARG AKTIVNOSTI

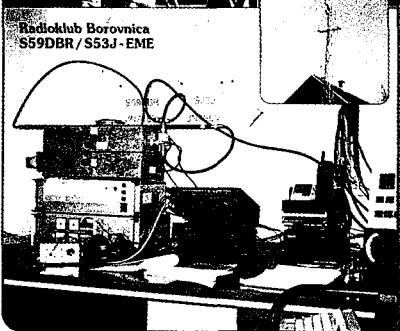
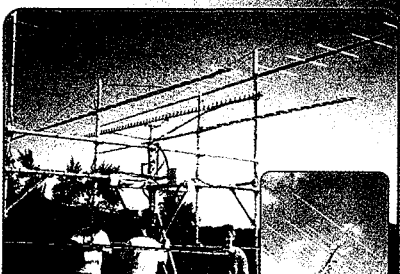
AMATERSKI
PACKET-RADIO
IN INTERNET

DODATKA ZA
MEGABITNI TNC

ATV MINILINK

SATELITI

RADIOAMATERSKE
DIPLOME



CQ ZRS

GLASLO ZVEZE RADIOAMATERJEV SLOVENIJE
Lemnik VIII - Številka 3 - Junij 1997 - ISSN 1318-5799



ZAPISNIK
XXV. KONFERENCA ZRS

QSL BIRO ZRS

NOVI NAČINI
OZNAČEVANJA
HF-VHF-UHF

REZULTATI
IARU VHF-UHF-SHF
TEKMOVANJ 1996

S5 VHF-UHF MARATON

PRAVILA EUHFC 1997

ARG AKTIVNOSTI

SSB/CW RTX
ZA 2304MHz Z NIČELNO
MEDFREKVENCO

80m CW/SSB SPREJEMNIK
Z DIREKTNO KONVERZLJO

NAVJIANJE RF TULJAV
IN TRANSFORMATORJEV
NA TOROIDNIH JEDRIH

ZANIMIVE
RADIOAMATERSKE
KNJIGE IN ČASOPISI



2. RADIJSKE KOMUNIKACIJE

2.1. 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 predpisana:

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 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. radiofuzija).

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 polnopravna članica ITU leta 1992.

Nas seveda najbolj zanimajo RADIJSKE KOMUNIKACIJE - to so komunikacije 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 celotno področje radijskih komunikacij: vrste radiokomunikacijskih služb, razporeditev radijskih frekvenc, definicije moči in anten, vrste oddaj, pravila za vzpostavljanje radijskih zvez, klicne znake radijskih postaj, dokumente za radijske postaje v mednarodnih komunikacijah in še veliko drugega.

Poglejmo nekaj osnovnih pojmov, ki jih definira ITU RR in 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 - sestavljanka iz angleških besed TRANS(mitter) in (re)CEIVER.

ITU RR definicija za radijsko postajo je malce drugačna od vsakdanjega, poljudnega pojmovanja, vendar je točna, 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? RADIOKOMUNIKACIJSKA SLUŽBA je služba, ki vključuje prenos, oddajo in/ali sprejem radijskih valov v posebne komunikacijske namene. Zakaj je poudarjeno „v posebne komunikacijske namene“? Zato ker vsako oddajanje radijskih valov namreč ni radiokomunikacijska služba (npr. uporaba radijskih valov v medicini je namenjena zdravljenju, ne pa za komunikacije; tudi uporaba mikrovalovne pečice v gospodinjstvu niso komunikacije).

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),
- amaterska služba in amaterska satelitska služba (Amateur Service and Amateur-Satellite Service).

Da, prav ste prebrali. ITU pravilnik o radiokomunikacijah (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 samo izobraževanje, 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), ki izvirno, med drugim pomeni sistem oziroma ureditev, ki izpolnjuje javne potrebe zlasti na področju komunikacij, po naše možno smiselno razumeti kot dejavnost, še posebno zato, ker pri radioamaterjih ne gre za službo oziroma delovno dolžnost. Zato bo v nadaljevanju za amatersko in amatersko satelitsko službo uporabljeno skupno ime: **RADIOAMATERSKA DEJAVNOST**.

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

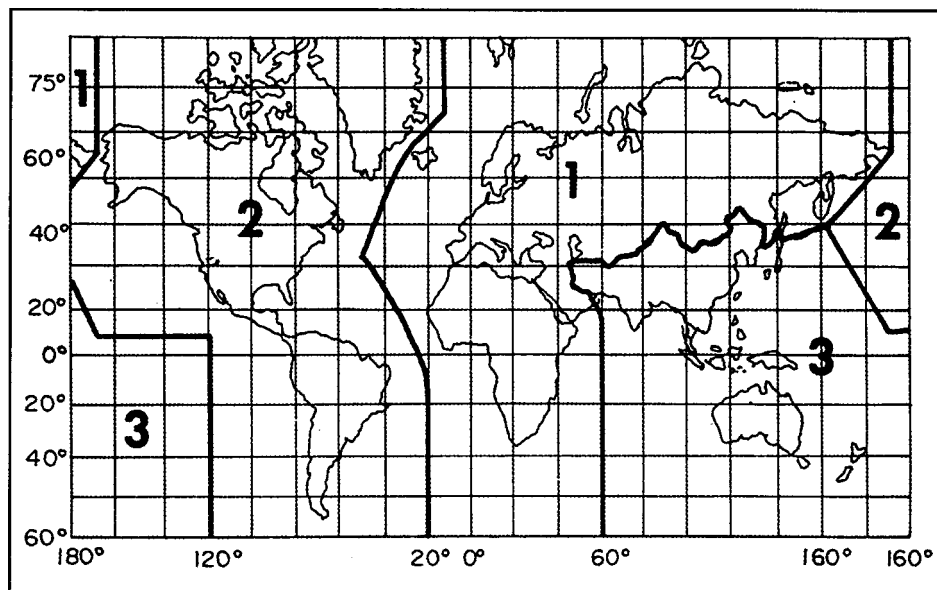
- Radioamaterska dejavnost ima mednarodni status radiokomunikacijske službe, zato smejo amaterske radijske postaje uporabljati le pooblaščen osebe, ki so opravile ustrezen izpit.
- Čeprav je v definiciji uporabljeno ime amater, je razumljivo, da gre za radioamaterja - osebo, ki se iz veselja in nepoklicno 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 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.

2.2. 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



ITU Regioni

in političnega sistema v posameznih državah. Od tod tudi razlike pri uporabi radijskih valov, predvsem pri uporabi različnih radijskih frekvenc za sicer istovrstne radiokomunikacijske službe: v ZDA, npr. niso nikoli uporabljali dolgih valov 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, novonastale države, Mongolija, Iran in Srednji vzhod, jugovzhodna Azija, Avstralija, Nova Zelandija in otoki v Tihem oceanu.

Za boljšo predstavitev pa le pogledjte sliko ITU regionov.

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. 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 pogledjmo 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.

Radiofrekvenčni pasovi za radioamatersko dejavnost - po ITU regionih:

REGION 1	REGION 2	REGION 3
135.7 - 137.8 kHz **		
1810 - 2000 kHz *	1800 - 2000 kHz	1800 - 2000 kHz
3500 - 3800 kHz	3500 - 4000 kHz	3500 - 3900 kHz
7000 - 7100 kHz	7000 - 7300 kHz	7000 - 7100 kHz
10100 - 10150 kHz	10100 - 10150 kHz	10100 - 10150 kHz
14000 - 14350 kHz	14000 - 14350 kHz	14000 - 14350 kHz
18068 - 18168 kHz	18068 - 18168 kHz	18068 - 18168 kHz
21000 - 21450 kHz	21000 - 21450 kHz	21000 - 21450 kHz
24890 - 24990 kHz	24890 - 24990 kHz	24890 - 24990 kHz
28000 - 29700 kHz	28000 - 29700 kHz	28000 - 29700 kHz
50 - 52 MHz *	50 - 54 MHz	50 - 54 MHz
70 - 70.5 MHz **		
144 - 146 MHz	144 - 148 MHz	144 - 148 MHz
	220 - 225 MHz	
430 - 440 MHz *	430 - 440 MHz	430 - 440 MHz
	902 - 928 MHz	
1240 - 1300 MHz	1240 - 1300 MHz	1240 - 1300 MHz
2300 - 2450 MHz	2300 - 2450 MHz	2300 - 2450 MHz
3400 - 3475 MHz *	3300 - 3500 MHz	3300 - 3500 MHz
5650 - 5850 MHz	5650 - 5925 MHz	5650 - 5850 MHz
10 - 10.5 GHz	10 - 10.5 GHz	10 - 10.5 GHz
24 - 24.25 GHz	24 - 24.25 GHz	24 - 24.25 GHz
47 - 47.2 GHz	47 - 47.2 GHz	47 - 47.2 GHz
75.5 - 81.5 GHz	75.5 - 81.5 GHz	75.5 - 81.5 GHz
122.25 - 123 GHz	122.25 - 123 GHz	122.25 - 123 GHz
134 - 141 GHz	134 - 141 GHz	134 - 141 GHz
241 - 250 GHz	241 - 250 GHz	241 - 250 GHz

Opombe:

Navedeni radiofrekvenčni pasovi so le okvirna informacija razdelitve radijskih frekvenc za radioamatersko dejavnost po ITU regionih.

* Uporaba frekvenčnega pasu v navedenem obsegu je dovoljena pod posebnimi pogoji, določenimi z ITU RR in predpisi v posameznih državah v ITU Region 1.

** Uporaba frekvenčnega pasu je dovoljena v nekaterih evropskih državah, ki so članice Evropske konference poštnih in telekomunikacijskih uprav (CEPT), in je usklajena z dokumentom ECA (European Common Allocation Table).

3. PREDPISI ZA AMATERSKE RADIJSKE KOMUNIKACIJE

3.1. 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 pogledimo posebna pravila za radioamatersko dejavnost (povzetek v šestih točkah iz ITU RR, Chapter VI, Article 25):

1. ITU RR določa, da sme amatersko radijsko postajo uporabljati le oseba, ki opravi predpisani izpit (preizkus operaterskega in tehničnega znanja). Pogoje za opravljanje tega izpita - osnovne operaterske in tehnične kvalifikacije oseb, ki želijo uporabljati amatersko radijsko postajo, so predpisane v ITU RR - potrjujejo državni organi posameznih držav, ki lahko predpišejo, da izpit vključuje tudi preizkus znanja Morse-koda (oddajanje Morzejevih znakov in sprejemanje Morzejevih znakov na sluh).
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 primerih elementarnih nesreč in drugih nevarnostih večjih razsežnosti (več o tem v poglavju Aktivnosti radioamaterjev ob nesrečah in nevarnostih).

3. Maksimalne moči amaterskih radijskih postaj določajo državni organi posameznih držav, ki pri tem upoštevajo 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. Vzpostavljanje radijskih zvez z radioamaterji druge države ali s tujimi radioamaterji na splošno je dovoljeno, če tudi katera od držav tega ne dovoli oziroma to omejuje (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.

3.2. 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, št. 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 so se do sprejema nove zakonodaje smiselno uporabljali omenjeni zakon oziroma določeni predpisi in splošni akti - to je določal Pravilnik o uporabi predpisov s področja telekomunikacij (Uradni list RS št. 66/94, 21. oktober 1994). Med temi predpisi je bil tudi pravilnik, ki je urejal delovanje amaterskih radijskih postaj v Republiki Sloveniji, sicer že uveljavljen že oktobra 1992 (skladno z dodeljeno novo ITU oznako za identifikacijo oddaj radijskih postaj iz Slovenije - S5).

Na podlagi nove slovenske zakonodaje (Zakon o telekomunikacijah - Uradni list RS, št. 35/97 in št. 45/97) je bil izdan Pravilnik o vrstah amaterskih radijskih postaj in tehničnih pogojih za njihovo uporabo (Uradni list RS, št. 41/98), ki je še vedno v veljavi (marec 2004). Pravilnik je usklajen z mednarodnimi predpisi, o katerih smo že govorili (ITU RR - Amateur Service in Amateur-Satellite Service). Skladno s spremembo slovenske zakonodaje s področja telekomunikacij, pogojeno z vstopom Republike Slovenije v Evropsko unijo

(Zakon o elektronskih komunikacijah), je v pripravi sprememba omenjenega pravilnika, ki bo usklajena tudi s pred kratkim spremenjenima CEPT dokumentoma T/R 61-01 in T/R 61-02 (CEPT radioamatersko dovoljenje in harmonizirani izpiti za radioamaterje - HAREC), zato besedila pravilnika ni v priložniku.

Radioamaterji, ki uporabljajo radijske postaje v Republiki Sloveniji, morajo „radioamatersko zakonodajo“ seveda dobro poznati. Za predstavitev vsebine pogledimo le glavna poglavja omenjenega pravilnika za delovanje amaterskih radijskih postaj v Sloveniji (ob izidu priložnika je pravilnik sicer še veljaven, vendar bo v kratkem - že v letu 2004 - spremenjen):

I. UVODNE DOLOČBE

II. VRSTE AMATERSKIH POSTAJ

III. TEHNIČNI POGOJI ZA UPORABO AMATERSKIH POSTAJ

1. Amaterski frekvenčni pasovi, nazivi in kategorije radijskih storitev
2. Škodljive motnje
3. Amaterske sprejemno-oddajne postaje
4. Amaterske radijske postaje-repetitorji
5. Amaterske radijske postaje-radijski svetilniki
6. Amaterske radijske postaje za radiogoniometriiranje
7. Stabilnost oddajnih frekvenc
8. Nivo moči stranskih oddaj
9. Pasovne širine oddaj
10. Tehnični ukrepi za zagotavljanje elektromagnetne kompatibilnosti
11. Lokacije amaterskih radijskih postaj
12. Čas delovanja amaterskih radijskih postaj

IV. IDENTIFIKACIJA IN UPORABA SLOGOV IN POSTOPKOV V AMATERSKEM RADIJSKEM PROMETU

1. Identifikacija oddaj
2. Črkovanje
3. Klicni znaki amaterskih radijskih postaj
4. Klicni znaki tujih radioamaterjev na začasnem obisku v Republiki Sloveniji
5. Vsebina amaterskih radijskih zvez
6. Dnevnik amaterske radijske postaje

V. KONČNE DOLOČBE

1. Izpiti za amaterske operaterje
2. Predpis, ki preneha veljati
3. Začetek veljavnosti pravilnika

Vidimo, da je zakonodaja, ki ureja delovanje radioamaterjev oziroma uporabo amaterskih radijskih postaj, podrobna in resna zadeva, kot jo sicer za vse radiokomunikacijske službe predpisuje ITU RR.

3.3. 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 rabi, dobiti mora ustrezne obrazce, jih izpolniti in poslati na ustrezen naslov, še prej plačati ustrezno takso ter čakati na izdajo dovoljenja. Ta je včasih možna le, če je med državama (iz katere je radioamater in od koder želi začasno oddajati) podpisan dogovor v reciprociteti. 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, rev. 2003) in CEPT T/R 61-02 (1990, rev. 2004). Sprejetje teh priporočil je poenostavilo postopke licenciranim radioamaterjem v mnogih (večini) državah - članicah CEPT. 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.

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.

Pooblaščen državne institucije morajo obvestiti CEPT, katere od radioamaterskih licenc (izdanih v državi) štejejo za primerne oziroma usklajene z dokumentom CEPT T/R 61-01. Uporaba amaterske radijske postaje je seveda vezana na spoštovanje predpisov v tej državi (omejitev moči, dovoljeni frekvenčni pasovi idr.)

CEPT RADIOAMATERSKO DOVOLJENJE (CEPT RADIO AMATEUR LICENCE) je vse, kar potrebuje radioamater za uporabo amaterske radijske postaje v državi, ki je uveljavila CEPT priporočilo T/R 61-01. Ta dokument izda pooblaščen 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 operaterski 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/OK1XX/M, OE/G3AAE/P). Pripona /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, šteje 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.

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, npr. tam zaposlili. Pogoj je seveda, da je ta država uveljavila priporočilo in o tem po predpisanem postopku obvestila CEPT.

V osnovi gre za naslednje: HAREC je predpisal seznam kriterijev kot primerjalni standard za opravljanje različnih nacionalnih izpitov za radioamaterje v CEPT državah. Ti kriteriji določajo minimalne zahteve za opravljanje izpitov za amaterske operaterje.

Ko CEPT uradno objavi, da določen izpit v neki državi zadošča minimalnim zahtevam, predpisanim s seznamom omenjenih kriterijev, lahko pooblaščen organ te države radioamaterju na njegovo zahtevo izda HAREC. HAREC je torej uradno dokazilo, da je radioamater uspešno opravil izpit, ki ga CEPT priznava kot zadostnega za izdajo CEPT radioamaterskega dovoljenja. 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, morda pa celo do skupne svetovne radioamaterske licence. CEPT dokument T/R 61-01 je že uveljavilo (marec 2004) 43 evropskih držav in tudi šest izven Evrope (Nova Zelandija, Izrael, Kanada, Južna Afrika, Peru in ZDA). Tudi po drugih državah po svetu na pobudo nacionalnih radioamaterskih organizacij potekajo procesi prilagajanja državnih predpisov, da bodo lahko uveljavili T/R 61-01 in T/R 61-02.

Republika 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 Sloveniji.

Po sprejetju nove slovenske zakonodaje s področja telekomunikacij, je tudi Slovenija uveljavila obe CEPT priporočili, T/R 61-01 in T/R 61-02, in aprila 1998 so bila končno izdana prva slovenska CEPT radioamaterska dovoljenja.

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 potrjujejo oziroma vključijo v svoje normativne akte (velja za veliko večino primerov). Te „radioamaterske predpise“ so dolžni spoštovati vsi radioamaterji.

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

4.1. VZPOSTAVLJANJE AMATERSKIH RADIJSKIH ZVEZ

4.1.1. 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 lukso, v železniškem prometu veljajo določena pravila, v letalskem tudi... Prav tako imajo radijske komunikacije svoj „besednjak“ znakov, signalov, kratic ipd. - določena pravila, ki se obvezno uporabljajo v vseh vrstah radijskih komunikacij.

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 drugih postopkov 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 25 znakov v minuti za začetnike, do preko 200 znakov za vrhunske operaterje. Za telegrafijo (Morse-kod) imamo tudi krajšo oznako CW.

Radijske zveze v TELEFONIJU 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.

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 avdio in video naprave (kasetofoni, kamere in monitorji) ter seveda računalniki, ki so postali 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.

4.1.2. 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: ime radijske postaje (npr. Radio zeleni val), mesto oziroma lokacija postaje (npr. Radio Maribor) in kakšen drug lahko prepoznavni znak oziroma signal (npr. številka taksi vozila, določena melodija), kar je določeno 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 državam dodeljena ena serija, nekaterim državam pa tudi 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 števil 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 radio-amaterskih prireditvah v posameznih državah ali na nivoju IARU se izjemoma in občasno uporabljajo tudi posebni klicni znaki, kot so na primer PA6IARU, DL0WARC, W200AA, SM7ARDF, za kar pa je seveda potrebno posebno dovoljenje.

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,
ABC 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 povsem 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” (/).

Predpisi podrobneje določajo 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 se za člane ZRS uporablja oznaka od S5-RS-001 naprej.

4.1.3. Q-KOD

V radijskih zvezah se z namenom skrajšanja prenosa informacij in premostitve jezikovnih pregrad uporabljajo različni 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 Ali naj obvestim HA5AA, da ga boš poklical na frekvenci 3540 kHz?

QSY 14050 Pojdi na frekvenco 14050 kHz.

QSX 1908 Poslušam na frekvenci 1908 kHz.

QTR? Koliko je ura (točen čas)?

QTR 1245 Ura 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.

4.1.4. 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.:

369	QRM (če imamo motnje drugih postaj),
499	QRN (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 kakovosti 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 tudi povemo, kakšna je moč signalov (repetitorja).

Sistema RST in RS dajeta osnovne napotke za ocenjevanje kakovosti signalov, presoja pa je odvisna od operaterja. Še posebno je jakost signalov začetnikom težje oceniti. 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 nečesa 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.

4.1.5. 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 radiokomunikacijah (ITU RR). To so kratice za začetek, začasno prekinitvev 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.

\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 pomeni tudi kršitev radioamaterskega bontona.

Kratice \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 prekinitve 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	Potrdujem; 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 vse-

binsko 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 kratka, 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, kaj neda?!

4.2. AMATERSKE ZVEZE V TELEGRAFIJI

4.2.1. 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, z vmesnimi premori: 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. Telegrafske 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; leta 2003 je bil uveljavljen nov znak @, ki ga je predlagala IARU, verificirala pa ITU! Poglejmo, kako Morse-kod pravzaprav izgleda (slika 4.2.1):

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.

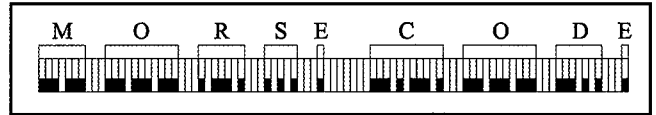
Premor med impulzi v enem znaku je enak kratkemu impulzu.

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:

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).



Slika 4.2.1 Trajanje posameznih elementov Morzejevih znakov glede na osnovni element - kratek impulz

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

Slika 4.2.2 Morzejevi znaki - črke

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

Slika 4.2.3 Morzejevi znaki - številke

Pika (.)	•••••	ti-ta-ti-ta-ti-ta
Vejica (,)	—•••••	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
“At” (@)	•••••	ti-ta-ta-ti-ta-tit
Minus (-) (uporablja se znak vežaja)		
Klicaj (!) (uporablja se znak vejice)		

Slika 4.2.4 Morzejevi znaki - ločila

Predstavitev Morzejevih znakov s pikami in črtami služi lažjemu razumevanju 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...

4.2.2. 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, lokaciji radijske postaje 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: \overline{AR} K, PSE K ali K. To izgleda takole:

CQ CQ CQ DE S59XXX S59XXX S59XXX
CQ CQ CQ DE S59XXX S59XXX S59XXX
 \overline{AR} K (ali \overline{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 CQ VK VK DE S59XXX ... (klic za postaje iz Avstralije),

CQ CQ AFRICA AFRICA (ali krajše: AF) DE S5-9XXX ... (klic za postaje iz Afrike).

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

CQ CQ DX 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 pričnemo 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:

- enkrat ali dvakrat odtipkamo klicni znak postaje, ki je klicala;
- enkrat kratico DE;
- enkrat ali dvakrat 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 (kličevo 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 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 (=) oziroma \overline{BT} . Ko končamo sporočilo ene relacije, oddamo signal \overline{AR} , klicne znake in kratico K ali \overline{KN} . Izurjeni operaterji uporabljajo signal BK za prekinitev 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{VA} oziroma \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 \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 vzpostavljanje 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.

4.3. AMATERSKE ZVEZE V TELEFONIJI

4.3.1. 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 kratice praviloma ne uporabljamo, saj v običajni zvezi lahko sporočilo povemo z besedami. Kljub temu so nekatere okrajšave in kombinacije iz Q-koda kar precej udo-

mačene 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 kritic 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 prekinitev oddaje povemo korespondentu, da naj počaka; če pa želimo vskočiti v zvezo drugih postaj, počakamo na pravi 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). Zpomnimo 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 poslušajo širok krog radioamaterjev, pa tudi drugi ...

4.3.2. 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!).

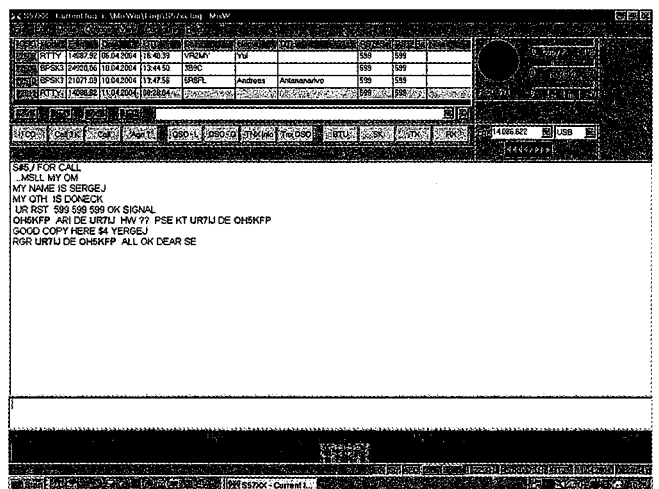
4.4. AMATERSKE DIGITALNE KOMUNIKACIJE

4.4.1. RTTY

Že od samega začetka so radioamaterji iskali možnosti za nove, boljše in hitrejše 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 25 (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, števil in črk, je prenos trajal precej dolgo, saj je pošiljatelj veliko časa potreboval za preklon med znaki in črkami.



Izgled ekrana pri uporabi enega od računalniških programov za RTTY delo

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. Seveda lahko v ta namen uporabimo tudi zvočno kartico v računalniku. Vsebina RTTY zveze je podobna CW zvezi; sporočil seveda ne sprejemamo zvočno, temveč so vidna na monitorju. Za RTTY delo se uporabljajo dogovorjene frekvence.

4.4.2. AMTOR

Velik problem pri prenosu informacij so napake. Pošiljatelj pač pošilja informacije, na drugi strani pa eden ali več prejemnikov sprejema 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 SITOR (Simplex Telex Over Radio), 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 (AMateur Teleprinting Over Radio). Obstajajo tri vrste AMTOR komunikacij:

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

4.4.3. PACTOR

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 PACTOR.

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. PACTOR 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-II, ki omogoča še zanesljivejši in hkrati osemkrat hitrejši prenos podatkov, pri tem pa ostaja navzdol združljiv z originalnim PACTOR-jem. Povečana je neobčutljivost na motnje in omogočena je komunikacija pri signalih, ki so za več kot trikrat šibkejši kot prej.

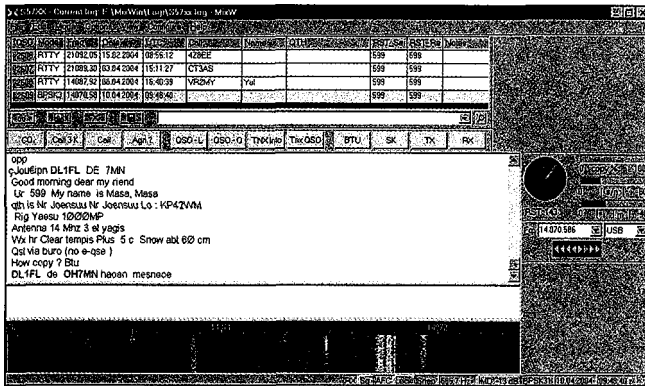
Z razvojem programske opreme in dodelavo protokolov za prenos podatkov so v letu 2002 razvili uspešno nadaljevanje - PACTOR-III. Žal ni več navzdol združljiv s svojima predhodnikoma, saj uporablja za komunikacijo pasovno širino govornega kanala - 2,4kHz. Ima pa zato štiri do petkrat višjo hitrost prenosa (približno 5200b/s) pri prav nič okrnjeni neobčutljivosti na motnje. Zaradi zasedene pasovne širine pa je njegova uporabnost na zasedenem kratkem valu omejena.

4.4.4. G-TOR

Spreminjajoče razmere v ionosferi, šibki in neberljivi signali in želja po komunikaciji v oteženih pogojih so botrovali razvoju Golay-TOR-a, amaterske različice profesionalnega protokola, ki ga je razvil M. Golay in so ga uporabili prvič pri prenosih podatkov iz vesoljskega plovila Voyager. Protokol omogoča prenose do 300 baudov, z možnostjo zniževanja hitrosti. Med radioamaterji protokol ni zaživel in se zelo redko uporablja.

4.4.5. PSK31

Kljub temu, da si večino digitalnih komunikacij v zadnjem času predstavljamo kot prenos podatkov iz točke A do točke B, obstaja še vedno želja po živi „tipkovnica - tipkovnica“ komunikaciji. V te namene je bil razvit nov protokol, ki postaja na KV vedno bolj popularen. S pomočjo DSP tehnologije in PSK (Phase Shift Keying) kodiranja ter spremenljive dolžine



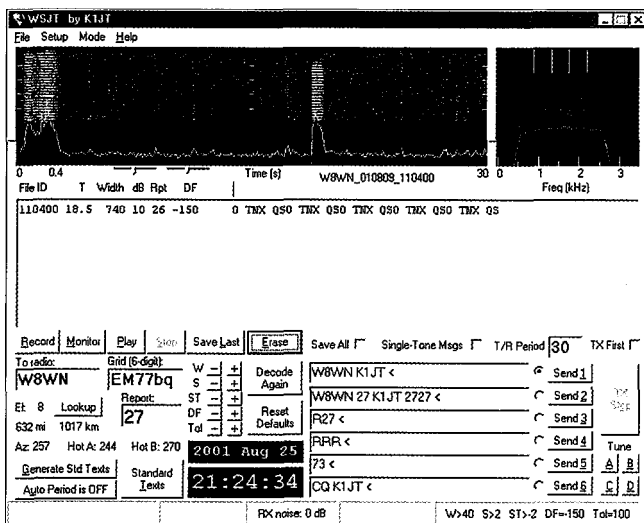
PSK31 na ekranu računalnika

kode omogoča zanesljivo ozkopasovno komunikacijo maksimalne hitrosti 31 baudov. Ta hitrost je povsem zadovoljiva za živo tipkanje.

Obstaja tudi nadgradnja protokola s spremenjenim kodiranjem s štirikratnim faznim pomikom (QPSK) ter vgrajeno vnaprejšnjo odpravo napak, vendar pa je zato zmanjšano razmerje signal/šum.

4.4.6. WSJT

Večina do sedaj omenjenih vrst digitalnih komunikacij je namenjena kratkemu valu. Vendar pa obstaja potreba po nadgradnji tudi na višjih frekvencah. Obstajata dva tipična problema na višjih frekvencah: zveze z odbojem od meteoritskih sledi (MS) ter zveze z odbojem od Lune (EME). V prvem primeru potrebujemo hitro izmenjavo podatkov, saj je odboj večinoma mogoč le nekaj sekund, v drugem pa so sprejeti signali večinoma v nivoju šuma, ali pa celo pod njim. V ta namen je Joe Taylor, K1JT, razvil programsko opremo imenovano WSJT (Weak Signal by K1JT), ki podpira dva digitalna načina dela; FSK441, ki je uporaben za



Izgled računalniškega ekrana ob uporabi enega izmed programov za WSJT

meteoritske sledi, ter JT44 za izredno šibke signale. Poleg programske opreme potrebujemo le še PC računalnik z zvočno kartico in povezavo z radijsko postajo, pomemben faktor je še izredno točna ura.

FSK441 je dobil ime po vrsti kodiranja (FSK) ter hitrosti prenosa 441 baudov. Za kodiranje uporablja štiri različne tone, podatke pa pošilja v kratkih „paketkih“ - pingih. Sam protokol dela je enak kot pri klasičnem delu z meteoriti, ko operaterji oddajajo 30 sekund in naslednjih 30 poslušajo. Zaradi načina dela in uporabljenega protokola je mogoče uporabiti tudi zelo kratke meteoritske sledi, ki trajajo manj kot pol sekunde.

JT44 pa uporabljamo za povsem drug način dela. Prva značilnost protokola je, da vzorči signal v zelo dolgem časovnem okvirju ter lahko zato izloči komponento šuma in tako je možen sprejem signalov, ki so pod nivojem šuma - tipičen primer je zveza s pomočjo odboja od Lune. Pri oddaji uporablja sinhronizacijski ton in 44 tonov, za vsak znak po enega, ki so med seboj razmaknjeni za 10,8Hz. Vse skupaj se oddaja zelo počasi, s hitrostjo 5.38 baudov. Zaradi sinhronizacijskega tona je mogoče izničiti Dopplerjev efekt. Trideset sekundni intervali pri pošiljanju pa omogočajo dolgo vzorčenje.

4.4.7. 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 operaterskega dnevnika, omogoča nam delo z RTTY, izračunava tirnice umetnih satelitov itd. Da lahko svoj 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. Seveda lahko poiščemo podatke tudi na internetu, a kaj, ko smo radioamaterji in želimo to rešiti brezžično. Kaj pa, če bi se lahko s svojim računalnikom brezžično povezali na kakšen drug računalnik, ki zelene podatke ima in nam jih „dovoli“ presneti?

To 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 sta določeni vrsta modulacije in hitrost prenosa podatkov. Za uspešen prenos moramo definirati še obliko podatkov in komunikacijski PROTOKOL, ki predpisuje, kako naj računalnika vzpostavi 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, vzpostavljanje 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 z namenom, 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 radijske postaje z vozliščem na Krvavcu in mu pošlje zahtevo, da naj vzpostavi zvezo z bazo po-

datkov 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, saj mora za to 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 radia 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 AX.25 (Amateur Packet-Radio Link Layer Protocol). Protokol tudi točno določa postopke za vzpostavljanje, vzdrževanje in prekinitve povezave med računalniki. Za te namene predpisuje protokol posebne nadzorne okvirje. Poleg nadzornih okvirjev poznamo tudi informacijske okvirje, v katerih se prenaša podatki (v našem primeru deli teksta). Vsak okvir vsebuje naslov ciljnega računalnika (ciljni klicni znak) in naslov računalnika, ki ta okvir pošilja (pošiljalatelj 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 pošiljalatelja 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 bolje 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 potrebna osebna oprema za PR. V to sodi računalnik, ki je preko vmesnika povezan na radijsko postajo.

Kot vmesnik lahko uporabimo TNC (Terminal Node Controller), ki poleg mikroročunalniškega dela vsebuje še modem, ali pa v računalnik vgrajeno komunikacijsko kartico, ki vsebuje potrebne modeme.

Delo TNC-ja lahko opravlja tudi sam računalnik, seveda ob pomoči ustreznega programa, tako da potem potrebujemo le še modem. V Sloveniji je na voljo kar nekaj vmesnikov. TNC in megabitni TNC sta vmesnika, povezana preko serijskega vhoda na računalnik, in vsebujeta digitalni del, kjer se opravlja komunikacija z računalnikom in obdeluje tako sprejemne kot oddajne podatke ter različni modemi, 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 priklopiti drugih modemov; zato smo omejeni le na hitrosti, ki jih sam lahko obdeluje. ETNC in S5LinBox sta prav tako TNC vmesnika, ki pa za povezavo potrebujeta mrežni priključek RJ45. Za vgradnjo v računalnik sta bili razviti SCC in SCC/DMA katici, prirejeni specifičnim razmeram v Sloveniji. To sta kartici, ki jo vtaknemo v razširitveni konektor PC računalnika in vsebujeta SCC (Serial Communications Controller) vezja. Na kartici so modemi za 300/1200 b/s, Manchester modemi za hitrosti med 2400 in 76800 b/s ter PSK modemi za hitrost 1,22 Mb/s.

Vrsta radijske postaje je pogojena z želeno hitrostjo komunikacije. Za hitrosti do 2400 b/s so primerne tudi običajne UKV radijske postaje, za višje hitrosti pa potrebujemo posebne, doma razvite radijske postaje. Za hitrosti do 76800 b/s je primerna WBFM (Wide Band FM) širokopasovna radijska postaja, za še višje hitrosti pa posebna PSK radijska postaja.

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 z vgrajenim poštnim programom, 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 oglašča 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 čakalo naslovnika. Lastnost BBS-ov je, da so 24 ur na dan povezani v 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 144.950 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. Ker 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 na vsako naše vprašanje čakamo na odgovor kar precej časa.

Za delo z vozlišči moramo poznati osnovne ukaze. V svetu so se najprej pojavila vozlišča, sestavljena iz množice TNC-jev in modemov, ter vezja za povezavo le-teh, ki 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** poda spisek vseh vozlišč, BBS-ov in MailBox-ov, ki so avtomatično dosegljivi preko tega vozlišča. **Users** nam izpiše vse uporabnike, ki so trenutno priključeni na vozlišče, in s **Quit** zaključimo delo (izklop iz vozlišča).

V Sloveniji pa se vozlišče 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 68010/68360, ki trenutno omogoča priključevanje do deset različnih modemov in postaj. SuperVozelji so zamenjali stara vozlišča TheNet, saj so zmogljivejši in prepotrebni za hitrejša omrežja. SuperVozelj ima v glavnem slovenske ukaze, zato se ti 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 vozlišču. **Novice** so tekst, s katerim se uporabnike obvešča o vsem mogočem. **Poslušaj** vam javi, koga vse je v zadnjem času slišalo vozlišče, **Sporočij** pa je uporabljen zato, da uporabniku, ki je tudi priključen na to vozlišče, sporočite kratek tekst (namenjen je pogovorom med uporabniki). **Uporabniki** izpiše listo trenutno prisotnih uporabnikov, **Zapusti** pa zaključi zvezo.

Ker pa so na PR tudi BBS-i in MailBox-i, si pogledimo, kaj lahko počnemo z njimi. Ko se priključimo na kateregakoli od njih, lahko sprejemamo in pošiljamo sporočila, beremo biltene z vsega sveta ter prenašamo datoteke. Programi, na katerih tečejo BBS-i v Sloveniji, so 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 @ KA1KAM; sistem nas vpraša za naslov sporočila in ko ga vpišemo, lahko pričenemo 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.

```

Win Windows Packet Programs
C S50DXS
sh/0x/10
MS3V:553YMS
*** Klice S50DXS S57XX-5 na kanalu 3 ***
MS3V:553YMS connected to S50DXS
*** Povezava vzpostavljena na kanalu 3 ***
Hello June, this is S50DXS in Murska Sobota, Prekmurje
running DXSpider V1.51 build 57.263

S5: type info      W#: type guide
9A: type upute    OE/DL: type hilfe
I: type atuto

Cluster: 261 nodes, 37 local / 1619 total users Max users 2655 Uptime 23 14:16
S57XX de S50DXS 11-Apr-2004 0811Z >
18070.0 UK8UC      11-Apr-2004 0811Z  Cq                <DL7YS>
7045.0  M8000W     11-Apr-2004 0811Z  eu-009          <PH45>
26190.0 S79CQ     11-Apr-2004 0811Z  Sychelles 59 8111 cq club <KXCC>
24920.9 3B9C      11-Apr-2004 0810Z  BPSK31 split 500 to 1000Hz <DL7DXD>
3617.0  OMB2X      11-Apr-2004 0810Z  my son in contest !      <OH4RP>
21026.8 JASAPU   11-Apr-2004 0809Z                <I3WUT>
14252.0 EASKB/P   11-Apr-2004 0809Z  V-084              <OH3OI>
18121.0 ZB2IH    11-Apr-2004 0809Z  Cq                  <DL7YS>
21020.0 JASUB1   11-Apr-2004 0808Z                <I3WUT>
7044.0  11/1K7DM    11-Apr-2004 0811Z  DCI SP025          <IK1AWX>
S57XX de S50DXS 11-Apr-2004 0811Z >
11UJ 2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----
RO:fm 11UJ to S57XX-1 ct: RR0  (10:11:41)
RO:fm S57XX-1 to 11UJ ct: RR4  (10:11:42)
RO:fm 11UJ to S57XX-1 ct: RR0  (10:11:43)
RO:fm S57XX-1 to 11UJ ct: RR4  (10:11:43)
RO:fm 11UJ to S57XX-1 ct: RR0  (10:11:46)
RO:fm S57XX-1 to 11UJ ct: RR4  (10:11:46)

```

Packet radio lahko uporabimo za dostop do zanimivih informacij – npr: Kaj se dogaja na frekvenčnih pasovih?

Zaradi lažje uporabe vozlišč, BBS-ov, MailBox-ov in DXClustrov, 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 pakete, je potrebno preveriti, ali imamo vse pravilno nastavljeno. Nastavitve se opravijo s parametri in dobro jih je vsaj nekaj poznati, saj lahko s praviimi 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.

PARAMETER	1200 b/s	2400 b/s	19200 b/s	76800 b/s	1228800 b/s
TXDelay	300ms	220ms	20ms	10ms	1ms
MAXFrame	2	4	7	7	7
Paclean	100	100	255	255	255
Slottime	130ms	70ms	20ms	10ms	1ms
P-Persist	32	32	64	64	64
Frack	10s	8s	2s	1s	1s
Resptime	2000ms	1000ms	180ms	150ms	15ms

Pregledna tabela priporočljivih nastavitev, urejena za 1200 b/s, 2400 b/s, 19200 b/s, 76800 b/s, 1228800 b/s ob povprečno zasedeni frekvenci:

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.

In kako je s packet radiom v Sloveniji? Imamo preko petintrideset vozlišč in več BBS-ov in DXClusterov (stanje januarja 2004). Vhodi za uporabnike so na 2m, s hitrostmi med 1200 b/s in 2400 b/s, na 70cm 1200 b/s, 19200 b/s, 38400 b/s in 76800 b/s ter na 1,2GHz in 2,3GHz 1,2288 Mb/s. Za hitrosti do vključno 1200 b/s se uporablja AFSK modulacija, za hitrosti do 76800 b/s manchester modulacija in za višje hitrosti PSK modulacija. Povezani smo s sosednjimi državami, tako da je možno potovati po celi Evropi, imamo pa tudi prehode na in z interneta, preko katerega se povezujemo z radioamaterji po celem svetu ...

Posodobitev mreže je ves čas prisotna in razvoj strojne in programske opreme za še hitrejše povezave je v teku.

4.4.8. APRS

Kot nadgradnja AX.25 protokola in njegova združitev z GPS (Global Positioning System) satelitsko

navigacijo se je za zelo uporabnega pokazal APRS (Automatic Position Reporting System), ki ga je v poznih 80-ih letih prejšnjega stoletja razvil Bob Bruninga, WB4APR, z namenom izrisovanja geografske lokacije določene radioamaterske radijske postaje. Po svoji uradni predstavitvi leta 1992 je doživel veliko dopolnitev in v zadnjem času ga, predvsem zaradi vseh dodatnih storitev, ki jih omogoča, imenujejo Automatic Packet Reporting System, saj njegova naloga ni več le javljanje lokacije določene radijske postaje, temveč je precej širša. Osnovne funkcije, ki jih omogoča, so: izris geografske lokacije, telemetrija, javljanje meteoroloških podatkov, izmenjava sporočil med udeleženci v omrežju, izris DX Cluster informacij, uporaba satelitov, radiogoniometrija itd.

Dobra lastnost protokola je, da ne potrebuje zapletene opreme, saj izmenjava podatkov poteka s pomočjo običajne radijske postaje in pri hitrosti 1200 b/s z AFSK modulacijo, torej z opremo, ki jo uporablja večina radiomaterjev ali pa jo hrani v kakšnem zaprašenem kotu.

Radijske postaje v APRS omrežju lahko grobo razdelimo na stacionarne in mobilne. Mobilne imenujemo tudi sledilnik (tracker), saj so v njihovi opremi radijska postaja, TNC in GPS sprejemnik, ki paketke podatkov iz te radijske postaje opremlja s točno lokacijo. Stacionarne postaje ne potrebujejo GPS sprejemnika, imajo pa lahko vlogo digipiterja in posredujejo informacijo iz sledilnikov ostalim postajam. V Evropi se za APRS frekvenco uporablja predvsem 144.800 MHz, kar je smiselno, saj tako sledilniku ni potrebno skrbeti, na kateri frekvenci je potrebno oddajati.

4.4.9. MGM

Zaradi hitrega razvoja različnih "modernih" vrst komunikacij se je uveljavil splošni izraz MGM – Machine Generated Modes (strojno generirani načini dela), ki zajemajo vse sedanje in bodoče vrste digitalnih komunikacij. Zato ni presenetljivo, če je v razporeditvi frekvenčnega pasu določen del namenjen MGM.

4.5. AMATERSKE SSTV IN FSTV (ATV) ZVEZE

4.5.1. SSTV IN FAX ZVEZE

SSTV - Slow Scan Television (prenos mirujočih slik na daljavo) je eden izmed 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 vse medije, namenjene zapisu zvoka. Pri obeh načinih prenosa nastaja slika (vrstico za vrstico) v trajanju najmanj 8 sekund pri nizkoločljivem SSTV, pa do nekaj minut pri analogni ali digitalni SSTV oziroma 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 počasi 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 ali PC za arhiviranje opravljenih zvez. Samostojno napravo - Scan Converter dandanes 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 to, 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 z modulatorjem za povezavo na radijsko postajo in kasetofon za arhiviranje. To posebno opremo preprosto nadomesti uporaba DSP ali PC računalnika z ustreznim programom in preprostimi vmesniki.

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 (videla) naš

klic, bo po zaključku naše oddaje in krajši pavzi oddala sliko z vsebino: S59XXX DE S59YYY PSE K. Sedaj S59XXX odda prvi del zveze s serijo slik, ki 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 korespondenti po vnaprejšnjem dogovoru lahko tudi pogovarjamo.

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-belim ali barvnem tiskalniku, so lahko zelo lep in trajen spomin na opravljene zveze.

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

4.5.2. 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 - žive slike. Poznamo analogne (ATV) in digitalne (DATV) prenose žive slike. Osnovne lastnosti ATV oblik prenosa so: ATV signal je po svoji zgradbi zelo kompleksen in zaradi tega zasede pri analognem prenosu večjo pasovno širino (od 8 do 16 MHz); poleg slike se v enem ali več tonskih podnosilcih (SBC - Sub Carrier) prenašajo vzporedno s sliko tudi zvočne informacije. Glede na zahtevano pasovno širino lahko ATV signale prenašamo izključno na višjih UHF amaterskih pasovih. Standard video signala v S5, I, OE in DL je PAL, za prenos pa se pri analogni ATV uporablja frekvenčna modulacija (FM), pri digitalni ATV pa je najbolj razširjen DVB-S standard s QPSK modulacijo. Oba sta po kvaliteti enakovredna običajnim satelitskim TV oddajam in ju je moč sprejemati tudi s komercialnimi SAT sprejemniki.

Opremo, potrebno za analogno 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. Opremo, ki je potrebna za digitalno ATV (DATV), sestavljajo: DVB-S enkoder z multiplex-om in QPSK modulatorjem, ultra linearne oddajne stopnje ter ostala oprema, našeta pri analogni ATV. Za sprejem potrebujemo DVB-S kompatibilen sprejemnik in običajen TV ali video monitor ter antene s predojačevalnikom za ustrezen frekvenčni pas.

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. Radijsko postajo nastavimo vedno na pogovorno frekvenco, 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 generatorja oziroma v kamero. Črke naj bodo kontrastnih barv in zelo velike. Tako 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 pogovorni frekvenci. 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), jakosti sprejetega video 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 s traku ali digitaliziranih slik z računalnika. Po uspešni zvezi lahko korespondentu na njegovo željo predvajamo dele njegove oddaje, posnete na našem traku, da sam vidi kvaliteto lastne oddaje.

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, nadmorska višina in ostali podatki. Repetitorske postaje imajo vgrajeno eno ali več testnih slik s klicnim znakom in podatki sistema. Sodobni

ATV repetitorji oddajajo v video signalu tudi teletext video strani. Osebne in repetitorske postaje vključujejo svoj video identifikator na začetku in ob koncu ATV zveze, po potrebi pa tudi občasno ali trajno med zvezo. Pri delu preko ATV repetitorja upoštevajmo navodila za delo, ki so običajno objavljena na informacijski strani video spomina na ATV repetitorju ali na spletnih straneh. Uporabljajmo le tiste ukaze ATV repetitorja, katerih pomen natančno poznamo. Namen ATV repetitorjev pa ni le vzpostava ATV zvez, temveč tudi predvajanje radioamaterskih in drugih filmov, katerih vsebina je povezana s telekomunikacijami ali ostalimi radioamaterskimi aktivnostmi. Raba ATV za komercialne - neamaterske namene ni dovoljena.

4.6. 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 vzpostavljene 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. vrsto 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.

Seveda pa vedno več radioamaterjev dnevnik radijske postaje vodi s pomočjo računalnika. Vsebinske razlike med zapisoma ni; v obeh primerih so predpisani

DATE 19.17	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.	0544	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/CFH	14 CW	599	599	NA-67 (IOTA)		✓	
15.12.	1226	S59AR	144 FM	59	59		DRAGO		
"	1252	S57XX	144 SSB	59	59	JN76DI	JURE		
"	1256	S57GM	144 SSB	59	59	JN76DJ (SKOPJAN)	BOBUT		
16.12.	1414	S58AM	432 CW	559	559	JN86CR			

Dnevnik amaterske radijske postaje (LOG)

podatki, ki so obvezni za vpis v dnevnik, in prav tako se morajo podatki hraniti najmanj tri leta po zadnjem vpisu.

4.7. 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 res imeli zvezo 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 (14 x 9 cm, s čim manjšim odstopanjem). To pa ne pomeni, da ne smemo imeti večjega formata (in biti posebnější; 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 izgleda. 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

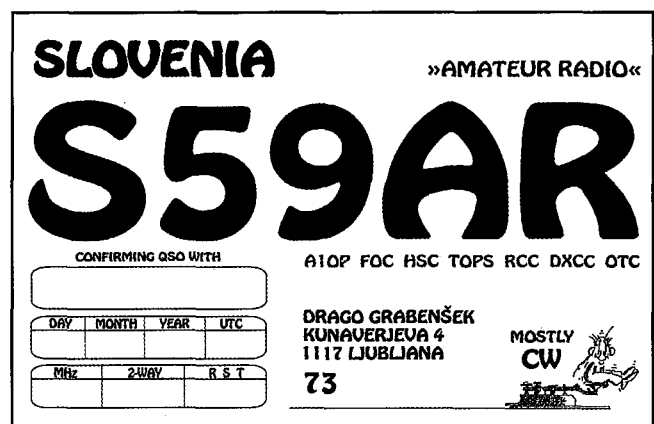
in tehnični opremi, UL lokator idr.) ter podatke o vzpostavljeni zvezi (klicni znak korespondenta, datum in čas zveze, frekvenca, vrsta oddaje in raport). Običajno je na kartici tudi prostor za krajša sporočila naslovniku. QSL kartico lahko izdelamo kar sami - nekateri radioamaterji imajo spretno roko, 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 podjetja vedo, da le-te potujejo 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.

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 nalepko prilepimo na ustrezno mesto, in prav, da se na nalepko podpišemo. Uporaba nalepke za že prej tiskane kartice je rešitev v sili in primerna 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.

Poglejmo, kako izgleda QSL kartica:



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.

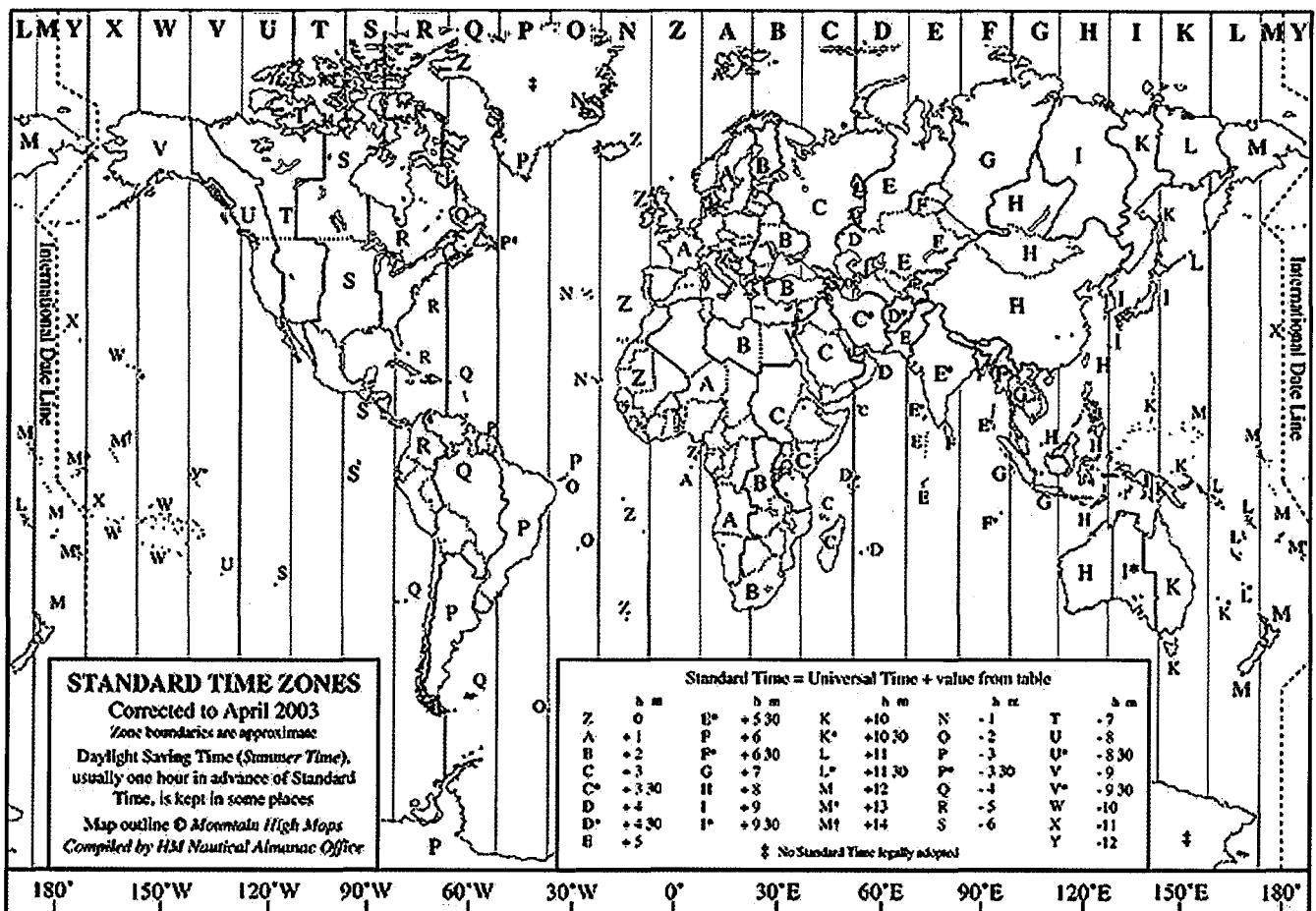
Tudi ZRS ima za člane organiziran takšen servis - QSL BIRO ZRS. QSL kartice pošiljamo ali osebno prinesemo na ZRS. Tu jih razvrščajo po državah in ko se nabere ustrezna količina, pošiljajo na QSL biroje po svetu. V obratni smeri pa se dospele QSL kartice razvrščajo v predale (vsak radioklub ZRS ima svojega). 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 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).

4.8. ČASOVNE CONE IN KOORDINIRANI UNIVERZALNI ČAS (UTC)

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°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 določimo tako, da času v začetni časovni coni prištejemo (za vzhod) ali odštejemo (za zahod) številko te cone.



Časovne 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 pogosto sekajo 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 s srednjeevropskega pasovnega časa na poletno računanje časa in prehod 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 ga obvezno uporabljamo 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.

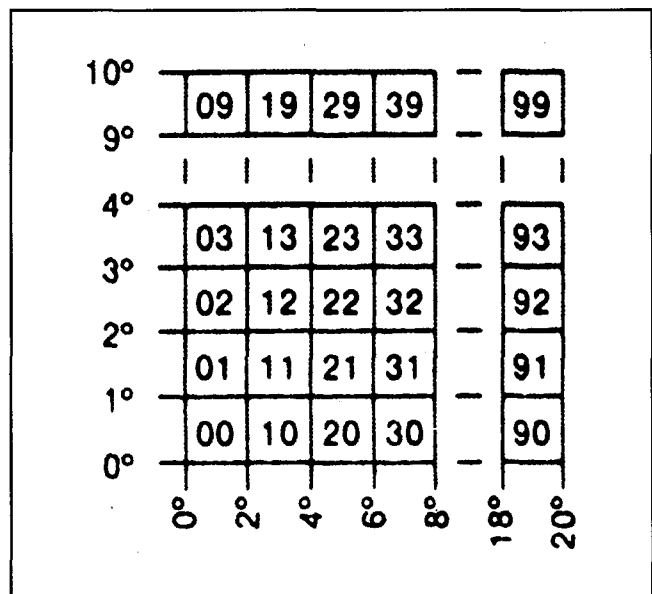
Pa še nasvet: aktivni radioamaterji imajo pri radijski postaji uro, ki je stalno naravnana na UTC čas. Na tržišču se dobijo posebne radioamaterske ure, ki kažejo čas v UTC in čase v različnih krajih po svetu.

4.9. UNIVERZALNI LOKATOR

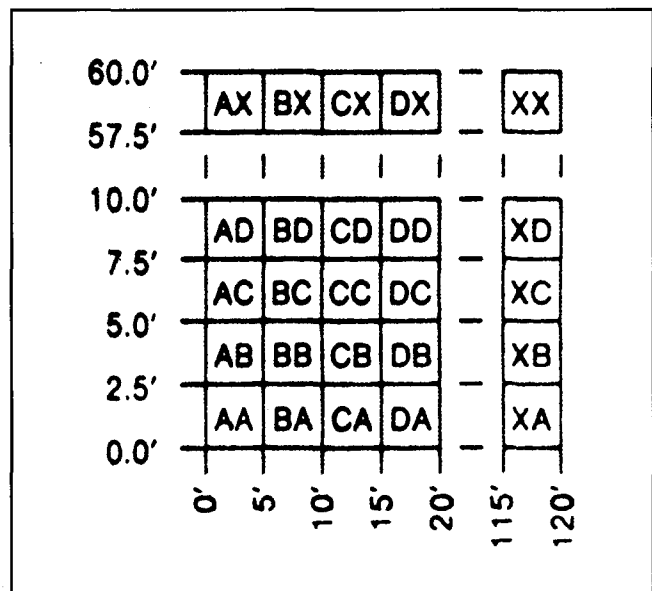
Pri vzpostavljanju amaterskih radijskih zvez (še posebno na UKV frekvencah, v tekmovanjih in pri pridobivanju nekaterih diplom) je pomembna oddaljenost oziroma lokacija radijske postaje. Za določevanje geografske pozicije se običajno uporablja geografske koordinate: zemljepisno dolžino (poldnevnik) in 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 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 slika velikih polj (FIELDS).



Kvadrati (SQUARES)

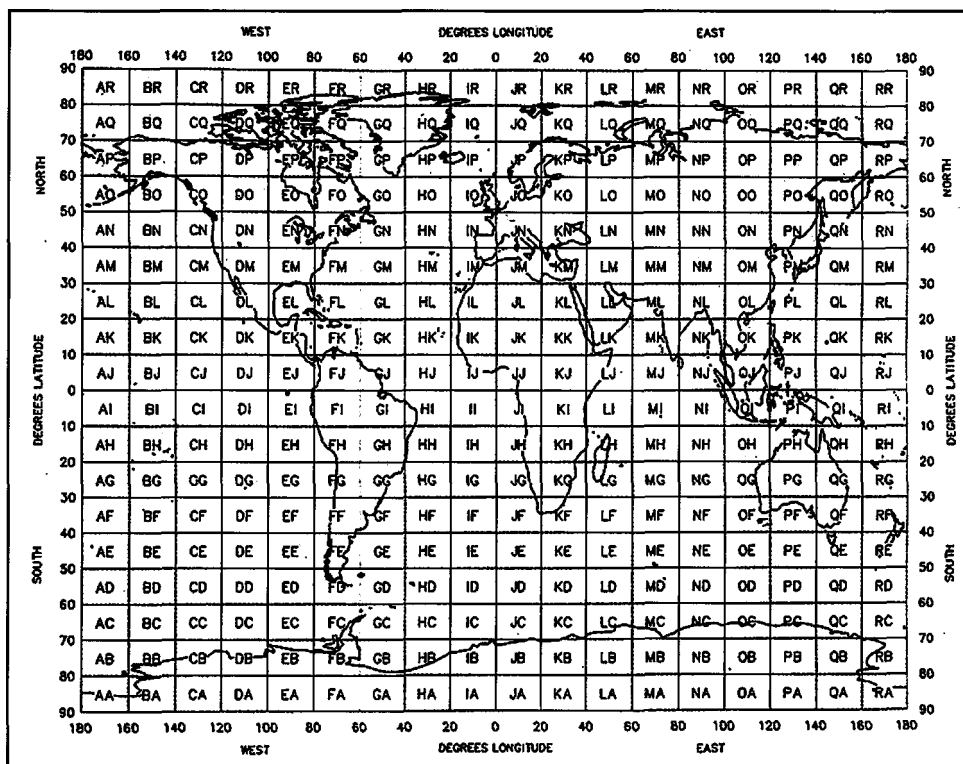


Mali kvadrati (SUBSQUARES)

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 slikah SQUARES in SUBSQUARES. Izraza kvadrat in mali kvadrat privzemamo pogojno, saj je njuna oblika dejansko vse prej kot kvadrat (kar si lahko ogledamo na globusu).

Velika polja (*FIELDS*)

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 se nahaja naš kraj, določimo točno lokacijo po poziciji le-tega v malem kvadratu (peti in šesti karakter v UL). Za primer pogledimo UL JN76FB: lokacija je Ljubljana-Šiška.

4.10. 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 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 vzpostavljane 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, ki so objavljena 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.

Omenimo še posebno zvrst radioamaterskega tekmovanja, kjer se ne vzpostavlja radijskih zvez - AMATERSKO RADIOGONIOMETRIRANJE (ARG) ali ARDF (Amateur Radio Direction Finding). To je tekmovanje, kjer radioamaterji s posebnimi sprejemniki - radiogoniometri, imenovani 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 sabo 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, druge 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.

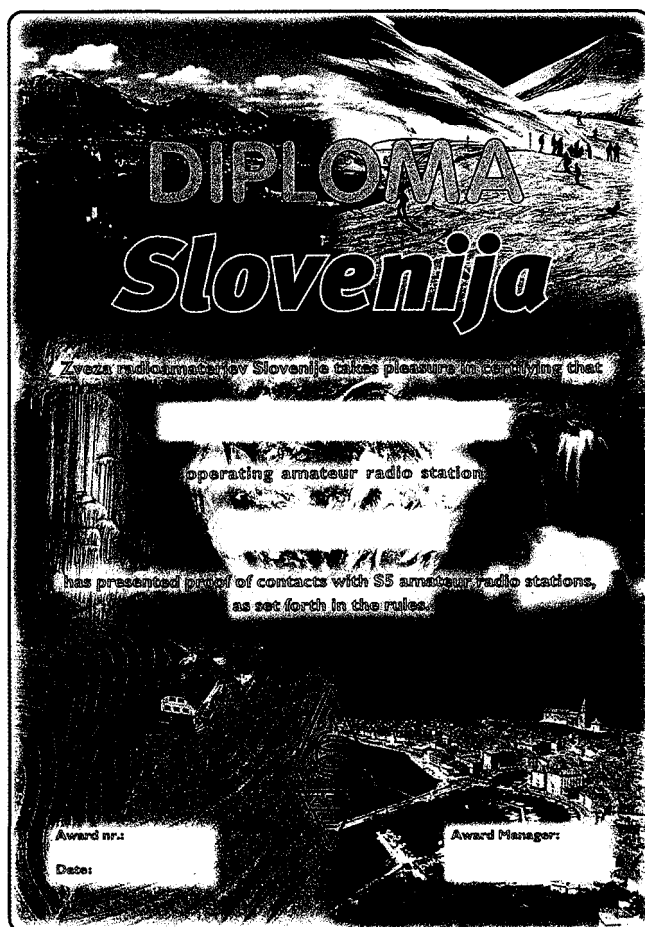
4.11. RADIOAMATERSKE DIPLOME

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, 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 operatorski 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 radioamaterski 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).

Ne pozabimo tudi dveh slovenskih diplom, in sicer:

DIPLOMA SLOVENIJA

S5 UL DIPLOMA

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 v političnem smislu manj kot 200 držav, „radioamaterska lista držav“ pa jih pozna preko 300. Za „radioamatersko državo“ namreč štejejo tudi določena geografska področja, npr. otok

Aland - OH0, ki je sicer država Finska, Kanarski otoki - EA8, sicer Španija ipd. Število držav se spreminja, zato si lahko vsak, ki ga to zanima, poišče zadnje podatke na svetovnem spletu.

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!

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 pridobitev diplom. 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 operatersko 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.

4.12. 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 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 je nastal 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 združujeta 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.

4.13. 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 frekvenci“.

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 s 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 neštetokrat 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 v vojni prizadetemu prebivalstvu na Hrvaškem ter v Bosni in Hercegovini.

Zveza radioamaterjev Slovenije je ob petdesetletnici delovanja prejela odlikovanje Častni znak svobode Republike Slovenije (leta 1997) za humanitarno pomoč pri naravnih in drugih nesrečah in še posebej za zasluge v procesu osamosvajanja Republike Slovenije.

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.

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, običajnimi radioamaterskimi zvezami. Delovanje teh amaterskih radijskih zvez je treba organizirati tako, da je v čim manjši meri motena vsakodnevna radioamaterska dejavnost.

Vidimo torej, da mednarodna skupnost tudi tu radioamaterjem priznava pomembno vlogo v svetovnem merilu. To nalogo so radioamaterji že neštetokrat 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{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 ustrezno pooblaščen osebe - radioamaterji, ki opravijo predpisan 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!

CQ ZRS

GLASILO ZVEZE RADIOAMATERJEV SLOVENIJE
Letnik VIII - Številka 2 - April 1997 - ISSN 1408-5799

XXV. KONFERENCA ZRS
IN HAMFEST ZRS
VOGRSKO PRI NOVI
GORICI, 19. APRILA 1997

ZRS/IARU INFORMACIJE

PRAVILNIK O IZPITIH
ZA AMATERSKE
OPERATERJE

PRAVILA ZA TEKMOVANJA
V AMATERSKEM
RADIOGONIOMETRIRANJU

SSB/CW RTX
ZA 1296 MHz Z NIČELNO
MEDFREKVENCO

VESOLJSKI NADZORNIK
MOČI Z IMENOM LEILA


RADIOAMATERSKE
DIPLOME

Članicam in članom ZRS
iskrene čestitke
ob podelitvi odlikovanja
Častni znak svobode
Republike Slovenije

PREJEMNIC
REPUBLIKE SLOVENIJE

ODLIKA

S ČASTNIH ZNAKOV SVOBODE
REPUBLIKE SLOVENIJE



II. ELEKTROTEHNIKA IN RADIOTEHNIKA

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 ... 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 elektrotehnike.

5.1. ELEKTRIČNI TOK, NAPETOST IN UPORNOST

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

5.1.1. 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 uporabljamo za pogon raket. V primeru, da se skupaj povežejo dva atoma vodika in en atom kisika,

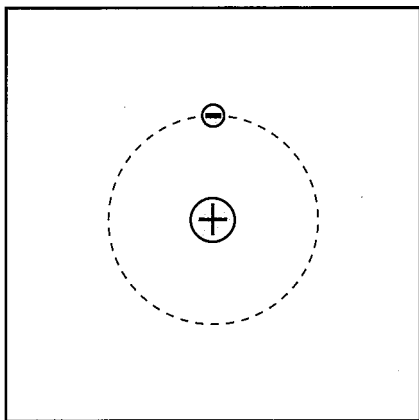
nastane molekula vode. Kot vsi vemo, voda ne gori, uporabljamo jo celo za gašenje.

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 pravilen način in v pravilnem razmerju, smo dobili natrijev klorid ali kuhinjsko sol.

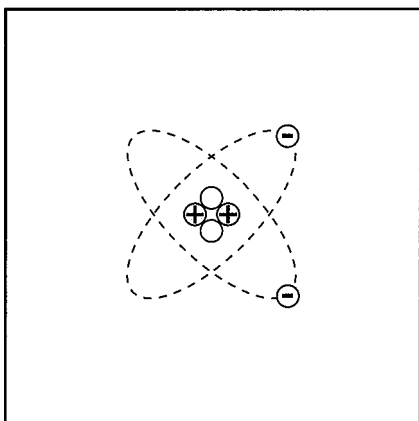
Kot smo že omenili, so nekoč mislili, da je atom nedeljiv in najmanjši delec. V nasprotju s tem mišljenjem je sodobna znanost ugotovila, da je atom zgrajen iz še manjših sestavnih delcev. Še več - znanstvenikom je uspelo atom razcepiti (razgraditi). Odkrili so, da je atom sestavljen iz dveh osnovnih 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 elektrotehniko 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 ga 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.

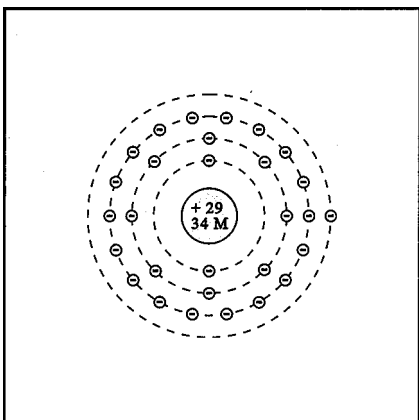


Slika 5.1.1 Atom vodika



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). 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.



Slika 5.1.3 Atom bakra

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 VALENČNI 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 prestande 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.

5.1.2. 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 (amper – sekunda), 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 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).

Opozoriti moramo na sledeče: Količina električnega naboja je težko merljiva fizikalna veličina. Zaradi tega so raje kot osnovno enoto določili tok. Enote za ostale veličine so zaradi tega izpeljane iz osnovnih enot. Več o električnem toku v sledečem poglavju.

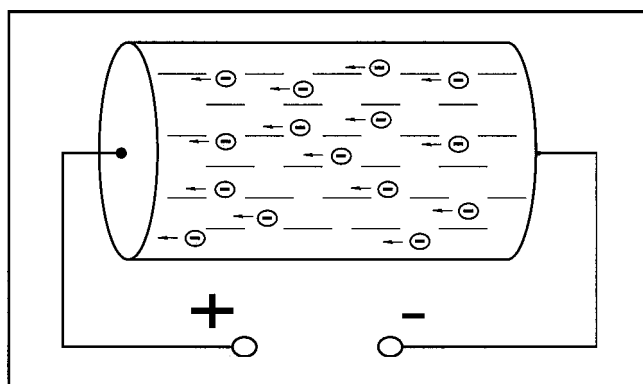
5.1.3. ELEKTRIČNI TOK

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.



Slika 5.1.4 Pretok elektronov - električni tok

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).

5.1.4. 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 ne ustvarja prostih nosilcev, le požene jih 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 Alessandru 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).

5.1.5. 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 elektrotehniko in elektroniki. Vsako žico, ki prevaja električni tok, moramo izolirati in s tem odstraniti možnost kratkega stika. Zelo opazni izolatorji so na daljnovidnih visoke napetosti. Pomembni so tudi pri antenah, 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. Predstavniki teh snovi sta germanij in silicij. Več o njih bomo govorili v poglavju 5.5. Polprevodniki.

5.1.6. ELEKTRIČNA UPORNOST

Nekatere snovi slabše prevajajo električni tok kot druge. ELEKTRIČNA UPORNOST je lastnost snovi, da se upira 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 OHMMETER. 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 1mm^2 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), čim bolj debele.

Zgornje ugotovitve lahko strnemo v sledeči enačbi:

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

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

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 (mm^2)
 t - temperatura ($^\circ\text{C}$)
 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 izvedbi ločimo:

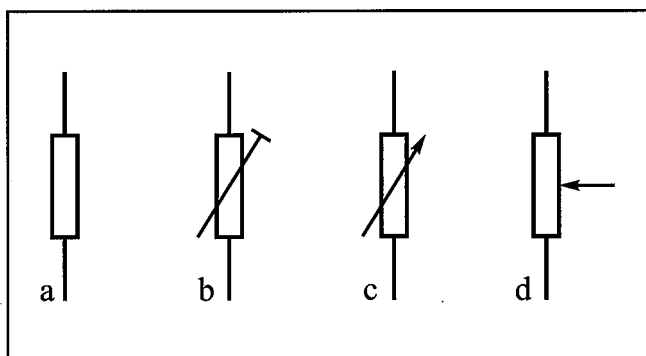
1. Žične upore: naviti so iz uporovne žice. Določena dolžina žice je navita na izolacijsko cevko, ki je

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 poznamo:

1. Stalne upore: imajo stalno, v tovarni določeno vrednost;
2. Nastavljive upore: vrednost lahko sami nastavimo s pomočjo drsnika ali odcepov, 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.



Slika 5.1.5 Simbol za stalni (a), nastavljivi (b), spremenljivi (c) upor in potenciometer (d)

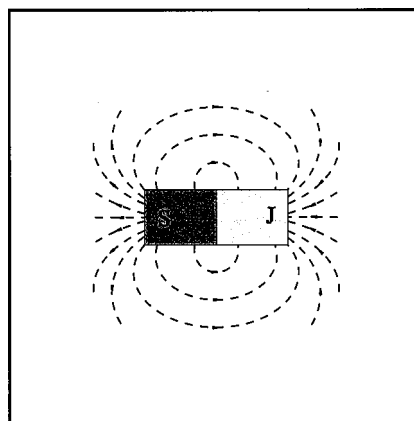
Vrednost uporov se običajno podaja s pomočjo barvnih obročk. Več o označevanju si pogledajte v dodatku na koncu knjige.

5.1.7. 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 magnetna 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 pa privlačita; podobno

kot pri elektrostatiki. 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 sovpada z magnetnimi silnicami, ki so namišljene črte, ki povezujejo severni in južni pol magnet. Okoli magnetna obstaja torej polje, ki mu pravimo MAGNETNO POLJE. Jakost magnetnega polja označimo z H , merimo pa z enoto A/m (amperov na meter).



Slika 5.1.6 Paličasti magnet

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

V primeru, da kos magnetna 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.

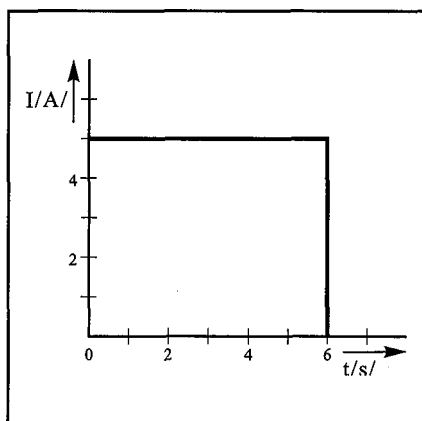
Poleg stalnih magnetov pa v elektrotehniko poznamo tudi elektromagnete. Če skozi žico, ki je v bližini magnetne igle, spustimo električni tok, bomo opazili, da se magnetna igla odkloni. To nas pripelje do zaključka, da se tudi okoli žice ustvari magnetno polje, ki ga povzroči električni tok v vodniku. 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.

5.1.8. ENOSMERNI TOK

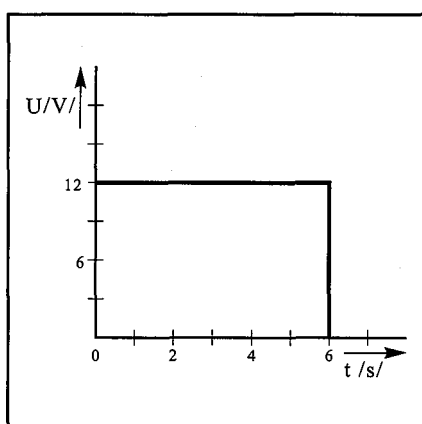
V poglavju o električnem toku smo povedali, da je to usmerjeno gibanje nosilcev naboja. V primeru, ko

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.



Slika 5.1.7 Enosmerni tok



Slika 5.1.8 Enosmerna napetost

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).

5.1.9. 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 povzroči 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.

5.1.10. CELICE IN BATERIJE

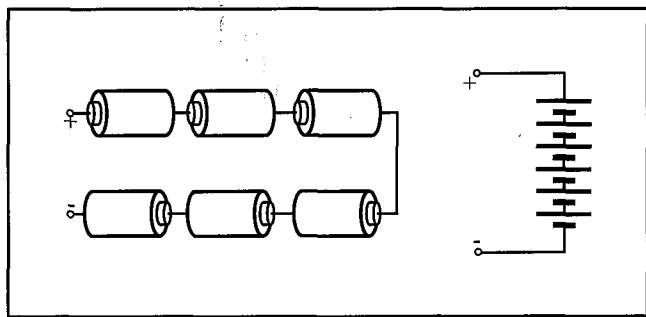
ELEKTRIČNE CELICE so priprave, ki spreminjajo kemično energijo v električno. Več skupaj povezanih posameznih celic imenujemo BATERIJA ali AKUMULATOR. Pojem baterija ponavadi označuje element, ki ga po uporabi, ko se izprazni, odvržemo. Nasprotno s tem je akumulator obnovljiv element, ki ga je po izpraznitvi 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 sta narejeni iz cinka in oglja, med njima se nahaja elektrolit. Taka celica daje napetost 1.5V.

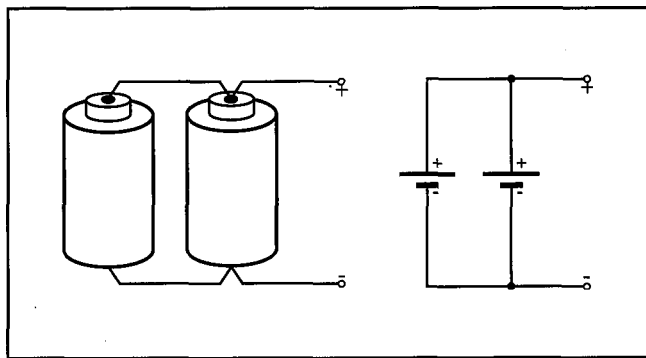
Celica, ki sestavlja avtomobilski akumulator, daje napetost 2V. Pri njej sta elektrodi iz svinca, kot elektrolit služi kislina.

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



Slika 5.1.9 Zaporedna vezava celic

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.



Slika 5.1.10 Vzporedna vezava 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 poziti-

ven, 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 ($5A \cdot 2h = 10Ah$). 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 (R_g). 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;
 - Živosrebna celica daje napetost 1.4V. Je dražja, vendar je tudi njena življensko 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

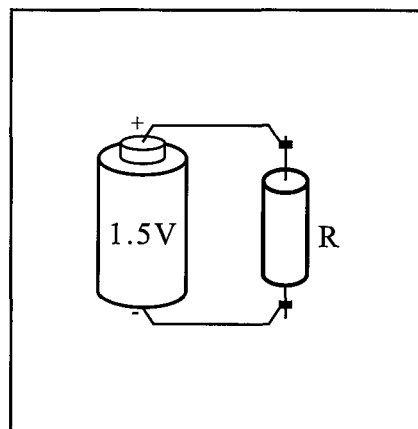
tok v obratni smeri, kot teče pri praznjenju. S tem pa obrnemo tudi kemični proces in regeneriramo napetost celice na vrednost pred praznjenjem. Nekateri predstavniki takih celic so:

- Svinčena celica, ki jo običajno najdemo v avtomobilih. Daje napetost 2V in omogoča praznjenje z zelo velikimi tokovi. Problem predstavljata elektrolit (žveplena kislina, ki je zdravju nevarna, razjeda pa tudi razne materiale) in vzdrževanje, saj je sorazmerno zahtevno. Njeni dobri lastnosti sta nizka cena in velika kapaciteta.
- Nikelj-kadmijeva (NiCd) celica je zelo popularna in ima ob pravilnem ravnanju zelo dolgo življenjsko 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 izprazenjen, 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 dva-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 s procesorjem računalnika.

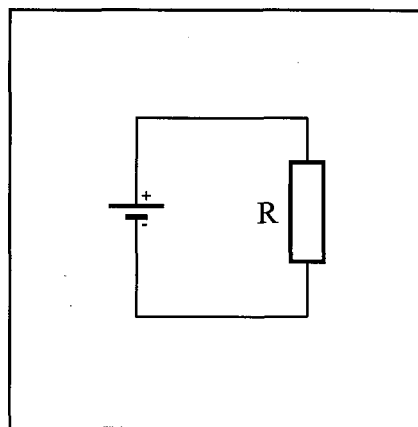
5.1.11. ELEKTRIČNE SHEME

V elektrotehniko in elektroniko želimo na čim bolj preprost in vsem razumljiv način predstaviti vsako električno vezje. Na sliki 5.1.11 imamo narisano preprosto električno 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 elektrotehniko 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.

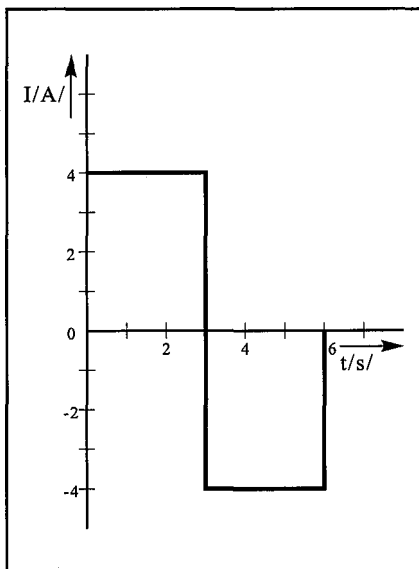
V tem poglavju smo se že seznanili s simboli za baterijo, upor in povezave. Veliko več jih boste spoznali v nadaljevanju, ko se bomo seznanjali s posameznimi elementi, ki jih uporabljamo v elektrotehniko in elektroniki. Na koncu priročnika so zbrani najpogosteje uporabljeni simboli, ki jih srečamo v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

5.1.12. 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 jo pogosto opazimo, 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.

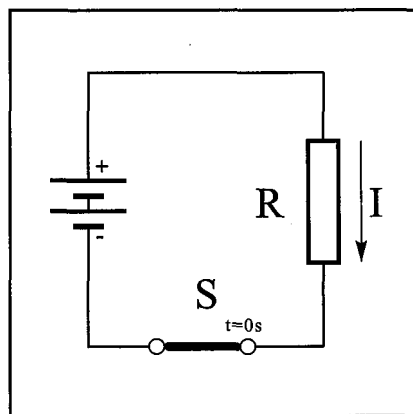
Podobno kot potek enosmernega toka lahko tudi potek izmeničnega prikažemo v diagramu (Slika 5.1.13), celoten proces pa osvetlimo s pomočjo vezij na slikah 5.1.14 in 5.1.15.



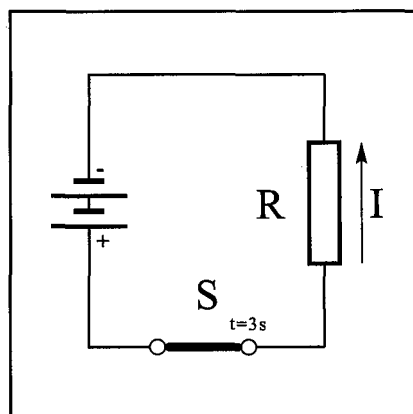
Slika 5.1.13 Tokovni diagram izmeničnega toka.

Ob času $t=0$ sklenemo stikalo S. Steče tok I v smeri, kot ga označuje puščica (Slika 5.1.14.). V diagramu 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.



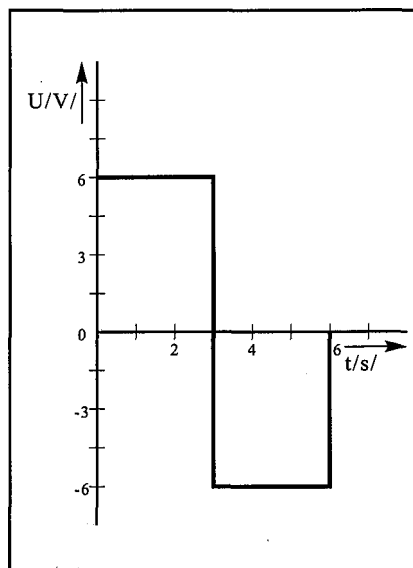
Slika 5.1.14



Slika 5.4.15

Vezi za ponazoritev izmeničnega toka

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.



Slika 5.1.16 Potek napetosti izmeničnega generatorja

Vidimo, da spreminjamo napetost med dvema meja-
ma, 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 nega-
tivno napetost. V našem primeru smo si izbrali napetost
6 voltov.

5.1.13. VIRI IZMENIČNGA TOKA

V začetku je bilo pridobivanje in izkoriščanje elek-
tričnega 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 gene-
ratorja, na katerem še danes sloni vsa proizvodnja in
izkoriščanje izmeničnega električnega toka. Ta znan-
stvenik 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 iz-
menični tok v primerjavi z enosmernim, zato je pridobivanje
enosmernega toka v elektrarnah kmalu zamrlo. Ker pa enosmerni tok še vedno potrebujemo za delo-
vanje 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. Resnici na
ljubo so to le odjemna mesta, prave vire pa je iskati v
elektrarnah, v katerih so nameščeni električni genera-
torji. 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.

5.1.14. 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

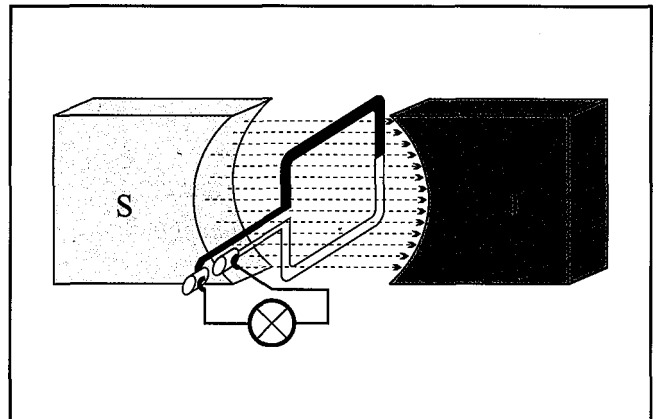
maksimalna inducirana napetost (U_{max}) odvisna od
jakosti magnetnega polja, dolžine zanke in od hitrosti,
s katero se premika vodnik. Zaradi tega sta za električni
generator potrebna močno magnetno polje in hitro pre-
mikajoča se zanka.

Na sliki 5.1.17 vidimo principielno 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 od-
visnosti 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 pre-
ko te lege se inducirana napetost začne manjšati. Vsake
pol obrata se spremeni predznak napetosti na odjemnih
obročih generatorja.

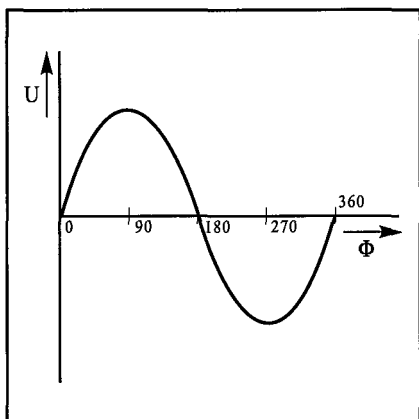


Slika 5.1.17 Generator izmeničnega toka

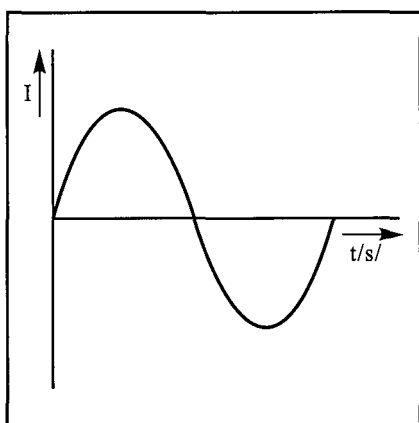
Potek napetosti nam prikazuje slika 5.1.18. Na nav-
pično os nanašamo velikost napetosti, na vodoravno pa
položaj zanke izražen v stopinjah. Pri 0 in 180 stopinjah
je zanka pravokotna na silnice, zato v njej ni inducirane
napetosti. Maksimum je takrat, ko je zanka vzporedna s
silnicami - pri 90 in 270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

Podobno sliko dobimo, če opazujemo potek toka sko-
zi 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 elektrotehniko zelo pogosta. Srečamo jo tudi pri elektromagnetnih valovih. Pogosto se bomo srečevali z izrazi kot so: frekvenca, amplituda, faza, hitrost širjenja, vrhna vrednost, srednja vrednost, efektivna vrednost in druge. Zaradi tega je dobro, da si sinusno porazdelitev ogledamo malo podrobneje.



Slika 5.1.18 Napetostni diagram generatorja izmeničnega toka

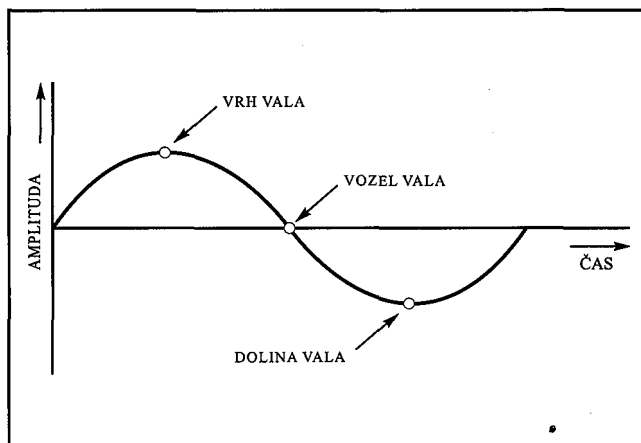


Slika 5.1.19 Tokovni diagram izmeničnega generatorja

5.1.15. 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 sinusni val 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 pojmov, 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.



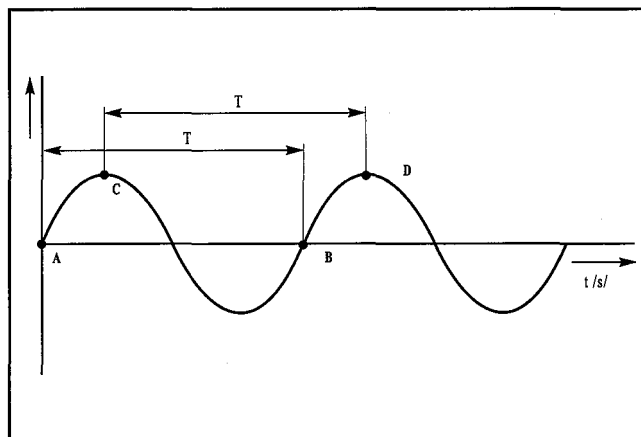
Slika 5.1.20 Sinusni val

FREKVENCA je naslednji pomembni pojem, ki je povezan z valom. Predstavljamo si, da s 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
 1Hz = 1/s

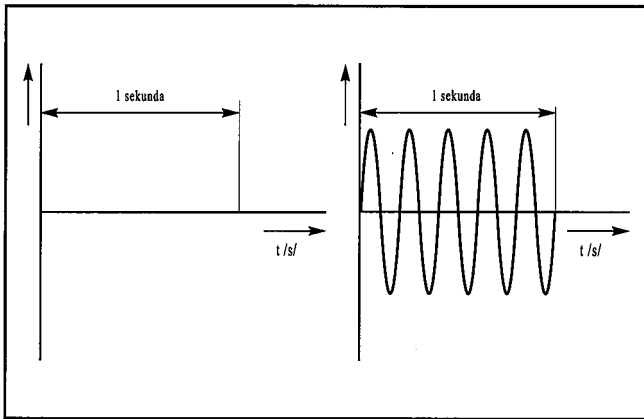


Slika 5.1.21 Frekvenca in perioda

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.



Slika 5.1.22 Signala z različnima frekvencama

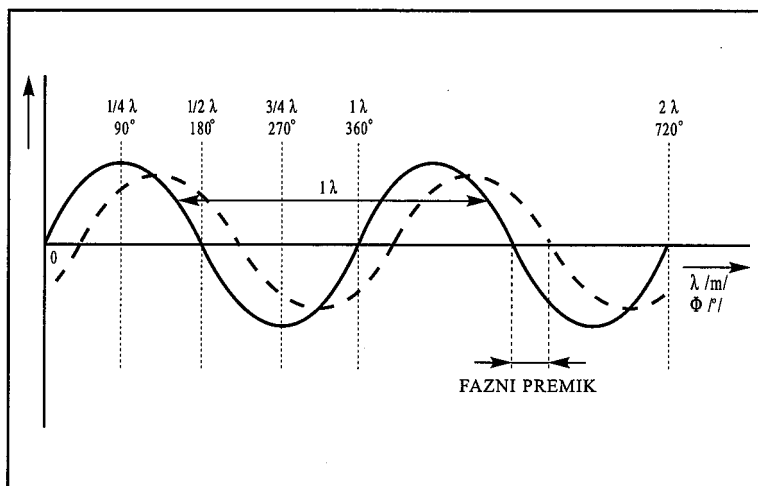
Izračunajmo, kakšna je frekvenca valovanja, če v času petih sekund naštejemo sto nihajev.

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

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).

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 četrtina nihaja 90 stopinj. Valovanji, ki med seboj nista zamaknjeni, nihata sofazno



Slika 5.1.23 Valovna dolžina in faza

- 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:

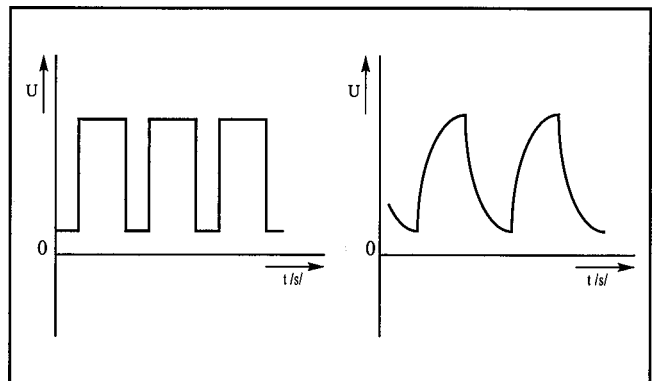
$$v = f \cdot \lambda$$

v - hitrost (m/s)
 f - frekvenca (Hz)
 λ - valovna dolžina (m)

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

5.1.16. DRUGE OBLIKE SIGNALOV

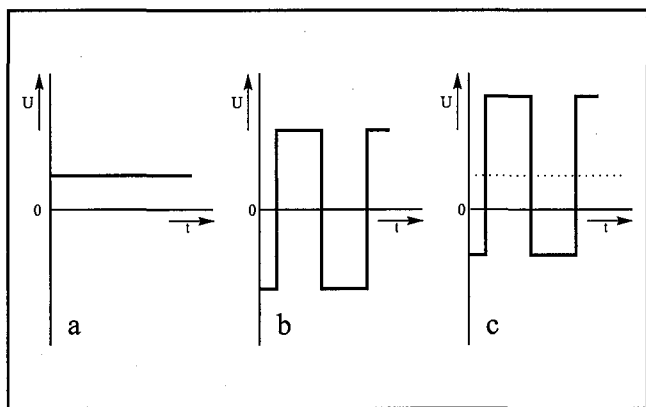
V elektrotehniko poleg enosmernih in sinusnih signalov srečamo tudi druge oblike, tako enosmernih kot tudi izmeničnih signalov. Na sliki 5.1.24 imamo dva primera enosmerne napetosti, kateri se spreminja amplituda, predznak (polariteta) pa ostaja nespremenjena. V takem primeru govorimo o PULZIRAJOČI enosmerni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



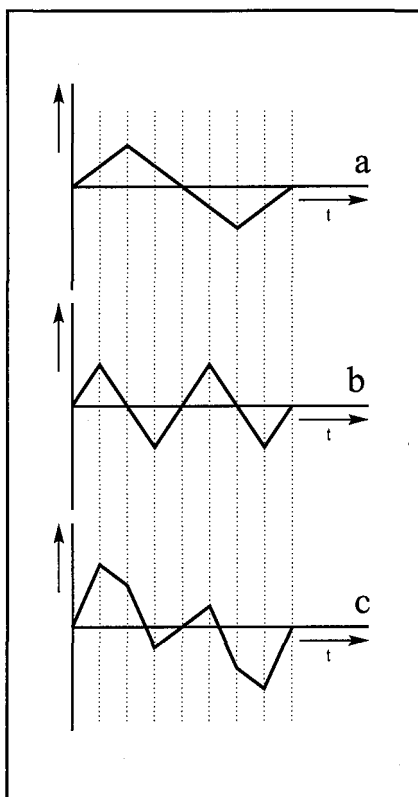
Slika 5.1.24 Pulzirajoča enosmerna napetost

V poglavju o izmeničnem toku smo se srečali s signalom pravokotne oblike. Poglejmo si, kaj se zgodi 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 seštel. Kot rezultat bi dobili signal na sliki 5.1.25.c. V takem primeru rečemo, da izmenični signal vsebuje tudi enosmerno komponento.

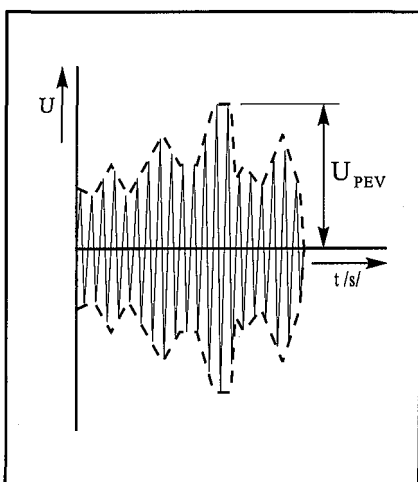
Sledeč primer nam podaja dva trikotna signala. Eden naj ima frekvenco f (osnovna frekvenca), drugi $2f$ (druga harmonska frekvenca). Če bi imeli še en signal z frekvenco $3f$, bi govorili o tretji harmonski frekvenci. Razmišljanje bi lahko nadaljevali v nedogled. Signala seštejmo; rezultat je neka sestavljena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



Slika 5.1.25 Enosmerna komponenta signala



Slika 5.1.26 Sestavljen signal

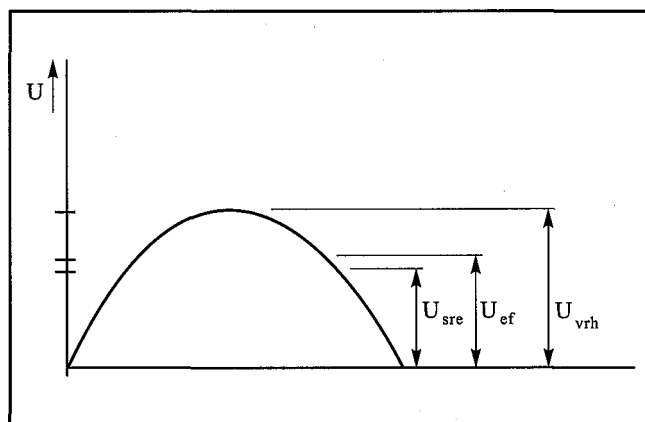


Slika 5.1.27 Zvočni signal

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 avdio signal. Pri takem signalu nas običajno zanima OVOJNICA signala. To je namišljena črta, ki povezuje vrhove posameznih valčkov. V sliki 5.1.27 je označena s prekinjeno črto.

5.1.17. 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).



Slika 5.1.28 Parametri sinusnega vala

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:

$$U_{vrh} = \sqrt{2} \cdot U_{ef} \approx 1.414 \cdot U_{ef} \quad U_{vrh} - \text{vrhnja vrednost napetosti (V)}$$

$$U_{ef} = \frac{U_{vrh}}{\sqrt{2}} \approx 0.707 \cdot U_{vrh} \quad U_{ef} - \text{efektivna vrednost napetosti (V)}$$

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} - vrhna vrednost napetosti (V)

U_{ef} - efektivna vrednost napetosti (V)

Pomemben podatek za obravnavo sestavljenih signalov (Slika 5.1.27) je vrhna 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 izmenične 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

5.2.1. 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.

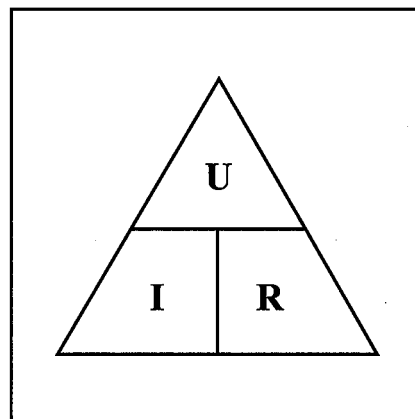
V primeru, da poznamo napetost in tok v vezju, lahko izračunamo upornost:

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

Upornost dobimo tako, da delimo napetost s 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 s 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!



Slika 5.2.1 Ohmov trikotnik

5.2.2. 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) - kilohme ali megaohme spremenimo v ohme.

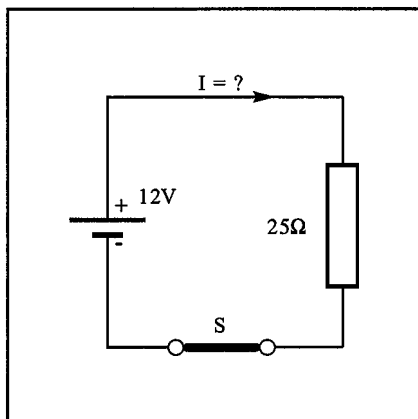
Izračunajmo nekaj značilnih primerov uporabe Ohmovega zakona. Za primer bomo narisali shemo, v kateri bomo označili znane vrednosti veličin.

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:

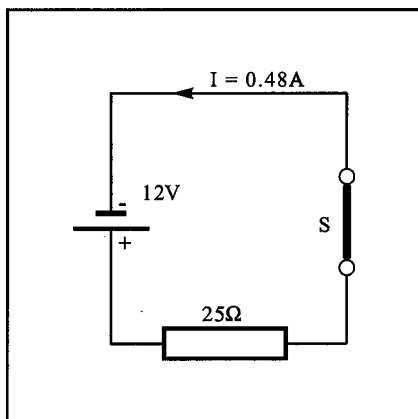
$$I = \frac{U}{R} = \frac{12V}{25\Omega} = 0.48A$$

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

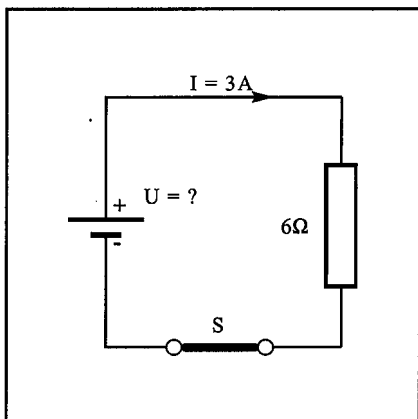


Slika 5.2.2 Zgled za izračun toka

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



Slika 5.2.3 Sprememba razporeditve (glej sliko 5.2.2)



Slika 5.2.4 Zgled za izračun napetosti

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).

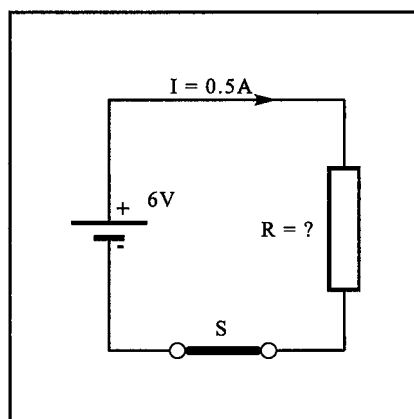
Skozi vezje naj teče tok $I=3A$, vrednost upora je $R=6\Omega$. Kakšna je napetost baterije?

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

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

Odgovor: Napetost baterije je 18 voltov.

Izračunajmo še vrednost upora R na sliki 5.2.5.



Slika 5.2.5 Zgled za izračun upornosti

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 25kΩ. 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:

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

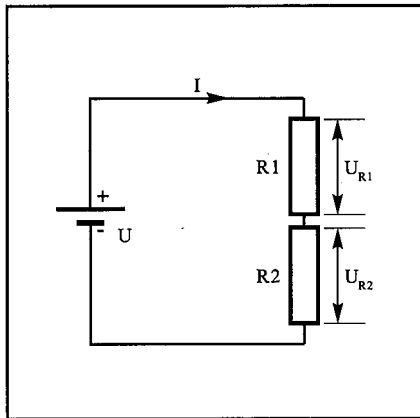
Skozi vezje teče tok 1μA.

5.2.3. 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.



Slika 5.2.6 Zaporedna vezava dveh uporov

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 uporju 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:

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

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:

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

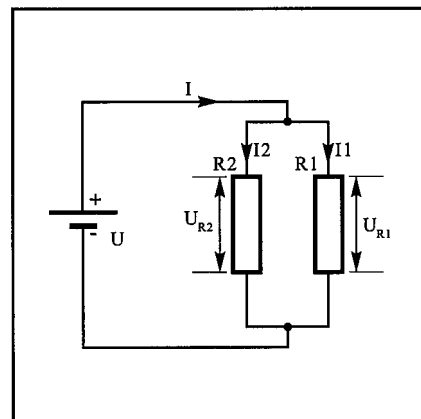
$$R_{skupna} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots}$$

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.

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



Slika 5.2.7 Vzporedna vezava dveh uporov

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:

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

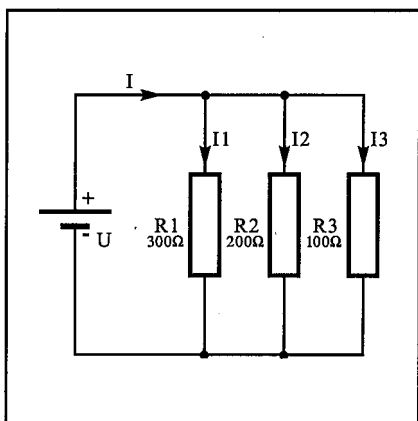
Skupno upornost dveh uporov dobimo tako, da produkt (zmnožek) teh dveh uporov delimo z njuno vsoto. Ugotovitev si osvetlimo s primerom. Vzemimo, da so vrednosti uporov na sliki 5.2.7 sledeče: R_1 naj ima 1000Ω , R_2 pa 4700Ω . Skupna upornost je:

$$R_{skupna} = \frac{PRODUKT}{VSOTA} = \frac{1000\Omega \cdot 4700\Omega}{1000\Omega + 4700\Omega} = 824.6\Omega$$

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_3 :

$$R_3 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{300\Omega \cdot 200\Omega}{300\Omega + 200\Omega} = 120\Omega$$



Slika 5.2.8 Vzoredna vezava treh uporov

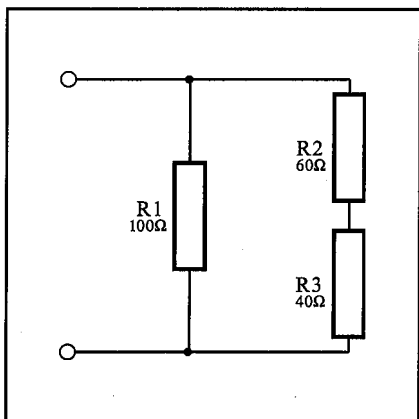
Ugotovimo, da smo združili R_1 in R_2 v nov upor $R_4=120\Omega$, ki je sedaj vzoreden upor R_3 . Ponovno uporabimo znano enačbo in izračunamo:

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

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 vzoredno vezanih uporov.

Poznavanje zaporedne in vzoredne 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 vzoredno in tako rešimo problem. Lahko vežemo tudi štiri 400 ohmske upore vzoredno ali pa dva 50 ohmska zaporedno.

5.2.4. ZAPOREDNO - VZPOREDNE VEZAVE UPOROV



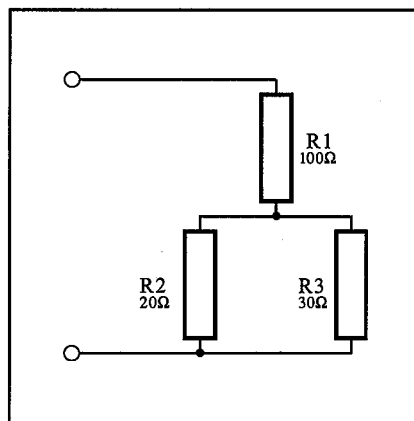
Slika 5.2.9 Vzoredno-zaporedna kombinacija uporov

V elektronskih vezjih se običajno srečamo s kombinacijami zaporedne in vzoredne 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 .

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



Slika 5.2.10 Zaporedno-vzoredna kombinacija uporov

Ko to izračunamo, dobimo enostavno vzoredno 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 vzoredne 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:

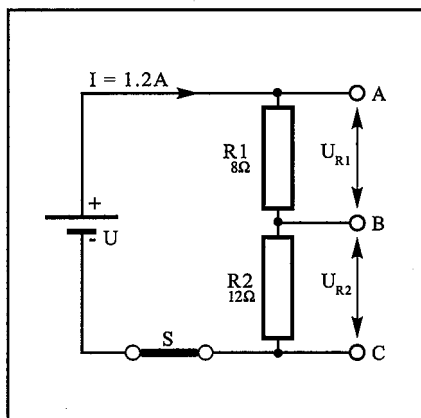
$$R = R_1 + R_4 = 100\Omega + 12\Omega = 112\Omega$$

5.2.5. 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 .

Padeč napetosti na tej upornosti povzročijo, 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.



Slika 5.2.11 Zgled za izračun padca napetosti

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 tek el enak, to je celotni tok. Napetost med točkama B in C je enaka padcu napetosti na uporu R_2 . Padeč izračunamo s pomočjo Ohmovega zakona:

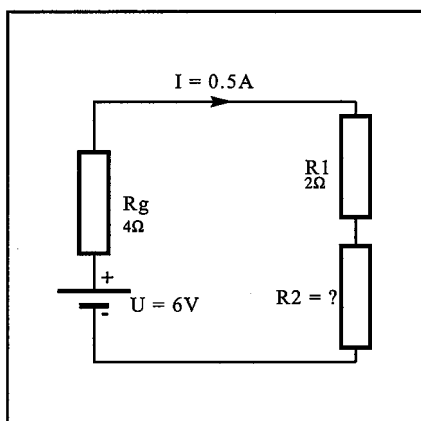
$$U_{R_2} = I \cdot R_2 = 1.2A \cdot 12\Omega = 14.4V$$

Izračunamo še padeč napetosti na uporu R_1 :

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

Skupna napetost baterije je tako:

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



Slika 5.2.12 Zgled za izračun upornosti

V elektrotehniko pravimo, da je padeč napetosti na uporu R_1 9.6V in padeč 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 :

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

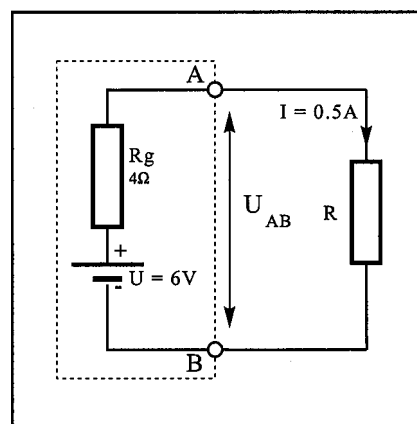
Tako! Najtežji del je za nami. Iz vezave elementov vidimo, da je skupna upornost enaka vsoti posameznih upornosti (zaporedna vezava uporov):

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

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.



Slika 5.2.13 Uporaba realnega napetostnega vira

Napetost U_{AB} je enaka napetosti vira U , zmanjšani za padeč napetosti na uporu R_g . Ta padeč 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 s kratkim stikom, na njem ni nobene napetosti, saj je celotni padeč napetosti na notranji upornosti generatorja R_g .

5.2.6. 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:

$$\sum I = 0 \quad \begin{array}{l} \Sigma - \text{sigma, znak za vsoto} \\ I - \text{električni tok (A)} \end{array}$$

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:

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

$$I_1 = I_3 + I_4 - I_2$$

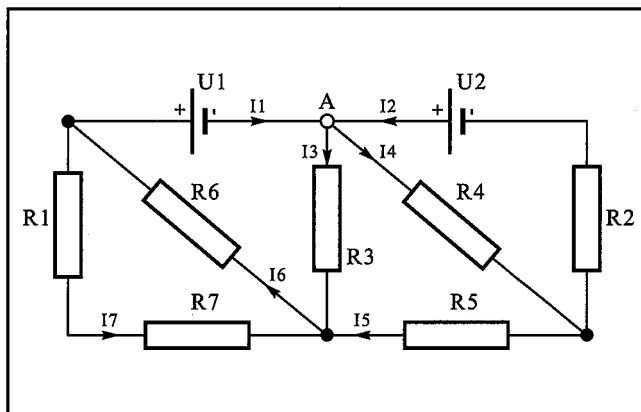
$$I_1 = 1A + 3A - 5A$$

$$I_1 = -1A$$

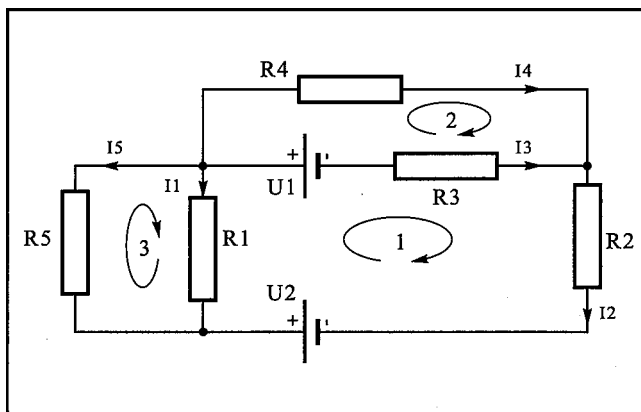
Predznak minus pred vrednostjo toka nam pove, da je smer toka ravno obratna od tiste, ki je označena na shemi.

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.



Slika 5.2.14 Ponazoritev 1. Kirchhoffovega zakona



Slika 5.2.15 Ponazoritev 2. Kirchhoffovega zakona

$$\sum U = \sum I \cdot R \quad \begin{array}{l} \Sigma - \text{sigma, znak za vsoto} \\ U - \text{napetosti napetostnih virov (V)} \\ I.R - \text{padci napetosti (V)} \end{array}$$

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 pogonjajo 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.

5.2.7. 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:

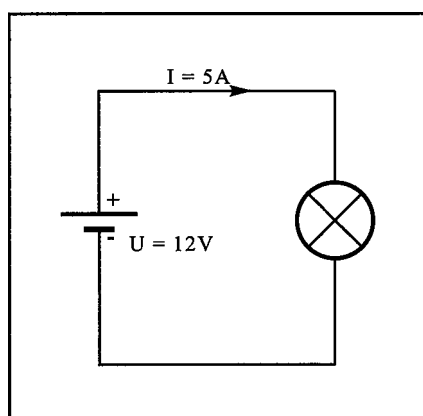
$$P = \frac{U^2}{R}$$

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

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

Za ponazoritev izračuna moči si oglejmo nekaj praktičnih primerov.

Izračunajmo moč, ki jo troši žarnica na sliki 5.2.16.



Slika 5.2.16 Zgled za izračun moči žarnice

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

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

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:

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

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

Preverimo izračun:

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

Torej upor deluje do napetosti 15.3V. Takrat bo skozi njega tek 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!

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

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!

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

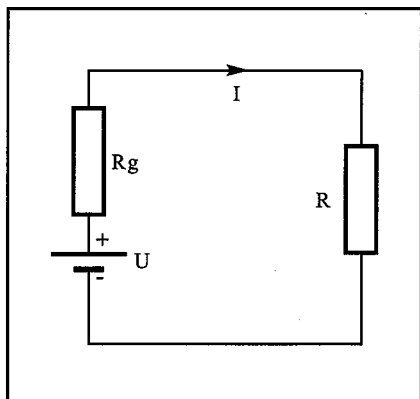
$$P_{sre} \neq P_{ef}$$

Ko se srečamo z uporabo linearnih ojačevalnikov pri oddajnikih, naletimo na oznako PEP (Peak Envelope Power). Po slovensko temu rečemo vrhnja (temenska) moč ovojnice. V primeru radijskih signalov razumemo pod PEP največjo vršno 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.

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

PRENOS MOČI

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



Slika 5.2.17 Prenos moči

Problema se lotimo na sledeč način:

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

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:

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

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):

$$\eta = \frac{P_I}{P_V} \quad 0 \leq \eta < 1 \quad \begin{array}{l} P_I - \text{izhodna moč (W)} \\ P_V - \text{vhodna moč (W)} \end{array}$$

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)

5.2.8. 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 - energija (Ws)

$$W = P \cdot t$$

P - moč (W)

t - čas (s)

Z W smo označili energijo, P je moč in t čas. Bodimo pozorni, da ne zamenjamo oznake za energijo z enoto za moč! Enoto za električno energijo dobimo z množenjem enot za moč (W) in čas (s), torej Ws (wattsekunda) ali Joule (J), ki je v bistvu "prava" enota za energijo.

$$1Ws = 1J \quad \text{od tod sledi} \quad 1W = 1 \frac{J}{s}$$

Za praktično uporabo je ta enota dokaj majhna. Veliko bolj poznana in veliko večja enota je kWh, ki pomeni kilowattura (v teh enotah nam zaračunavajo električno energijo, hi). Ta je izpeljana iz osnovne enote. Kakšno je razmerje med njima? Najlažje pridemo do odgovora, če si kar izračunamo:

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

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 bomo dnevno porabili?

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

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 je pa isti.

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

5.2.9. 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:

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

G - ojačenje sistema (dB)
 P_1 - moč na vohodu 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:

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

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

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

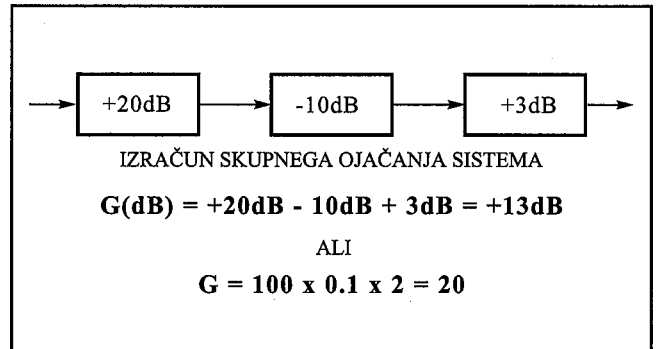
Prav tako lahko izpeljemo izraz za izračun tokovnega ojačenja, izraženega v decibelih:

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

Spodnja tabela podaja nekaj značilnih vrednosti:

Ojačenje G (dB)	Razmerje moči (P_2 / P_1)	Razmerje toka ali napetosti (I_2 / I_1), (U_2 / U_1)
+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

Računanje 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.



Slika 5.2.18 Izračun ojačenja sistema

Ker je decibel relativna enota, moramo vedno imeti referenčno vrednost, glede na katero računamo ojačenje. V radiotehniko 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

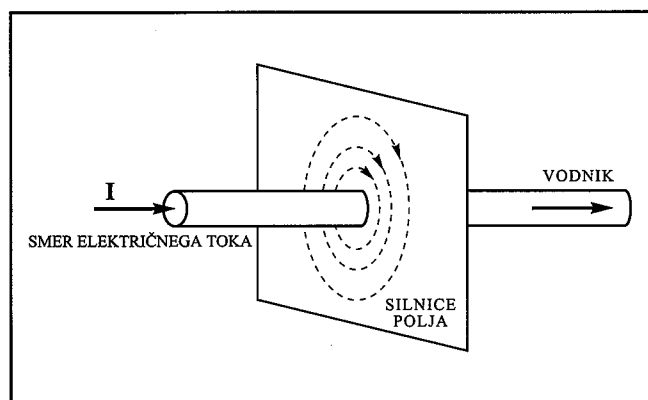
V tem poglavju bomo povedali nekaj osnovnih stvari o kondenzatorjih in tuljavah. Spoznali bomo tudi transformator kot poseben način uporabe tuljav. Poleg samih elementov bomo izvedeli tudi, kaj se dogaja, če te priključimo na enosmeren ali izmeničen vir napetosti.

5.3.1. 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.

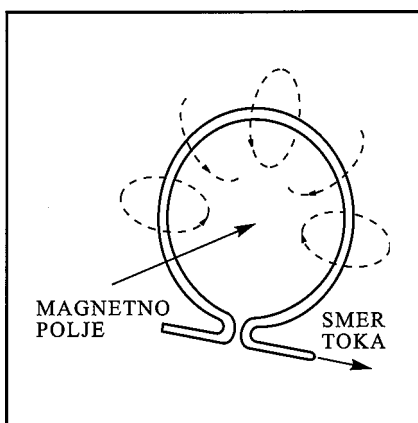
Smer silnic, ki ponazarjajo magnetno polje, Najlaže določimo s pomočjo pravila "desnega vijaka". Desni vijak je tisti, ki ga privijamo pri vrtenju v desno (v smeri urinih kazalcev). Električni tok naj teče v smeri, ki je enaka gibanju vijaka, ki ga privijamo.

Smer silnic je enaka smeri, v katero vrtimo vijak, ki ga privijamo.



Slika 5.3.1 Smer električnega toka in magnetnega polja

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).

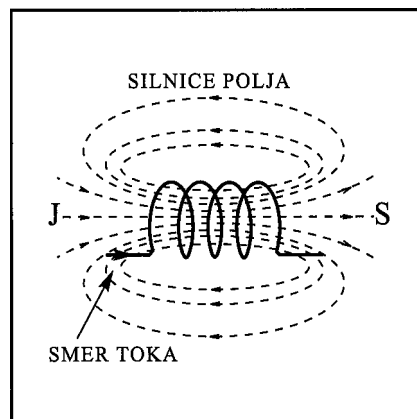


Slika 5.3.2 Magnetno polje ovoja žice

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 $1V$.

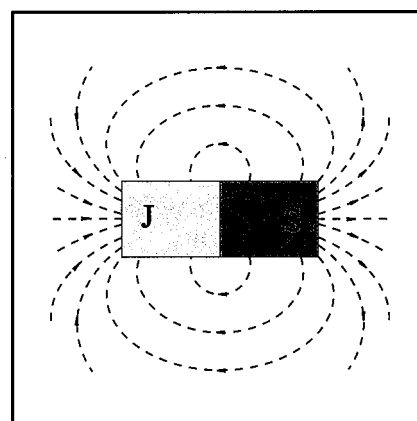


Slika 5.3.3 Magnetno polje v zračni tuljavi

S podobnim pojavom kot pri induktivnosti se srečamo tudi v mehaniki. Opazujemo 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 števila 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).

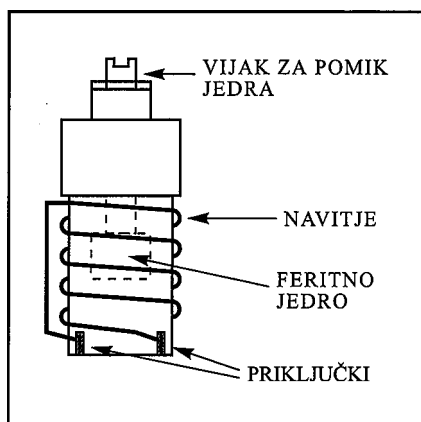


Slika 5.3.4 Magnetno polje trajnega magneta

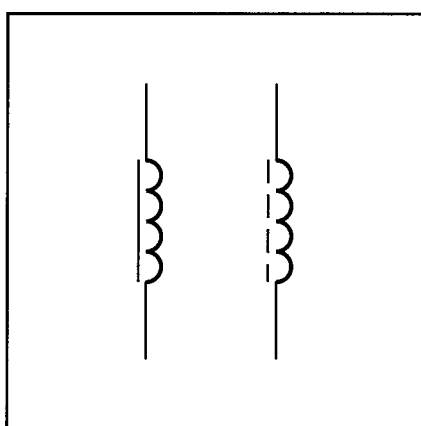
Velikokrat nam je induktivnost zračne tuljave premajhna. Zaradi tega jo navijemo na posebno jedro, ki lahko zelo poveča induktivnost. Ta jedra so narejena iz železa oziroma za višje frekvence iz posebnih snovi - feritov. **FERIT** sestavljajo železov prah in razne

keramične in druge primesi, ki mu določajo lastnosti. Snovni lastnosti jedra, da poveča induktivnost tuljave, pravimo PERMABILNOST. Zrak ima permabilnost 1. Če tuljavo navijemo na jedro s permabilnostjo 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.

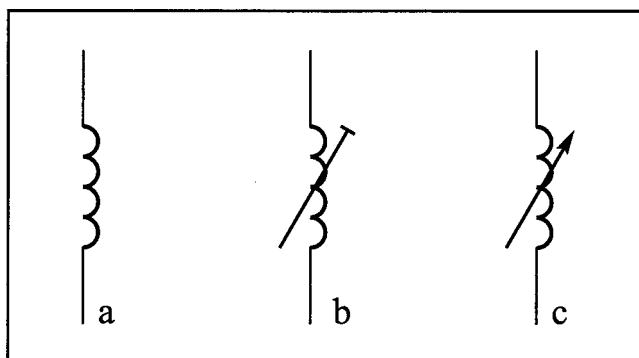


Slika 5.3.5 Tuljava z jedrom



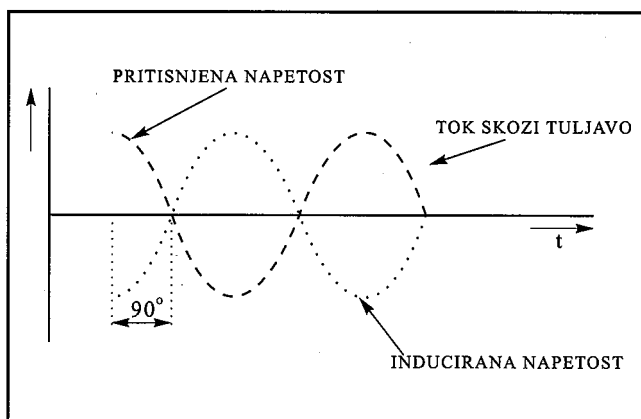
Slika 5.3.6 Simbola za tuljavo z jedrom

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 jedro, to ponazarja tudi simbol (Slika 5.3.6). Po izvedbi ločimo stalne, nastavljive in spremenljive tuljave; podobno kot pri uporih.



Slika 5.3.7 Simboli za fiksno (a), nastavljivo (b) in spremenljivo (c) zračno tuljavo

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.



Slika 5.3.8 Fazne razmere med izmenično napetostjo in tokom na idealni tuljavi

ZAPOREDNA IN VZPOREDNA VEZAVA TULJAV

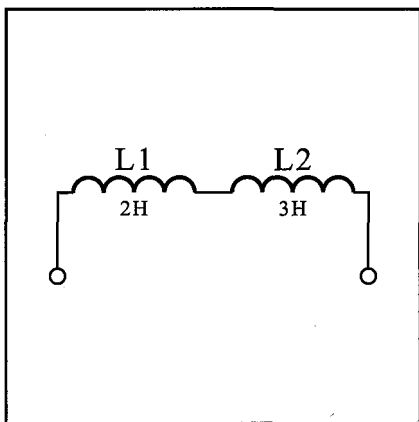
Tuljave lahko medsebojno povezujemo podobno kot upore. Tudi enačbe so podobne, le R zamenjamo z L.

Zaporedna vezava tuljav:

$$L_{\text{skupna}} = L_1 + L_2 + \dots$$

Za primer na sliki 5.3.9 velja:

$$L_{\text{skupna}} = L_1 + L_2 = 2H + 3H = 5H$$



Slika 5.3.9 Zaporedna vezava tuljav

Skupna induktivnost tuljav je torej 5H.

Pri vzporedni vezavi tuljav velja:

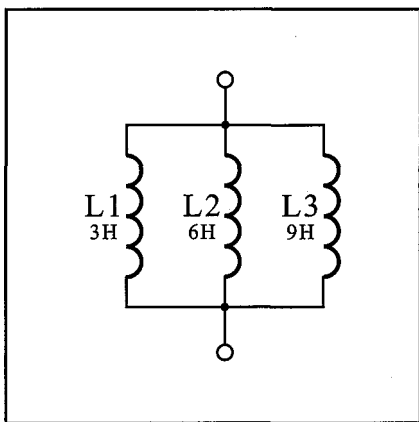
$$\frac{1}{L_{skupna}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots$$

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:

$$\begin{aligned} L_{skupna} &= \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}} = \frac{1}{\frac{1}{3H} + \frac{1}{6H} + \frac{1}{9H}} \\ &= \frac{18H}{11} = 1.63H \end{aligned}$$



Slika 5.3.10 Vzporedna vezava tuljav

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 zaostajanja je inducirana povratna napetost. Amplituda inducirane napetosti je odvisna od hitrosti spreminjanja toka, ta pa je proporcionalno odvisna od frekvence 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 s 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)

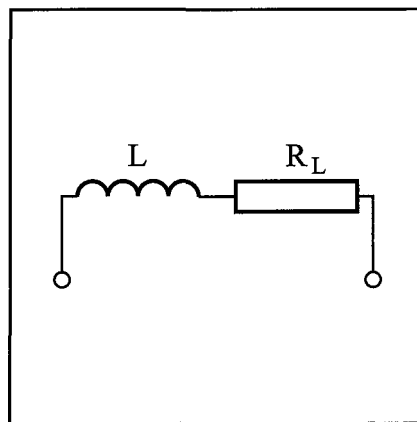
Pri tem je X_L induktivna reaktanca, ki jo izražamo v ohmih, f je frekvenca v Hz, L je induktivnost tuljave v H in π je konstanta. Iz enačbe vidimo, da pri $f=0$, torej pri enosmerni napetosti, X_L ne obstaja, oziroma ima vrednost 0Ω .

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 frekvence 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 .



Slika 5.3.11 Realna tuljava

Za idealno tuljavo smo rekli, da ne troši energije; kar jo prejme v eni polperiodi, jo bo oddala v drugi.

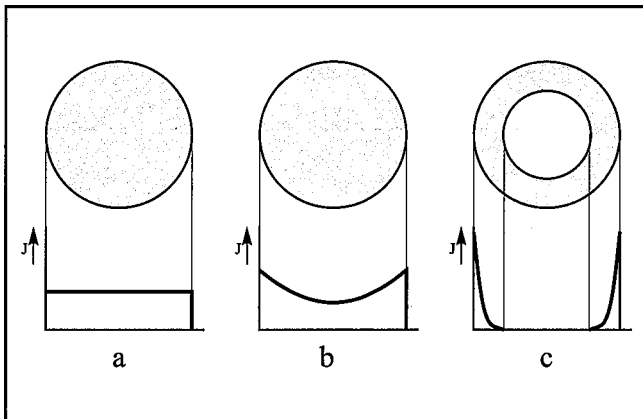
Sedaj to ni več tako. Na uporabo se bo del energije porabil - pretvoril se bo v toploto. Zanima nas razmerje med shranjeno in porabljeno energijo v enem ciklu. Temu razmerju pravimo **KVALITETA TULJAVE** in jo označimo z Q . Večkrat boste slišali tudi izraz Q -faktor. Definira ga sledeči izraz:

$$Q = \frac{X_L}{R_L}$$

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. Vzrok za to je **SKIN EFEKT** (skin effect) ali v prevodu "kožni pojav". Problem je predstavljen na sliki 5.3.12.



Slika 5.3.12 Skin efekt

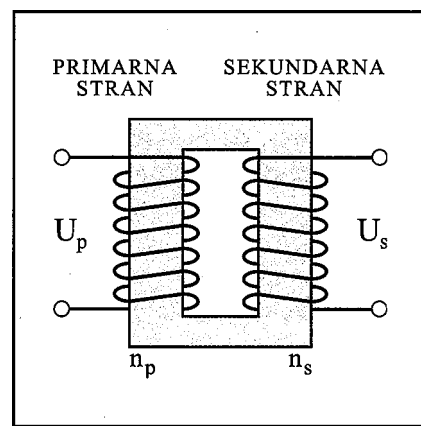
Pri enosmernem toku ($f=0\text{Hz}$), je gostota električnega toka po celotnem prerezu vodnika enaka (Slika 5.3.12.a). Gostota toka (J) je jakost, toka deljena s presekom vodnika. Z višanjem frekvence se izkaže, da se gostota toka v sredini vodnika manjša, ob površini pa se večja (Slika 5.3.12.b). Izgleda 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).

5.3.2 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.

Medsebojno induktivnost s pridom izkoriščamo pri električni napravi, ki jo imenujemo **TRANSFORMATOR** (Slika 5.3.13).



Slika 5.3.13 Transformator

Pri najenostavnejšem 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 - sekundarna, 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:

	U_p - napetost primarja (V)
$\frac{U_p}{U_s} = \frac{n_p}{n_s}$	U_s - napetost sekundarja (V)
$\frac{I_p}{I_s} = \frac{n_s}{n_p}$	I_p - tok primarja (A)
	I_s - tok sekundarja (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)

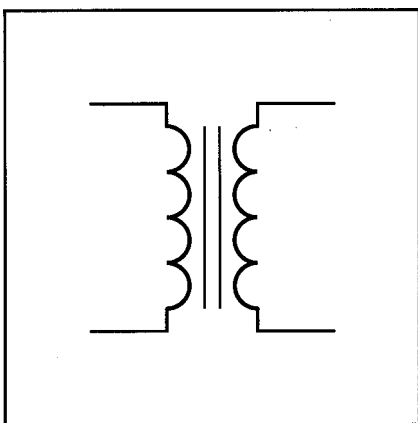
V praksi to ni tako, zato bomo govorili o večjem ali manjšem IZKORISTKU TRANSFORMATORJA (η). Moč sekundarja je enaka moči primarja, pomnoženi z izkoristkom:

$$P_s = \eta \cdot P_p$$

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.

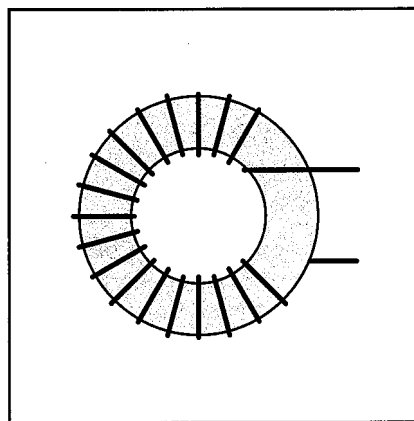
Tudi transformator ima svoj simbol (Slika 5.3.14). Sestavljata ga dve navitji, črti med njima predstavljata skupno kovinsko jedro.



Slika 5.3.14 Simbol za transformator

Jedra so narejena iz različnih materialov glede na frekvenco, 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.

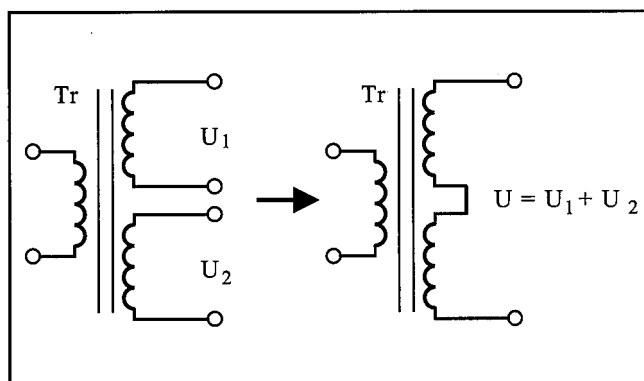
Vedno več se uporabljajo transformatorji, ki so naviti na jedra okrogle oblike in jih imenujemo toroidi. Oblika, vendar zaradi preglednosti le z enim navitjem, je predstavljena na sliki 5.3.15. Prednost teh transformatorjev je v njihovih manjših dimenzijah, ker imajo manjše magnetne izgube, s tem pa boljši izkoristek.



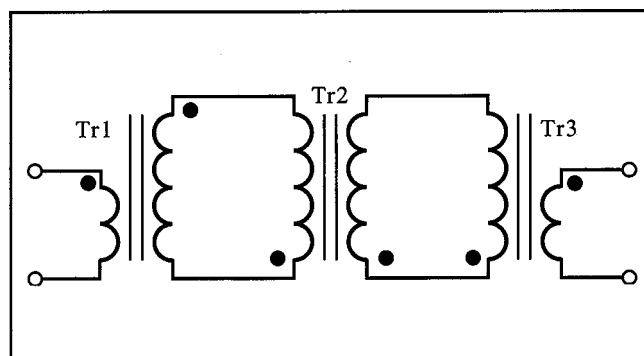
Slika 5.3.15 Navitje na toroidnem jedru

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.



Slika 5.3.16 Zaporedna vezava navitij



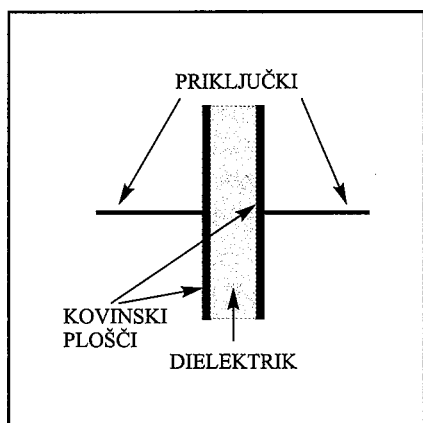
Slika 5.3.17 Kaskadna vezava

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.

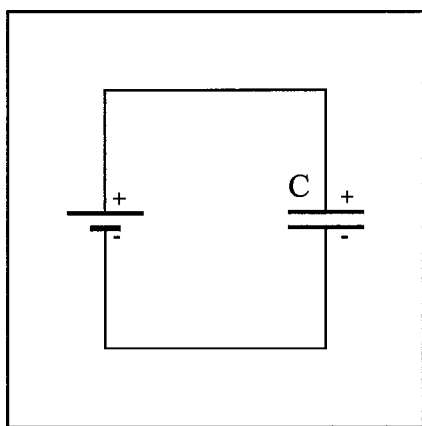
Včasih je zaradi faznih razmer pomembno, kateri konec navitja je kam priključen. V takih primerih označimo, kje se navitje začenja. To storimo s piko, ki je narisana ob simbolu transformatorja (Slika 5.3.17).

5.3.3. KAPACITIVNOST IN KONDENZATORJI

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.



Slika 5.3.18 Kondenzator

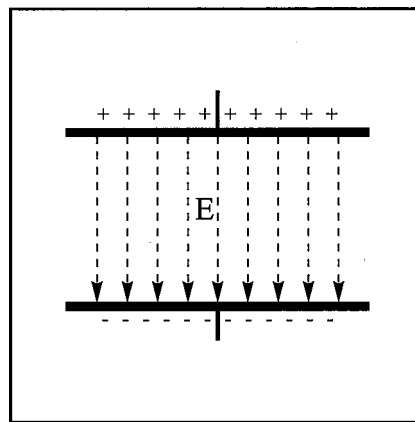


Slika 5.3.19 Preprosta vezava kondenzatorja

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 na zgornji plošči, ki postaja vedno bolj po-

zitivna, ni več prostih elektronov, ki bi lahko odtekli. 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 prehitveva napetost.

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.

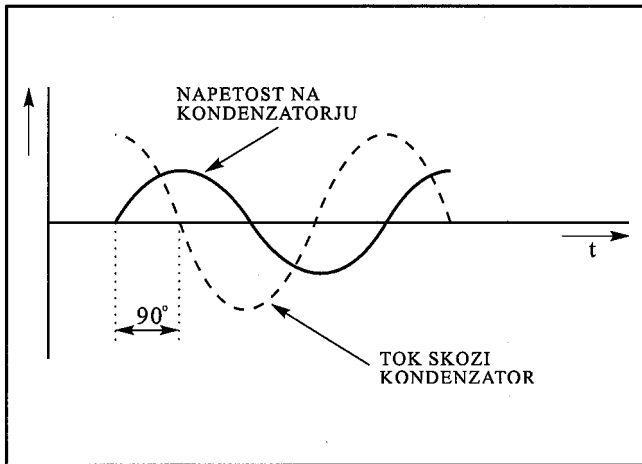


Slika 5.3.20 Električno polje med ploščama kondenzatorja

Sedaj kondenzator odklopimo z baterije. Napetost nek čas ostane konstantna, nato počasi začne padati. To je posledica dejstva, da noben dielektrik ni idealen. Elektroni s plošče, ki je negativno nabita, začno počasi uhajati proti pozitivni plošči. Pojavi se električni tok, ki ni zaželen. V elektrotehniko 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.

Iz naštetega vidimo, da v vezju teče električni tok kljub temu, da je vezje prekinjeno; med ploščama je razmik. 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 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 prehitveva napetost za 90 stopinj ali $1/4$ nihaja (Slika 5.3.21).



Slika 5.3.21 Fazne razmere med izmenično napetostjo in tokom pri kondenzatorju

KAPACITIVNOST je lastnost kondenzatorja, da kopiči električni naboj ob hkratnem povečevanju svoje napetosti. Matematično gledano je kapacitivnost sorazmernostni koeficient med električnim nabojem q in električno napetostjo U :

$$q = C \cdot U$$

oziroma

$$C = \frac{q}{U}$$

C – kapacitivnost

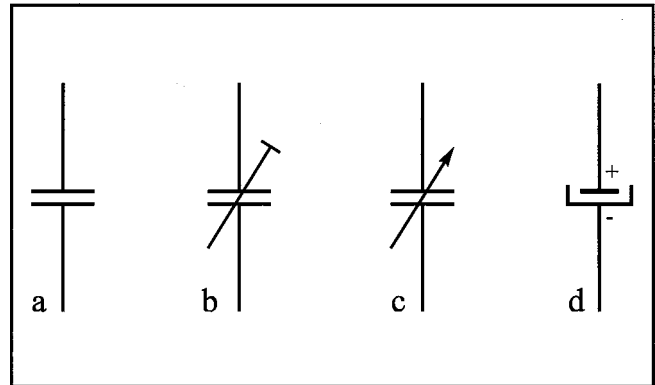
q – električni naboj

U – električna napetost

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: mikrofard (μF), nanofard (nF) in pikofard (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 razmaknjenimi 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 večemo skupaj kondenzatorje z različnimi temperaturnimi koeficienti, tako da se temperaturni vplivi medsebojno kompenzirajo.



Slika 5.3.22 Simboli za stalni (a), nastavljivi (b), spremenljivi (c) in elektrolitski (d) kondenzator

V elektrotehniko in elektroniko poznamo več delitev kondenzatorjev. Po eni od njih jih delimo na stalne, nastavljive in spremenljive (podobno kot pri uporih); po drugi po vrsti dielektrika: zračni, sljudni, papirni, keramični, elektrolitski itd. Od dielektrika je odvisno, kakšne lastnosti ima kondenzator.

Posebno bi omenil elektrolitske kondenzatorje. Njihova značilnost je, da imajo kljub majhnemu ohišju sorazmerno veliko kapacitivnost. Pomembno je, kako jih v vezje priključimo, zato imajo označene priključke $+$ 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.

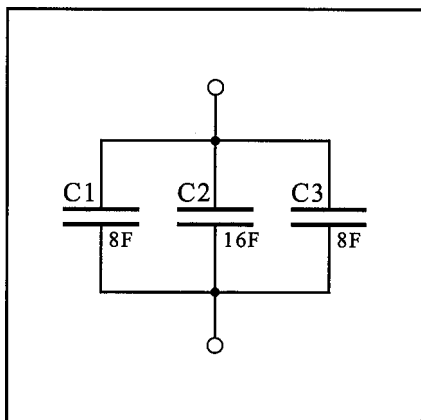
Kondenzatorji imajo na ohišju napisano delovno napetost. To je napetost, ki dielektrika ne bo poškodovala. V nobenem primeru ne uporabljajmo kondenzatorja pri višji napetosti.

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).

$$C_{\text{skupna}} = C_1 + C_2 + \dots$$



Slika 5.3.23 Vzporedna vezava kondenzatorjev

Izračun skupne kapacitivnosti za primer na sliki 5.3.23 se glasi:

$$C_{\text{skupna}} = C_1 + C_2 + C_3 = 8F + 16F + 8F = 32F$$

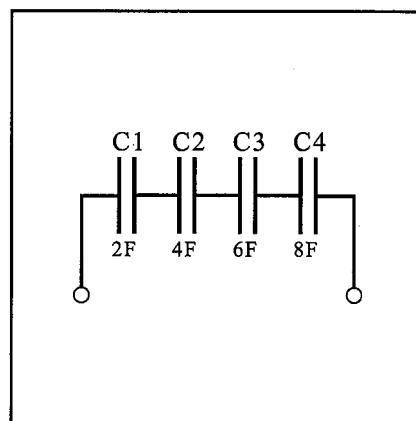
Skupno kapacitivnost zaporedno (serijsko) vezanih kondenzatorjev izračunamo podobno kot skupno upornost vzporedno vezanih uporov:

$$\frac{1}{C_{\text{skupna}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$$

$$C_{\text{skupna}} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots}$$

Primer na sliki 5.3.24 rešimo takole:

$$\begin{aligned} C_{\text{skupna}} &= \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4}} \\ &= \frac{1}{\frac{1}{2F} + \frac{1}{4F} + \frac{1}{6F} + \frac{1}{8F}} \\ &= \frac{24F}{25} = 0.96F \end{aligned}$$



Slika 5.3.24 Zaporedna vezava kondenzatorjev

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.

5.3.4. 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 izrazimo v ohmih (Ω). Za izmenične napetosti, tokove in reaktanco lahko napišemo enačbe Ohmovega zakona, ki so po obliki zelo podobne enačbam za enosmerne veličine:

$$U = X \cdot I$$

$$I = \frac{U}{X} \quad \begin{array}{l} U - \text{električna napetost (V)} \\ I - \text{električni tok (A)} \end{array}$$

$$X = \frac{U}{I} \quad X - \text{reaktanca } (\Omega)$$

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.

$$X_C = X_L$$

$$X = X_C - X_L = 0$$

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 jih sploh ne prepuščajo. V osnovi so filtri sestavljeni iz pasivnih elementov (kondenzatorjev, tuljav in uporov).

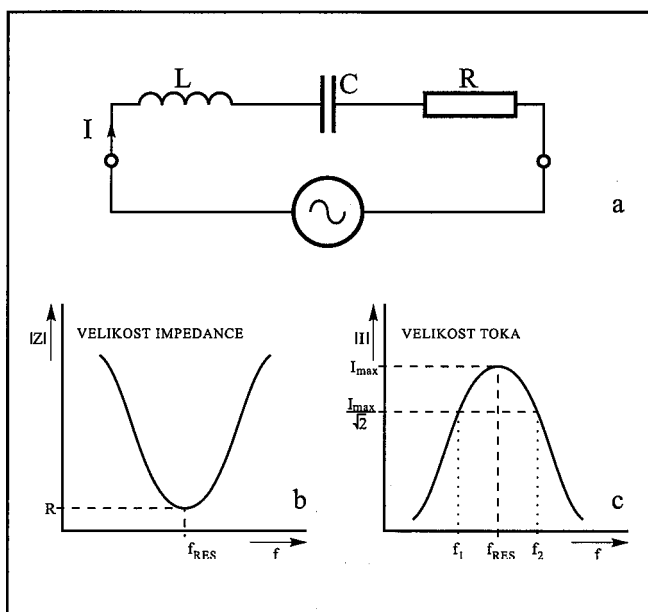
Ker je impedanca reaktančnih elementov frekvenčno odvisna, predstavlja tuljava za tokove nizkih frekvenc zelo malo impedanco ("upornost"), medtem ko je za tokove visokih frekvenc impedanca zelo velika. Kondenzator ima veliko impedanco pri nizkih frekvencah in zelo malo impedanco pri visokih frekvencah. 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 ustrezno 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.

5.4.1. 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.



Slika 5.4.1 Zaporedni nihajni krog (a), impedančna resonančna krivulja (b) in tokovna resonančna krivulja (c)

Potek velikosti impedance 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.

Vezje 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 uporu. 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 $1/\sqrt{2}$ vrednosti toka (približno 0.7071) pri resonančni frekvenci, oziroma se ne zmanjša za 3 dB. Na sliki 5.4.1.c je to frekvenčni pas med frekvenca f_1 in f_2 .

$$B = f_2 - f_1$$

B – pasovna širina

$$f_1 - \text{nižja frekvenca od } f_{RES}, \text{ kjer je } I = \frac{I_{MAX}}{\sqrt{2}}$$

$$f_2 - \text{višja frekvenca od } f_{RES}, \text{ kjer je } I = \frac{I_{MAX}}{\sqrt{2}}$$

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

$$Q = \frac{f_{RES}}{B} = \frac{f_{RES}}{f_2 - f_1}$$

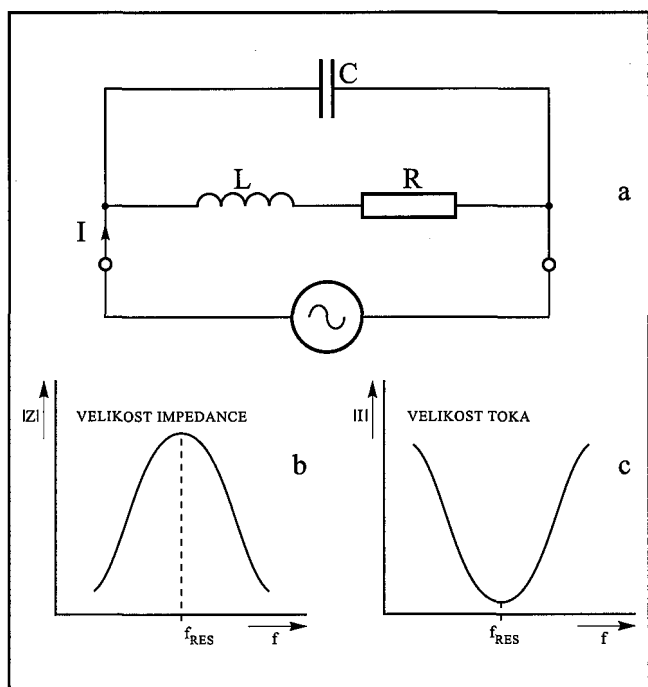
Napetosti na reaktančnih elementih (na kondenzatorju in na tuljavi) sta v stanju resonance po velikosti enaki, vendar sta med sabo 180 stopinj fazno zamaknjeni. Ti dve napetosti sta za Q -krat večji od napetosti na sponkah vezja.

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!

5.4.2. VZPOREDNI NHAJNI 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.



Slika 5.4.2 Vzporedni nihajni krog (a), impedančna resonančna krivulja (b) in tokovna resonančna krivulja (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!

5.4.3. VRSTE FILTROV

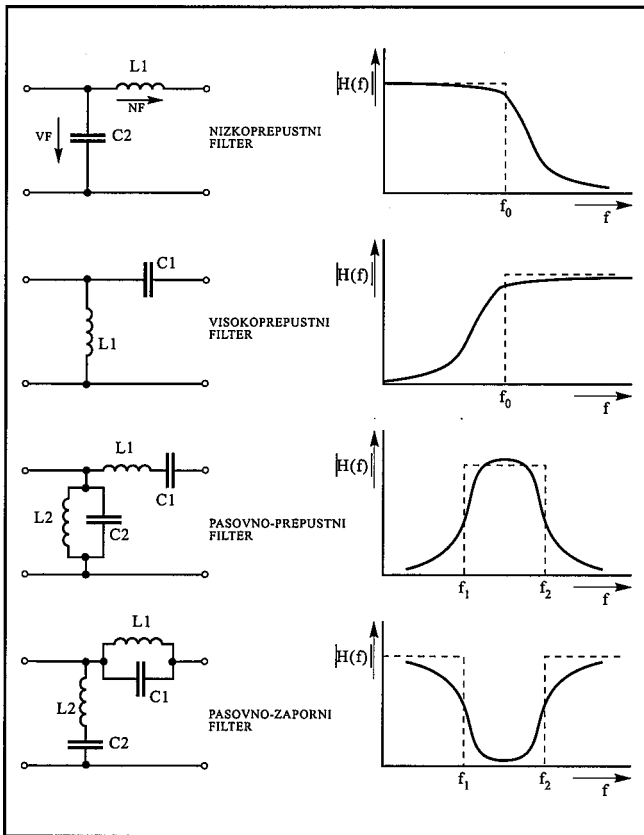
Filtre delimo po različnih merilih. Zelo pomembno merilo je frekvenčni pas, ki ga filter prepušča. Po tej delitvi ločimo štiri vrste filtrov :

1. Nizko-prepustni filter (prepušča samo frekvence do določene mejne frekvence, vseh višjih od mejne pa ne);
2. Visoko-prepustni filter (prepušča frekvence, ki so višje od mejne frekvence, nižjih pa ne);
3. Pasovno-prepustni filter (prepušča samo določen frekvenčni pas od spodnje do zgornje mejne frekvence);
4. Pasovno-zaporni filter (ne prepušča frekvenc od spodnje do zgornje mejne frekvence, ostale pa).

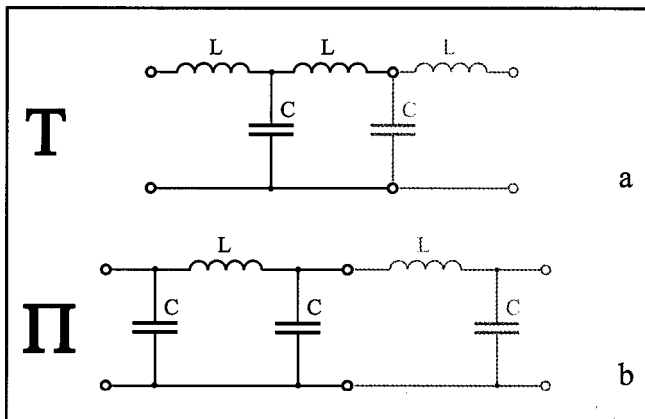
Obnašanje filtra lahko opišemo z njegovo prenosno funkcijo, ki nam pove, kako vpliva filter na amplitudo in fazo vhodnega signala. Zanima nas predvsem velikost prenosne funkcije kot funkcija frekvence (AMPLITUDNI FREKVENČNI ODZIV), iz katere lahko razberemo, katere frekvence filter prepušča, katere pa 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 nizko prepustnega, visoko prepustnega, 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. Red filtra je enak številu reaktančnih elementov v filtru. Višji kot je red filtra, bolj se amplitudni odziv približuje idealnemu.

V radioamaterski praksi se pogosto uporabljata T in Π (pi) izvedbi filtrov. Slika 5.4.4.a prikazuje nizko-prepustni filter tipa T, slika 5.4.4.b pa nizko-prepustni filter tipa Π.



Slika 5.4.3 Vrste filtrov in njihove prenosne funkcije (amplitudno – frekvenčni odziv)

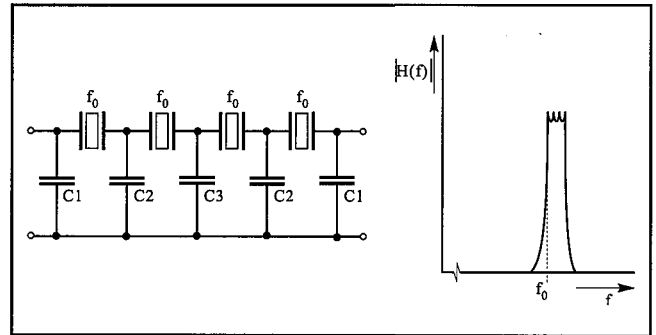


Slika 5.4.4 Izvedba nizko prepustnega T (a) in II (b) filtra

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 napa parjeni 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.

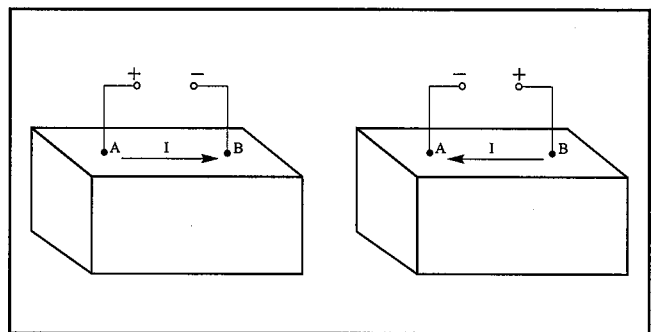


Slika 5.4.5 Kristalni filter

5.5. POLPREVODNIKI

5.5.1. 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).



Slika 5.5.1 Električni tok v prevodniku

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 $10^7 \Omega/m$, 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 (Ge) in silicij (Si), pri čemer se v zadnjem času uporablja predvsem silicij, tako zaradi stabilnosti in uporabnosti kot tudi cene. Oba tvorita atomsko kristalno zgradbo.

5.5.2. POLPREVODNIK S PRIMESMI

Čisti polprevodnik v kristalni obliki zelo slabo prevaja električni tok. Za primer si pogledjmo silicij, ki je štiri-valenčen. 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 siliciju 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 $-q$.

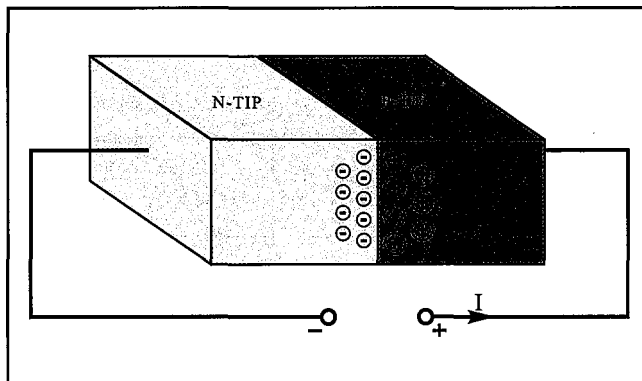
Ker primesi trivalenčnih atomov povečajo koncentracijo vrzeli s sprejemanjem elektronov iz okolice, se imenujejo akceptorji. V polprevodniku z akceptorji prenašajo električni tok pretežno premiki vrzeli, zato se tak polprevodnik imenuje **P tip polprevodnika**.

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.

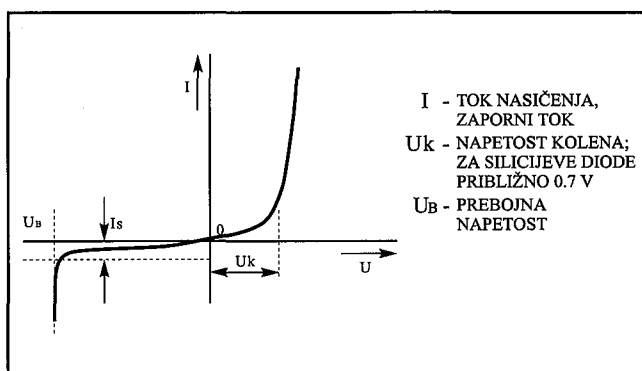
Vzemimo kocko P tipa polprevodnika in kocko N tipa polprevodnika ter ju spojimo skupaj (Slika 5.5.2).

Ko sedaj priključimo napetost na tak spoj, bomo opazili značilno lastnost PN spoja - prevajanje toka le v eni smeri.



Slika 5.5.2 Električni tok v PN spoju

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).



Slika 5.5.3 Prevajanje električnega toka v PN spoju

5.5.3. 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).

5.5.4. UPORABA DIODE V ELEKTRONSKIH VEZJIH

Elektronska vezja z diodami opravljajo mnoge funkcije pretvorbe električnih signalov. Za preoblikovanje izkoriščamo nelinearno karakteristiko diode. V raznih

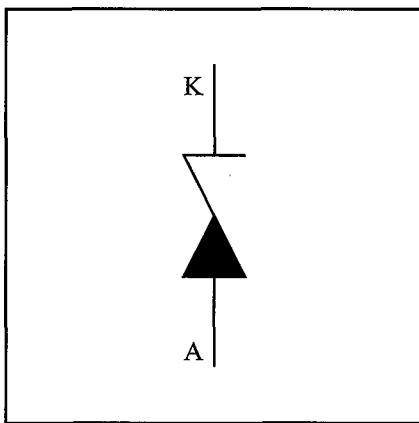
področjih nelinearnosti je dioda lahko krmiljena z velikimi ali pa majhnimi signali. Način krmiljenja in način povezave diode z ostalimi elementi določata električne lastnosti vezij z diodami. Električne lastnosti teh vezij lahko po namenu uporabe razdelimo v več skupin:

1. Usmerniki;
2. Frekvenčni množilniki in mešalniki;
3. Dioda kot stikalo;
4. Dvosignalni krmilniki;
5. Stabilizatorji napetosti.

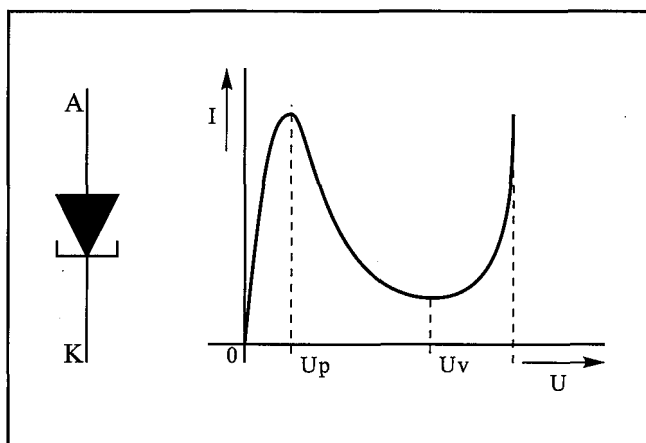
Posebne vrste diod uporabljamo še za druge namene (uglaševanje resonančnih krogov, oscilatorji, ojačevalniki, fotoelektrični pretvorniki, senzori in drugo).

5.5.5. POSEBNE VRSTE DIOD

Zenerjeva dioda je element, ki izkorišča karakteristiko diode okoli prebojne napetosti. Uporabljamo jo v napajalnikih kot stabilizator napetosti.



Slika 5.5.4 Zener dioda

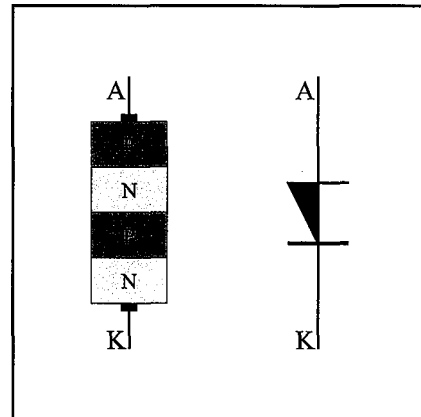


Slika 5.5.5 Tunelska dioda in njena karakteristika

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 napeto-

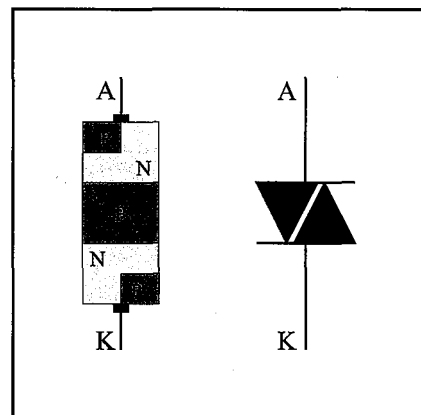
sti tok prične zmanjševati, zopet do določene točke, nakar tok ponovno raste. Področje med točko U_p in U_v se imenuje področje negativne upornosti in ga izkoriščamo v ojačevalnikih in oscilatorjih.

Štirislojna dioda ali PNPN dioda je dvopolni nelinearni element, namenjen zelo velikim tokovom, saj se uporablja v usmerniški tehniki pri elektrolizah in podobno.



Slika 5.5.6 Štirislojna dioda

Če opisani PNPN diodi vzporedno priključimo še eno NPNP diodo, dobimo bilateralno diodno stikalo (diak).

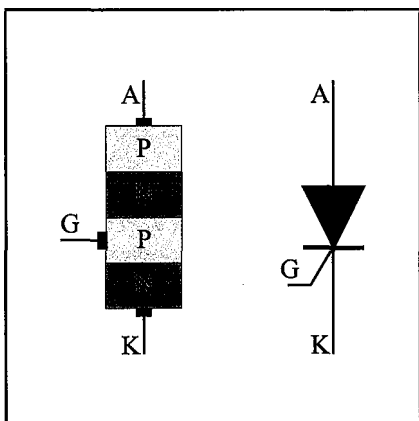


Slika 5.5.7 Bilateralno diodno stikalo - diak

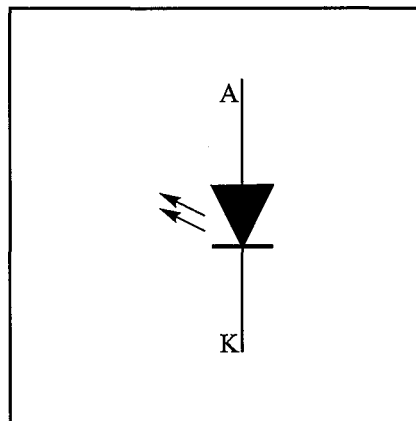
Tiristor je tripolni polprevodniški element, ki ima poleg anode in katode še krmilno elektrodo G. Če krmilna elektroda ni priključena, deluje tiristor kot običajna PNPN dioda, če pa mu dovajamo preko G dodaten tok I_g , se prevajalna karakteristika spreminja skladno s spreminjanjem toka na G.

Triak pa je dvosmerni tiristor, vezava dveh tiristorjev, obrnjenih za 180 stopinj.

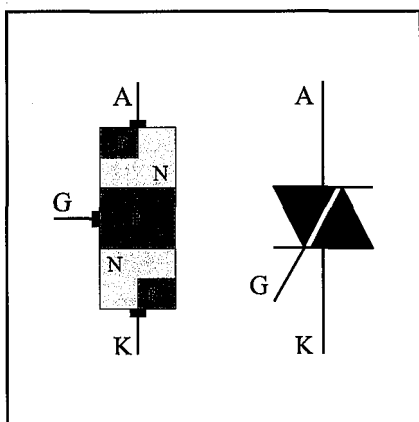
Fotodioda služi za registracijo in meritev svetlobe. Imeti mora čim večjo svetlobno občutljivost, zahtevano spektralno občutljivost in čim večjo linearnost pretvorbe svetlobe v električni signal v širokem področju svetlobne jakosti.



Slika 5.5.8 Tiristor

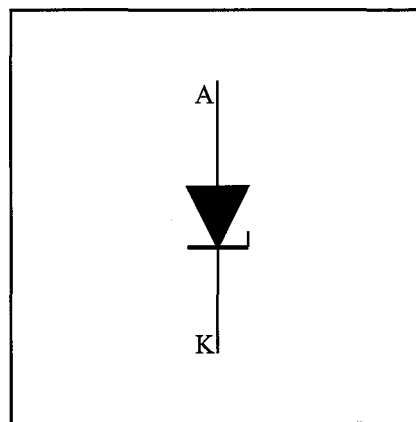


Slika 5.5.11 LED

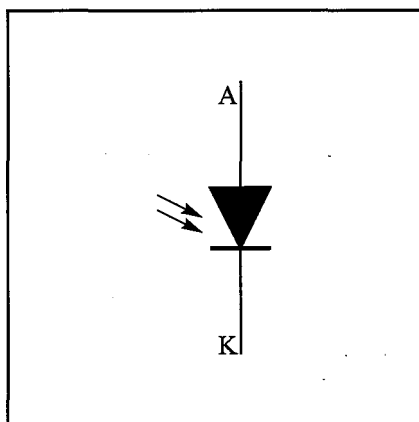


Slika 5.5.9 Triak

Schottky dioda je spoj kovine s polprevodnikom. Najvažnejša lastnost te diode je, da ima izredno hitrost delovanja, ker toka ne nosijo manjšinski, temveč večinski nosilci naboja - elektroni.



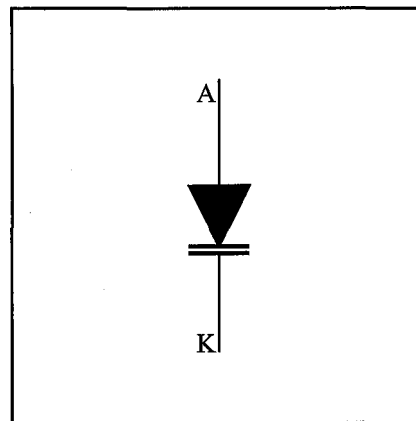
Slika 5.5.12 Schottky dioda



Slika 5.5.10 Fotodioda

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.

Varaktorska (angl. VARIABLE CAPAcitor = VARI-CAP) dioda deluje pri zaporni prednapetosti kot kondenzator s kapacitivnostjo, ki je odvisna od velikosti zaporne napetosti. Izredno uporabna je za uglaševanje resonančnih krogov, kot generator harmonskih frekvenc, parametrični ojačevalnik, mešalnik VF signalov in podobno.



Slika 5.5.13 Varaktorska dioda

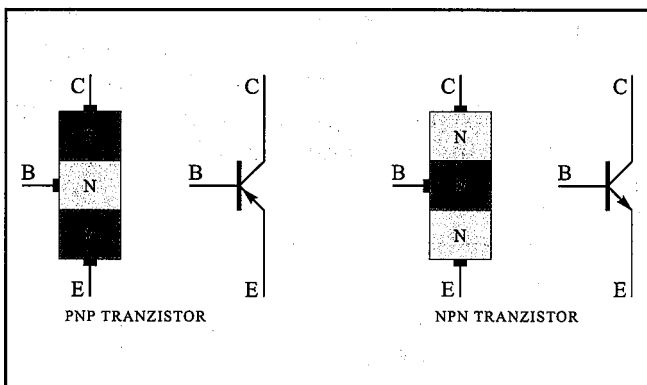
5.5.6. BIPOLARNI TRANZISTOR

Zdaj pa si oglejmo tranzistor! Pojem izvira iz angleščine. Besedi "Transfer resistor" (po naše bi se reklo "prenos upornosti") sta zloženi v sestavljenko: TRAN(sfer re)SISTOR = TRANSISTOR. Originalni pojem je torej transistor, ki pa ga kot udomačeno tujko pišemo v domači izgovorjavi: 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.

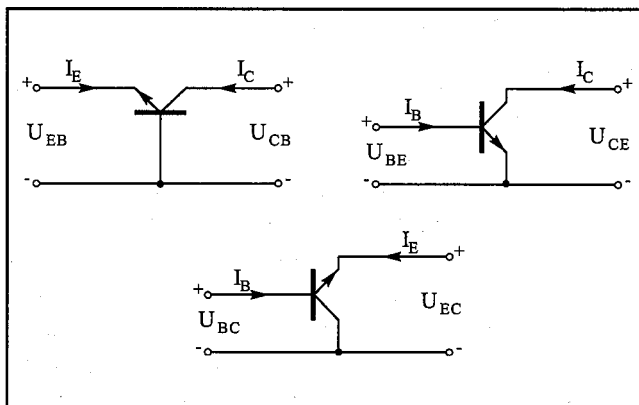
Pri bipolarnih tranzistorjih tečejo tokovi preko PN spojev zaradi premikov obeh vrst nosilcev naboja (elektronov in vrzeli). Zato jih po nazivu ločimo od unipolarnih tranzistorjev, pri katerih vodijo električni tok nosilci naboja ene same vrste (elektroni ali vrzeli). Zaradi krajše pisave bomo za bipolarni tranzistor uporabljali naziv tranzistor.

Tranzistor ima tri elektrode: emitor (E), baza (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.



Slika 5.5.14 Bipolarni tranzistor

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.

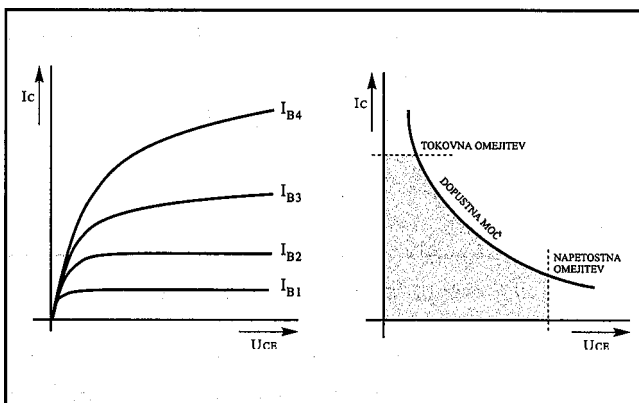


Slika 5.5.15 Možne orientacije tranzistorja

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.



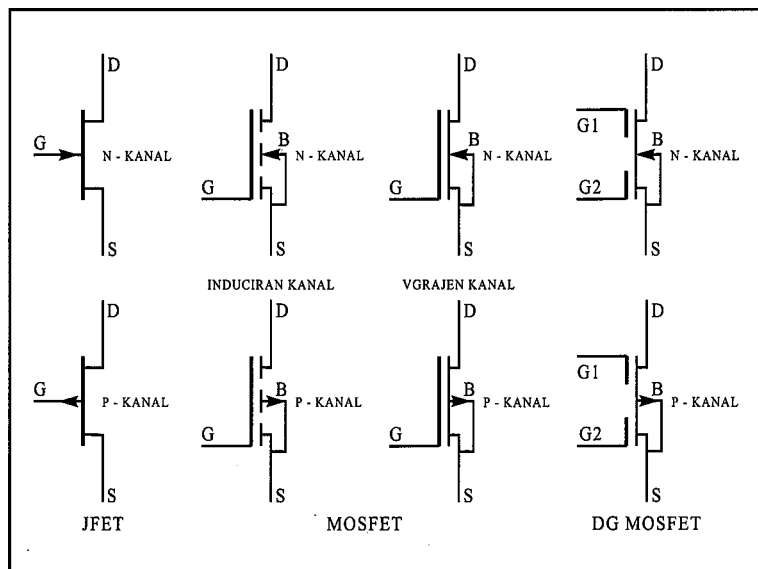
Slika 5.5.16 I_C / U_{CE} in močnostna karakteristika tranzistorja

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

5.5.7. UNIPOLARNI TRANZISTOR

Unipolarni tranzistor prevaja električni tok po polprevodniški progi, katere upornost se spreminja skladno 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 gibljivih 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).



Slika 5.5.17 Vrste unipolarnih tranzistorjev

Drugo ime za unipolarni tranzistor je FET, ki je kratica naziva Field Effect Transistor, po naše tranzistor z efektom 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 kovinska 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 Dualgate MOS FET tranzistorji, ki imajo dve krmilni elektrodi (G1, G2).

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 potrebujemo štiri grafične simbole. Pri induciranem 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.

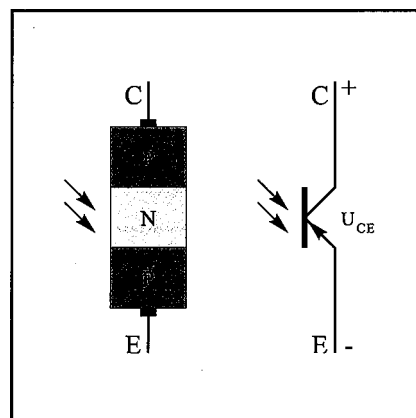
Delovanje spojnega FET-a si fizikalno predstavljamo tako, da je med ponorom in izvorom ohmska upornost N plasti (ali P plasti) polprevodnika s specifično prevodnostjo σ_n .

5.5.8. OSTALI POLPREVODNIŠKI ELEMENTI

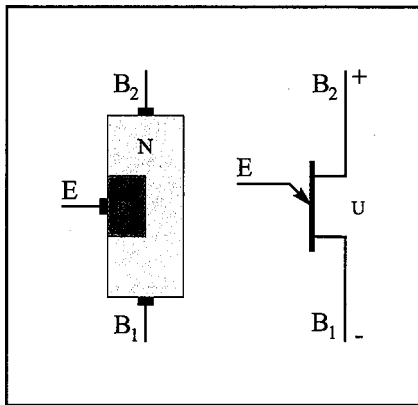
Fototranzistor je fotoelektrični pretvornik, ki se uporablja za enake namene kot fotodioda, le da ima zaradi notranjih ojačevalnih lastnosti precej večjo svetlobno občutljivost.

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.



Slika 5.5.18 Fototranzistor

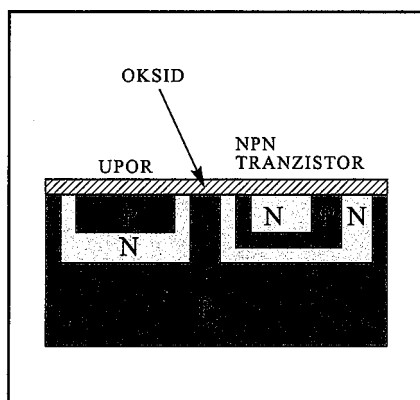


Slika 5.5.19 Enospojni tranzistor

5.5.9. INTEGRIRANA VEZJA

Integrirana vezja sodijo verjetno med najpomembnejše dosežke elektronike zadnjih desetletij 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 komplicirana vezja, ki lahko vsebujejo tudi do nekaj milijonov tranzistorjev in ostalih elementov.



Slika 5.5.20 Princip sestave integriranega vezja

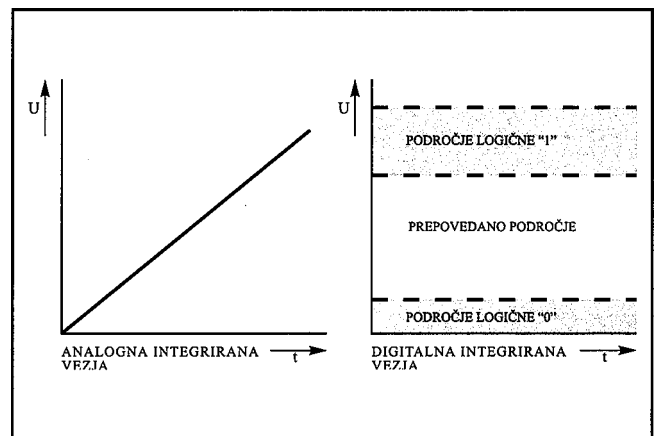
Integrirana vezja ločujemo na več različnih načinov, eden od teh je ločevanje glede na način delovanja. Obstajajo torej analogna (linearna) integrirana vezja in digitalna (impulzna) integrirana vezja.

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'.

Uporabljamo jih v vseh mogočih napravah, od računalnikov, preko radijskih postaj, pa vse do vmesnikov za komunikacijo in ostalih pripomočkov.

Poleg omenjenih načinov delovanja obstajajo tudi kombinirana (hibridna) integrirana vezja, ki vsebujejo tako analogne kot tudi digitalne sestavne dele. Tipični primeri so A/D in D/A pretvorniki.



Slika 5.5.21 Analogna (linearna) in digitalna (impulzna) integrirana vezja

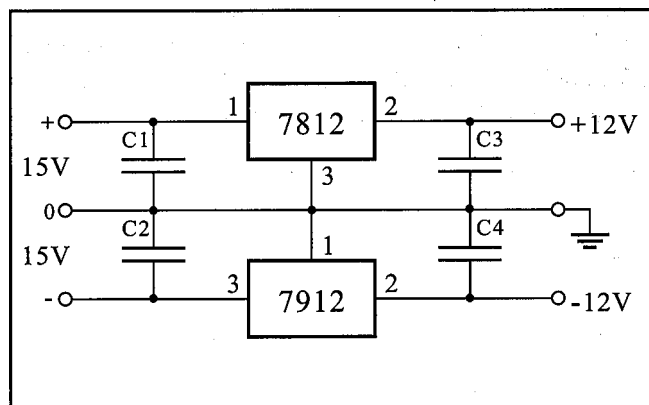
5.5.10 ANALOGNA INTEGRIRANA VEZJA

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 $\pm 12V$.

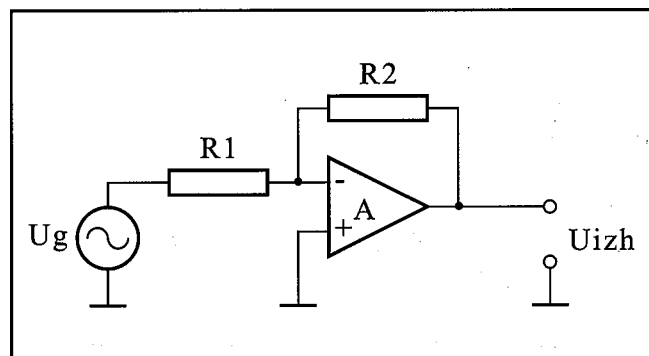
Poleg omenjene družine je seveda na voljo še mnogo drugih napajalnikov: LM723, LM317, L200, LM350, LT1038 in drugi.

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 5.5.22 Stabilizirani napajalnik za simetrično napetost



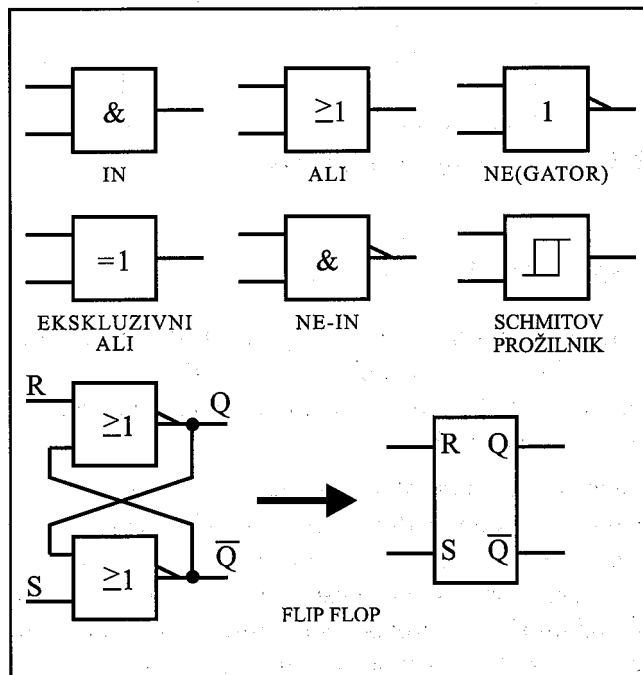
Slika 5.5.23 Operacijski ojačevalnik

5.5.11. OSNOVNA LOGIČNA VEZJA

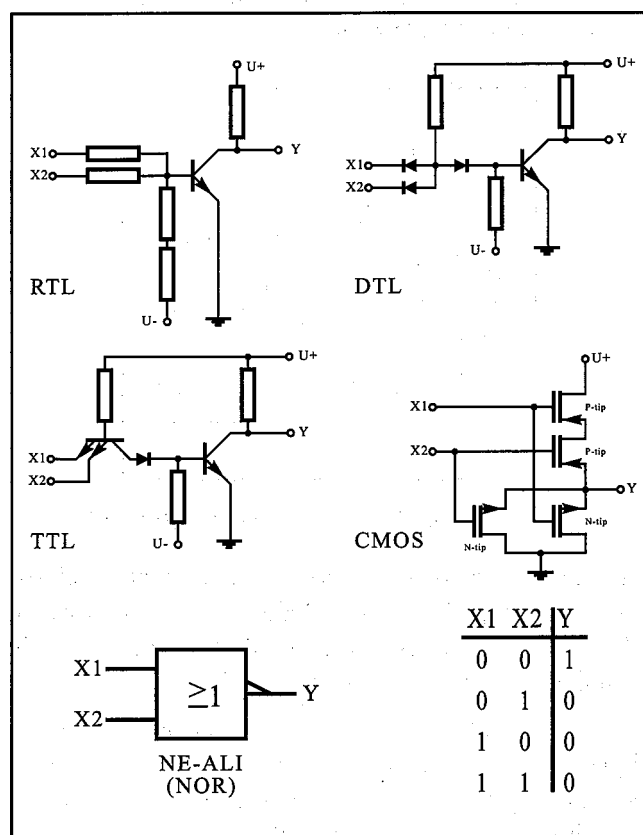
Poglejmo si nekaj najbolj tipičnih sestavnih delov v digitalnih integriranih vezjih. To so logična vrata (IN, ALI, ekskluzivni IN, ekskluzivni ALI, NE-IN, NE-ALI), negatorji ter pomnilne celice ali flip-flopi. V uporabi so še vedno angleški izrazi, torej AND (IN), OR (ALI), XAND (ekskluzivni IN), XOR (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).



Slika 5.5.24 Nekaj logičnih vezij



Slika 5.5.25 Vrata NE-ALI (NOR)

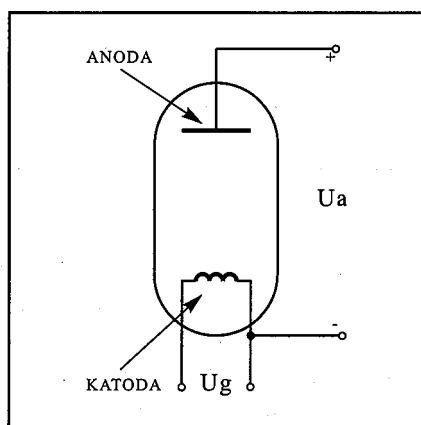
Za primer si pogledimo izvedbo logičnih vrat NE-ALI (NOR) na različne načine (Slika 5.5.25). Najprej v že na pol pozabljeni RTL (Resistor Transistor Logic - Upor Transistor Logika), za tem DTL (Diode Transistor Logic - Dioda Transistor Logika), nato TTL, CMOS ter kot simbol. Priložena je tudi tablica, ki prikazuje pravilnostno tabelo za podana logična vrata.

Integrirana vezja so vgrajena predvsem v plastična in keramična ohišja v tako imenovan tip DIL (Dual In Line), popularno stonoge. V kolikor je vezje bolj komplicirano, kot na primer pri mikroprocesorjih, so nožice (priključni kontakti) na več straneh ohišja in zaradi tega je na voljo zelo veliko različnih tipov ohišij (QFP, TQFP, BGA, SSOP ...).

5.6. ELEKTRONSKE CEVI

Preden se posvetimo nekaterim osnovnim vezjem, si na kratko oglejmo element, ki je kraljeval v radiotehniko 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.



Slika 5.6.1 Elektronska cev z dvema elektrodama

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.

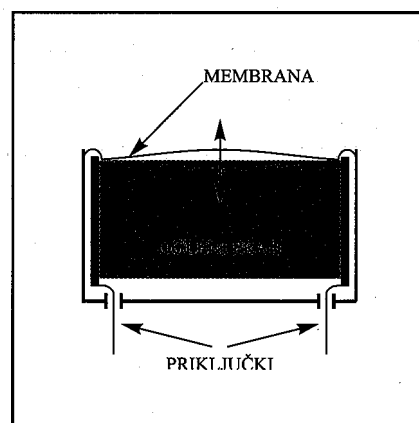
5.7. MIKROFONI IN ZVOČNIK

5.7.1. 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.



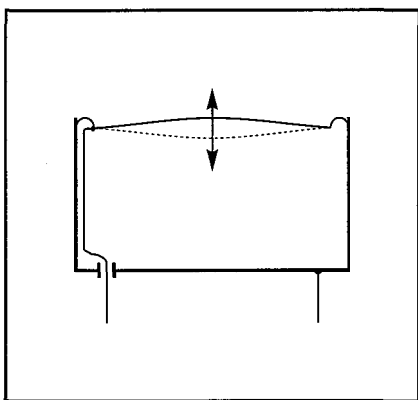
Slika 5.7.1 Ogljeni mikrofon

Ogljeni mikrofon je primeren za frekvenčne obsege od 300-3000Hz (govorno območje) in ima visokoohmski izhod ter velik šum.

KONDENZATORSKI MIKROFON

Tudi tu uporabimo prevodno posodico, nanjo pripenemo 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.

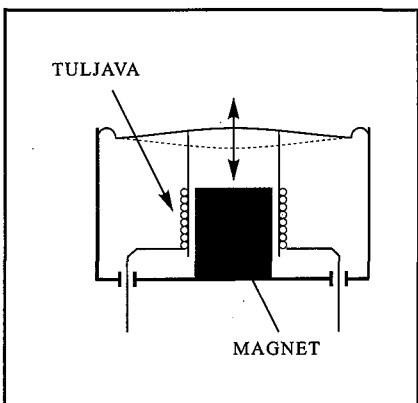
Kondenzatorski mikrofon ima širok frekvenčni obseg (vse tja do 50kHz); je visokoohmski in ima nizek šum. Uporablja se v prenosnih radijskih postajah, saj je tam velikost zelo pomembna, ti mikrofoni pa so lahko izredno majhni.



Slika 5.7.2 Kondenzatorski mikrofonski

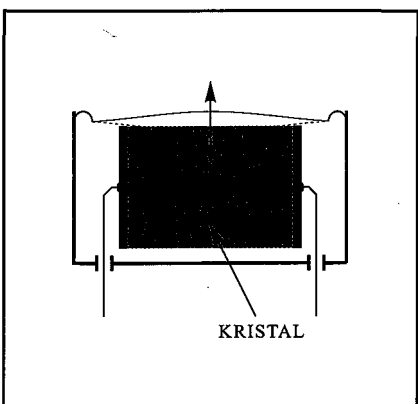
DINAMIČNI MIKROFON

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 mikrofonski

KRISTALNI MIKROFON

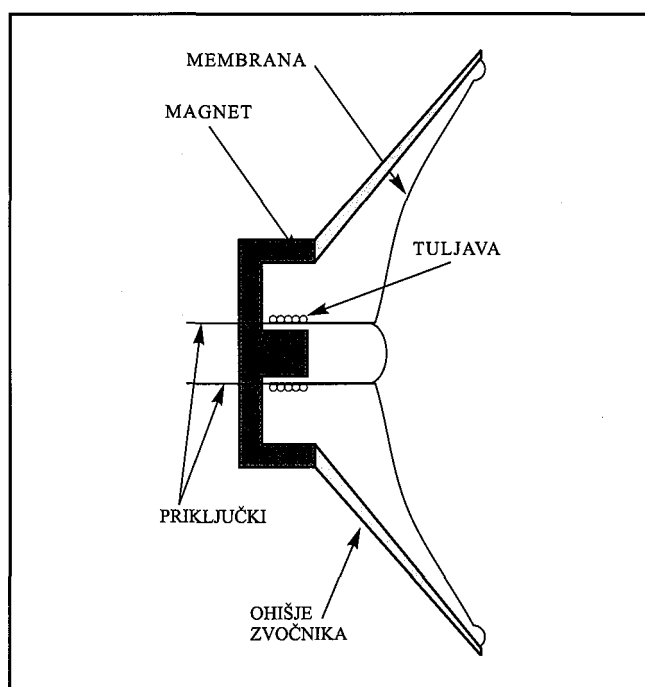


Slika 5.7.4 Kristalni mikrofonski

V kristalnih mikrofonskih izkoriščamo piezoelektrični 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.

5.7.2. ZVOČNIK

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 mikrofonski, le dosti bolj robustno.



Slika 5.7.5 Zvočnik

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.

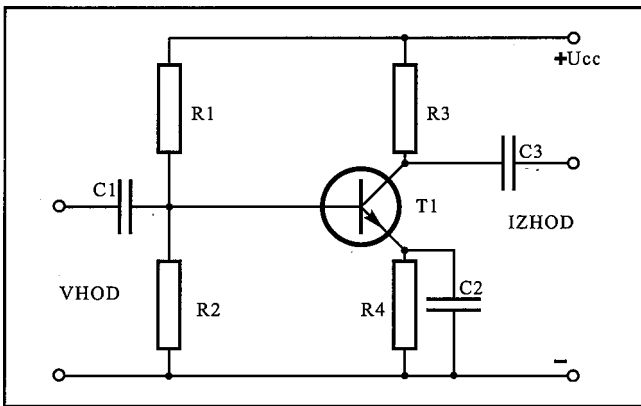
5.8. OJAČEVALNIKI

Seveda sam nelinearni element (elektronka, tranzistor...) ne pomeni nič, če ni vgrajen v primerno elektronsko vezje. Tipična uporaba je v ojačevalnikih, kjer izkoriščamo njihovo lastnost ojačevanja signalov. Oglejmo si dve vrsti ojačevalnikov.

5.8.1. NIZKOFREKVENČNI OJAČEVALNIK

Nizkofrekvenčni ojačevalnik na sliki 5.8.1 je res izredno enostaven, vendar je prikazano bistvo delovanja.

Upora R_1 in R_2 tvorita napetostni delilnik, ki služi za nastavitve delovne točke tranzistorja, R_4 pa skupaj s C_2 tvori povratno vezavo, pri čemer ima C_2 vlogo blokirnega kondenzatorja, ki nam določa tudi frekvenčno mejo ojačevalnika. R_3 je v bistvu bremenski upor, C_1 in C_3 pa sta ločilna kondenzatorja, ki preprečujeta vstop (C_1) in izstop (C_3) enosmerne napetosti. Tranzistor je NPN tip.



Slika 5.8.1 Načelna shema NF ojačevalnika

5.8.2. 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_p , 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 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 (Slika 5.8.2.a).

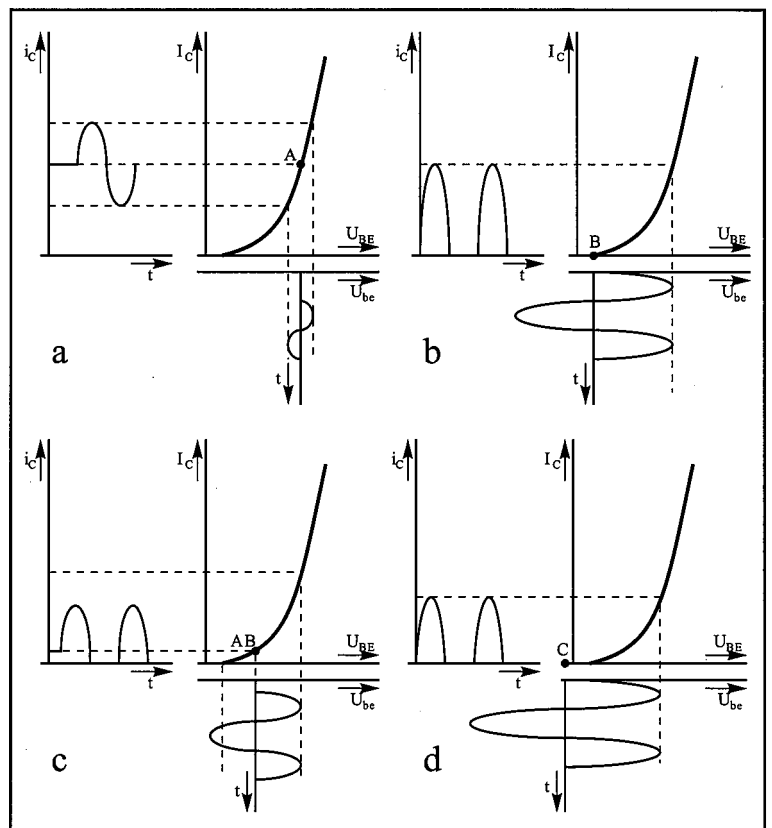
Razred B: Tu se delovna točka nahaja v spodnjem delu I_C / U_{BE} karakteristike, običajno v točki, kjer preneha teči kolektorski tok (ko ni signala na vhodu, tok ne teče). Zato je izkoristek tu dosti večji kot v razredu A,

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 (Slika 5.8.2.b).

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 linearosti, saj se popačenje drastično zmanjša. Ta razred se zato največkrat uporablja tako za ojačevanje napetosti, kakor tudi za ojačevanje moči (Slika 5.8.2.c).

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 ojačenje 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 (Slika 5.8.2.d).

V zadnjem času se tudi v radioamaterski praksi uveljavlja nov razred delovanja, razred D. Govorimo o tako imenovanem "digitalnem" načinu delovanja, kjer tranzistor deluje kot stikalo. Ko je tranzistor zaprt, je tok skozi njega nič, in ko je tranzistor odprt, je napetost na njem majhna (idealno kar 0V). V vsakem primeru tako dosežemo izredno velik izkoristek in veliko izhodno moč. Dejansko razred D ni digitalni razred, saj še vedno deluje po analognih principih delovanja.



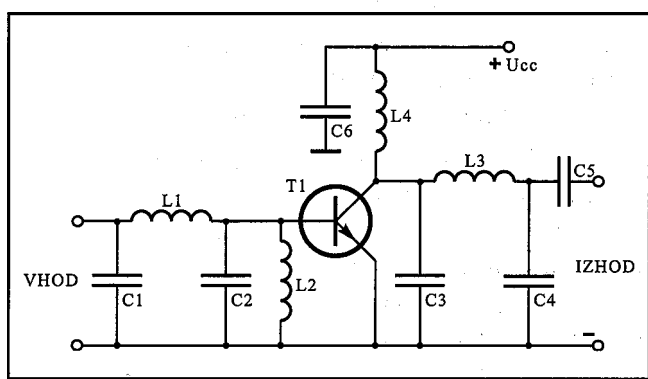
Slika 5.8.2 Razredi delovanja ojačevalnika

Ojačevalnik v tem razredu uporablja PWM (Pulse Wide Modulation), tipično pa ga krmilimo z žagastim signalom, ki ga dovajamo poleg koristnega signala.

5.8.3. VISOKOFREKVENČNI OJAČEVALNIK

Visokofrekvenčni ojačevalnik (Slika 5.8.3) je opremljen še z nekaterimi elementi, ki pri nizkofrekvenčnem niso potrebni. Tu so uporabljene tuljavice 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.



Slika 5.8.3 Načelna shema VF ojačevalnika

Na vhodu 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

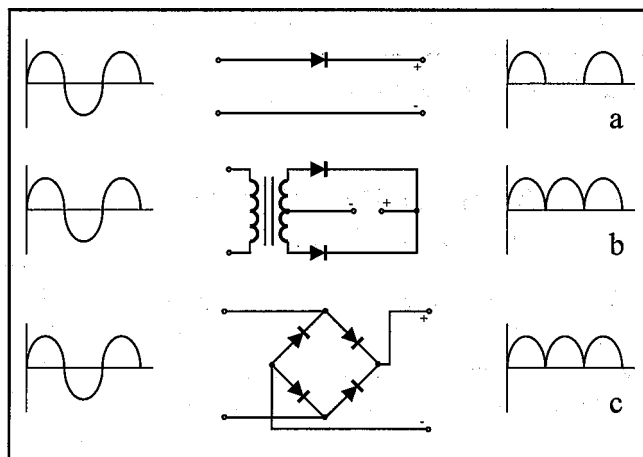
napetost. Potrebujemo torej vezje, ki nam bo napetost 220V znižal na 12V, poleg tega pa nam bo izmenično napetost spremenilo v enosmerno.

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.

5.9.1. USMERNIK

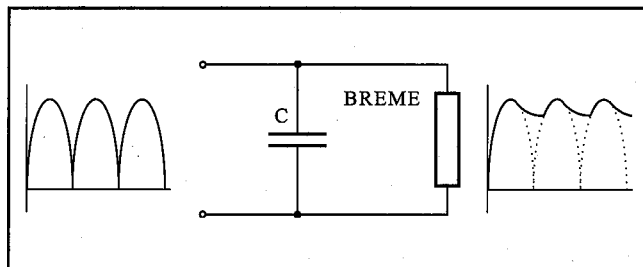
Ker smo o transformatorju in njegovem delovanju že govorili, takoj preidimo k usmerniku. Naloga usmernika je izmenično napetost spremeniti v enosmerno. Poznamo dve vrsti usmerjanja: polvalno in polnovalno.

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.



Slika 5.9.1 Polvalno in polnovalno usmerjanje

5.9.2. GLADILNIK



Slika 5.9.2 Gladilnik

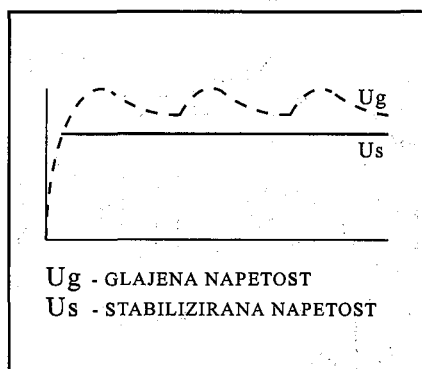
Iz usmernika resda dobimo enosmerno napetost, ki pa je še zelo neenakomerna, zato potrebujemo gladilnik, ki vsaj malo zgladi napetostna nihanja. Najenostavnejši gladilnik je kar kondenzator, seveda s čim

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.

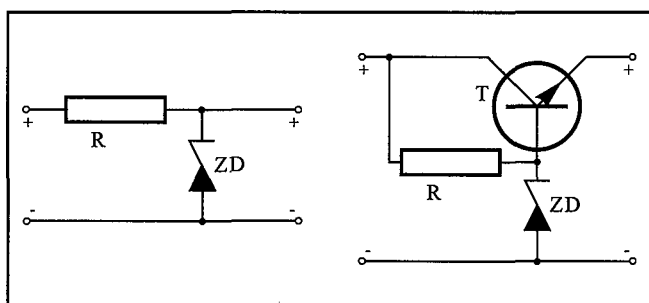
5.9.3. STABILIZATOR

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.



Slika 5.9.3 Glajena in stabilizirana napetost

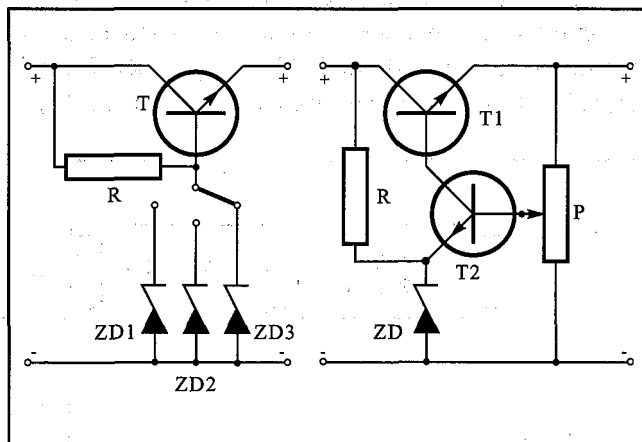
Najbolj enostavno vezje za stabilizacijo je zener dioda, pri kateri izkoriščamo efekt prebojne napetosti. Višek napetosti povzroči padec napetosti na upor R. Seveda pa sama zener dioda pri večjem toku ni dovolj. Takrat uporabimo še dodatni tranzistor, katerega naloga je razbremeniti zener diodo.



Slika 5.9.4 Vezji za stabilizacijo napetosti

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 preklapljamemo različne zener diode, ali pa zvezno s pomočjo potenciometra (Slika 5.9.5).



Slika 5.9.5 Vezji za regulacijo stabilizirane napetosti

5.9.4. ZAŠČITA

Pomembno je, da napajalnika ne preobremenimo, saj lahko uničimo sestavne dele, kar pa ni poceni. Še huje je, če zaradi okvare napajalnika uničimo dragoceno radijsko postajo ali drugo napravo, ki je priključena na napajalnik. Obstaja več različnih načinov zaščite; od varovalk do elektronskih vezij, ki jih vgradimo v napajalnik. Glede na vrsto zaščite imamo na voljo zaščito pred prevelikim tokom in zaščito pred previsoko napetostjo.

(Pre)tokovna zaščita ali zaščita pred kratkim stikom je lahko izvedena s pomočjo varovalk, ki pregorijo (se prekinajo) ob prevelikem toku, ali z elektronskimi vezji, ki nadzirajo in omejujejo tok. Na sliki 5.9.6 tvorita elektronsko pretokovno zaščito tranzistor T3 in upor R3. V kolikor se tok poveča toliko, da je padec napetosti na R3 večji od 0.6V, le-ta povzroči, da T3 prične prevajati in tok tedaj steče tudi skozi R1 in T3, kar pa povzroči zapiranje tranzistorja T1 in s tem zmanjšanje toka skozenj.

Druga vrsta zaščite je (pre)napetostna zaščita, katere namen je predvsem ščititi naprave, priključene na napajalnik. V primeru okvare tranzistorja T1 se lahko napetost na kolektorju, ki je dosti višja od potrebne izhodne napajalne napetosti, pojavi tudi na emitorju, kar je nevarno za ostale naprave. Na sliki 5.9.6 ima vlogo take zaščite vezje, ki vključuje varovalko VAR2, zener diodo ZD2, upor R6 in tiristor TI. Če napetost na izhodnih priključnih sponkah preseže nazivno vrednost na ZD2, prične zener dioda prevajati in povzroči padec napetosti na R6, ki pa sproži TI. Le-ta kratko sklene izhodne sponke napajalnika, s čimer povzroči velik kratkostični tok in varovalka VAR2 pregori. Velikokrat to vezje imenujemo tudi crowbar vezje, saj kratko sklene izhodne sponke napajalnika.

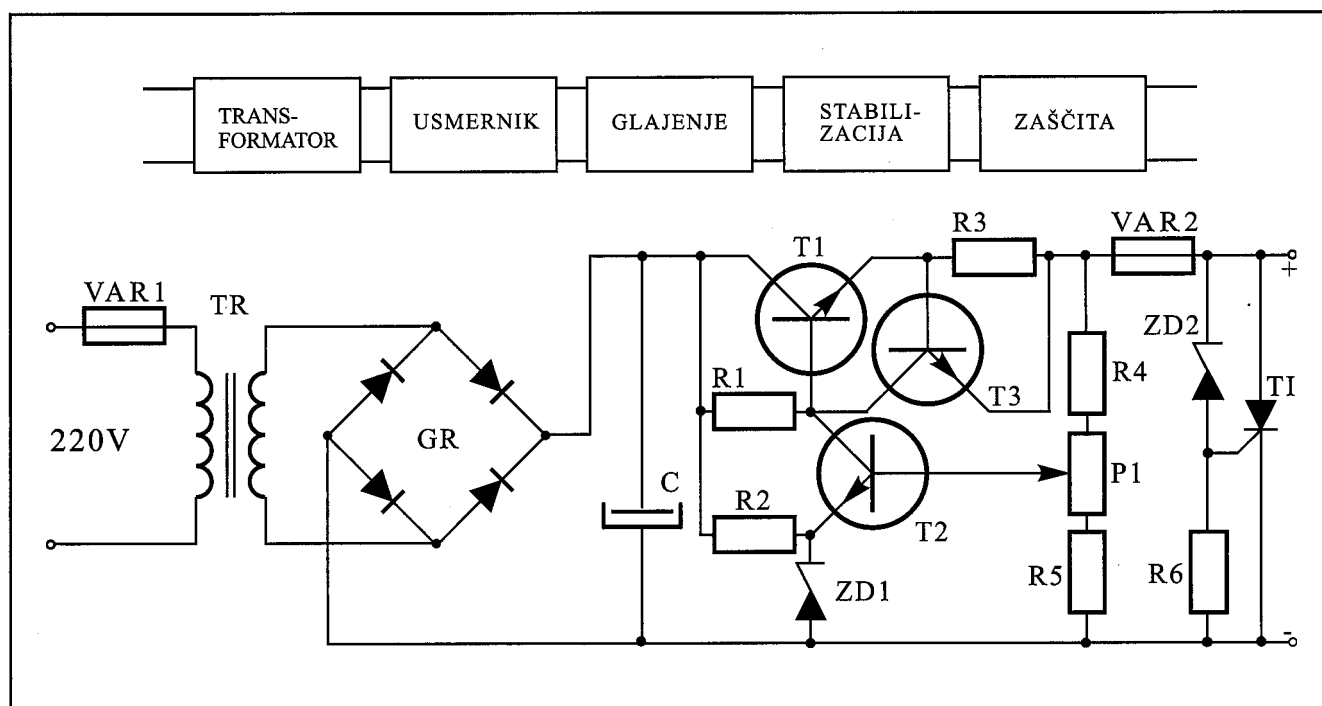
5.9.5. IZVEDBA NAPAVALNIKA

Praktična izvedba napajalnika, ki ima vgrajene vse omenjene sestavne dele, je prikazana na sliki 5.9.6.

Izmenična omrežna napetost se preko transformatorja pretvori na nižjo vrednost, polnovalno usmeri na graetsovem mostičku, zgladi na kondenzatorju, stabilizira na zener diodi ZD1 (ob pomoči T2, R2, R4, R5 in P1) ter se preko tokovne zaščite (T3, R3) in

prenapetostne zaščite (VAR2, ZD2, R6 in TI) pojavi na izhodu napajalnika kot enosmerna, stabilna in dobro glajena napetost.

Seveda je prikazani napajalnik le ena od nešteti 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 (predvsem T1), saj lahko pregrevanje privede do poškodb in s tem do uničenja elementov.



Slika 5.9.6 Načelna shema napajalnika

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 določajo 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!**

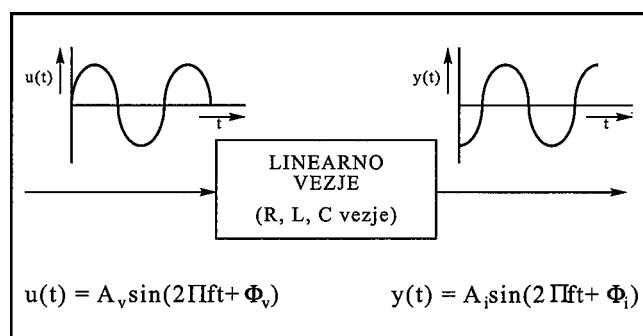
Takšnih in podobnih načinov sporazumevanja je bilo v zgodovini zelo veliko, vendar se je pravi razvoj tehnike prenašanja sporočil na daljavo (razvoj telekomunikacij) začel z odkritjem elektrike in še posebej z odkritjem elektromagnetnega valovanja. Elektromagnetno valovanje se širi po praznem prostoru 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 **MODULACIJA**.

Najprej pa nekaj o signalih.

6.1.1. SIGNALI

Za uporabo v elektrotehniko 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).



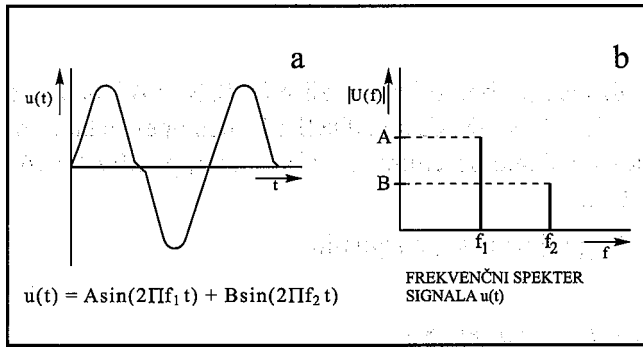
Slika 6.1.1 Sinusni signal in linearno vezje

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 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 . Tudi ti 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.

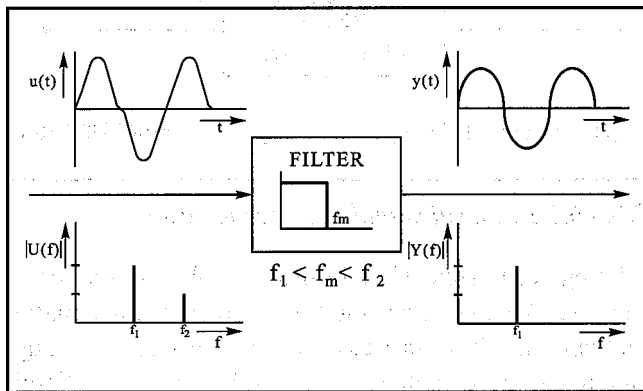
Sedaj si bomo pogledali nekaj operacij nad signali, ki so osnova za delovanje radijskih sprejemnikov in oddajnikov.



Slika 6.1.2 Prikaz signala v časovnem prostoru (a) in frekvenčnem prostoru (b)

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 .

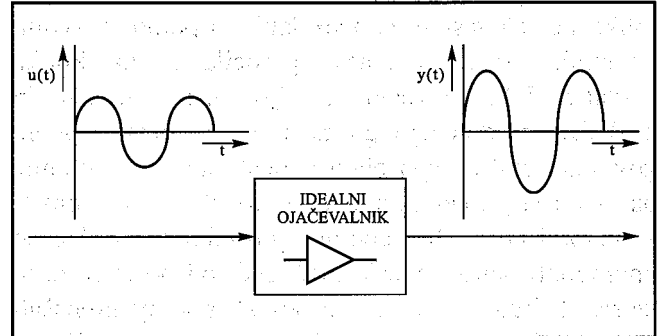


Slika 6.1.3 Filtriranje signala

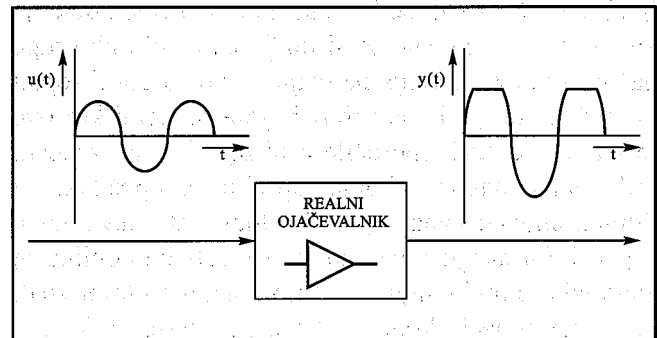
Poleg tega, da s filtrom izločimo določene frekvence iz signala, vplivamo s tem še na fazo signala. Signal, ki pride iz filtra, je fazno premaknjen glede na signal pred filtrom. Vsak filter povzroči fazni zasuk!

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 attenuator. Ojačevalniki so sestavljeni iz nelinearnih elementov (tranzistorjev, elektronskih 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 (Slika 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

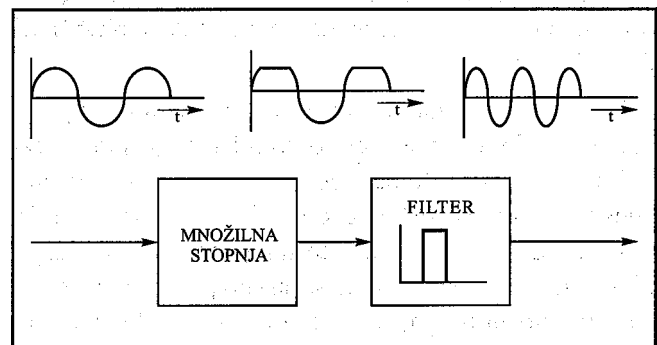
ojačevalnika. Poznamo nekaj razredov delovanja ojačevalnikov (A, AB, B, C). Izhodni signal najbolj natančno sledi vhodnemu signalu, če ojačevalnik deluje v razredu A, najbolj pa je popačen, če ojačevalnik deluje v razredu C.



Slika 6.1.4.a Ojačenje signala z idealnim ojačevalnikom



Slika 6.1.4.b Primer ojačenja signala z realnim ojačevalnikom

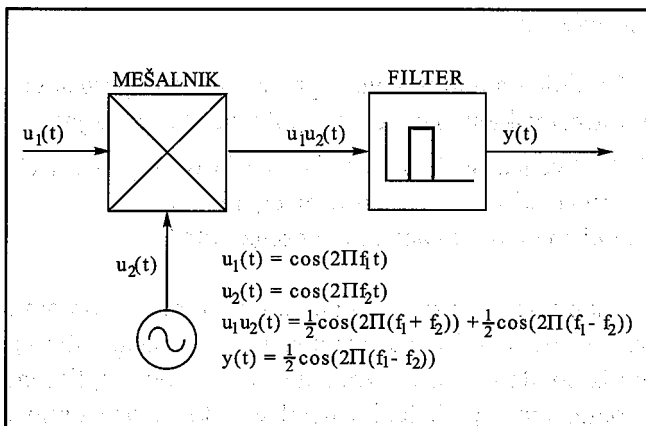


Slika 6.1.5 Množenje

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 zelene frekvence, signala frekvence 720 MHz pa ne prepušča.



Slika 6.1.6 Mešanje dveh signalov

6.1.2. 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
 A – amplituda
 t – čas
 Φ – faza

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 presegati kapacitete komunikacijskega kanala, ki je podana z enačbo:

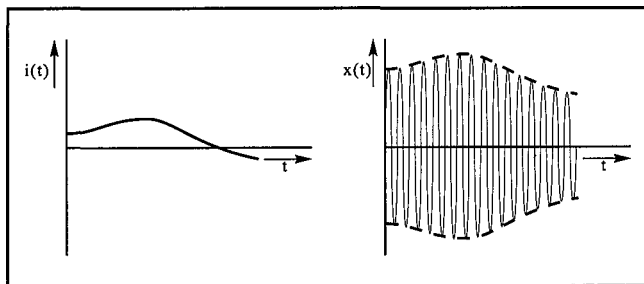
$$C = B \lg\left(1 + \frac{S}{N}\right)$$

C - kapaciteta kanala
 B - pasovna širina
 $\frac{S}{N}$ - razmerje signal-šum

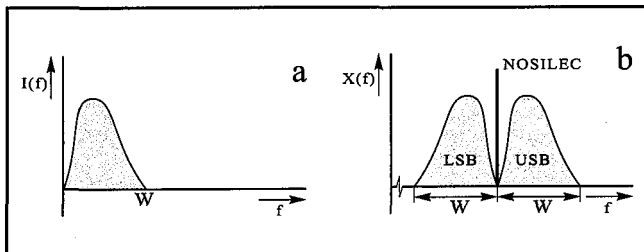
Ta relacija predstavlja zgornjo mejo zmogljivosti komunikacijskega sistema z dano pasovno širino in danim razmerjem signal-šum.

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.



Slika 6.1.7 Modulacijski (informacijski) in modulirani signal



Slika 6.1.8 Spekter modulijskega (a) in AM signala (b)

$I(f)$ naj bo frekvenčni spekter modulijskega signala $i(t)$. Najvišjo frekvenco, ki jo vsebuje signal $i(t)$, označimo z W . Frekvenčni spekter AM signala označimo z $X(f)$. Na sliki 6.1.8.a je prikazan spekter modulijskega 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 modulijskega signala:

$$B = 2 \cdot W$$

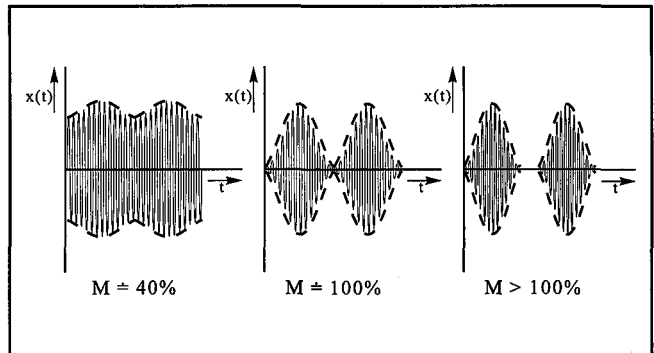
Pri AM podajamo modulijski indeks (m), ki predstavlja stopnjo, s katero informacijski signal modulira

nosilec oziroma procent modulacije (M), ki je v procentih izražen modulijski indeks:

$$m = \frac{\text{maksimalna vrednost modulijskega signala}}{\text{maksimalna vrednost nosilca}}$$

$$M = m \cdot 100 [\%]$$

Slika 6.1.9 prikazuje modulirani signal pri različnih procentih modulacije.



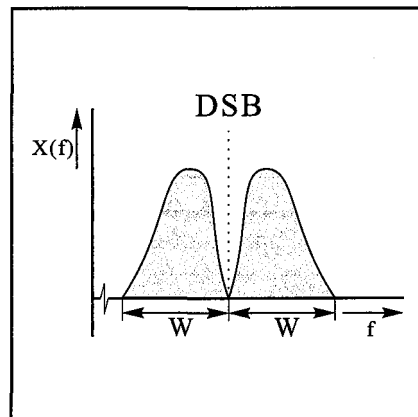
Slika 6.1.9 Modulirani signal pri različnih procentih modulacije

Ovojnica moduliranega signala natančno predstavlja informacijski signal, če sta izpolnjena dva pogoja:

1. Frekvenca nosilca je veliko večja od najvišje frekvence, ki jo vsebuje informacijski signal;
2. Odstotek 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 DSB.

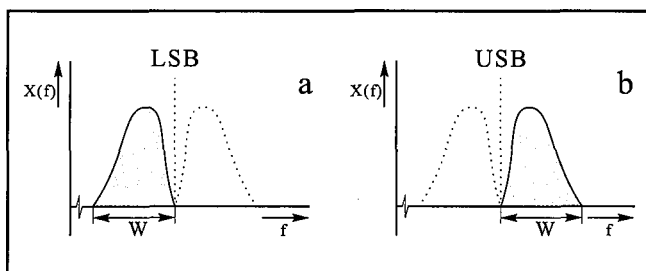
Frekvenčni spekter DSB signala prikazuje slika 6.1.10. Spekter je podoben spektru AM signala (manjka samo frekvenčna komponenta nosilca).



Slika 6.1.10 Frekvenčni spekter DSB signala

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.

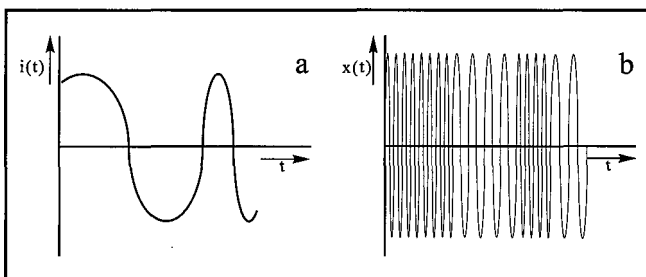


Slika 6.1.11 Frekvenčna spektra LSB (a) in USB signala (b)

SSB prihrani moč in pasovno širino glede na AM, vendar pa zahteva zapleten postopek moduliranja in demoduliranja. SSB ima tudi boljše razmerje signal-sum, kot ga ima klasična AM pri sicer enaki grebenški oddajni moči.

FREKVENČNA MODULACIJA (FM)

Pri frekvenčni modulaciji spreminjamo frekvenco linearno z informacijskim signalom. Slika 6.1.12 prikazuje frekvenčno moduliran signal.



Slika 6.1.12 Informacijski signal (a) in frekvenčno moduliran signal (b)

Iz slike vidimo, da frekvenca FM signala varira okoli vrednosti frekvence nosilnega signala. Amplituda nosilca pa ni odvisna od modulacijskega 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:

$$B = 2 \cdot W + 2 \cdot D$$

W je najvišja frekvenca, ki jo vsebuje modulacijski signal, D pa je FREKVENČNA DEVIACIJA, ki je definirana kot največji odklik frekvence FM signala od nosilne frekvence. Frekvenčna deviacija je sorazmerna amplitudi modulacijskega signala. Za primer vzemimo, da je naš modulacijski signal govor, ki naj ima najvišjo frekvenco 3 kHz, deviacija pa naj bo 5 kHz. Potrebna pasovna širina je torej 16 kHz.

Modulacijski indeks pri FM je definiran z enačbo:

$$m = \frac{D}{f_m}$$

f_m je frekvenca sinusnega modulacijskega signala amplitude 1, D pa frekvenčna deviacija. Vidimo, da se modulacijski indeks pri FM spreminja s spreminjanjem frekvence modulacijskega signala. Če na primer moduliramo oddajnik s frekvenco 2 kHz pri deviaciji 6 kHz, je modulacijski indeks 3; če moduliramo s frekvenco 6 kHz, pa je modulacijski 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.

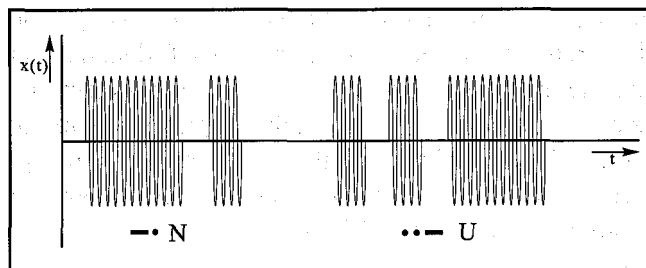
FAZNA MODULACIJA (PM)

Pri fazni modulaciji spreminjamo fazo nosilnega signala glede na modulacijski 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 vklaplamo in izklaplamo 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 kodirana Morse-koda: N in U.



Slika 6.1.13 CW signal (dva znaka Morsejeve kode)

Zahtevana pasovna širina je sicer odvisna od hitrosti oddajanja znakov, je pa vsekakor majhna (okoli 100Hz).

6.2. RADIJSKI ODDAJNIKI

V grobem povedano je RADIJSKI ODDAJNIK naprava, ki ustvari RF (radiofrekvenčni) signal, ga opremi z informacijo (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.

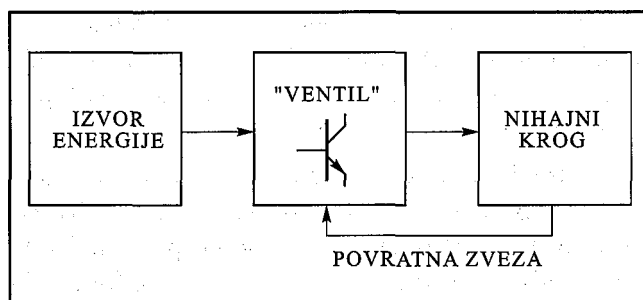
6.2.1. OSCILATORJI

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 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).



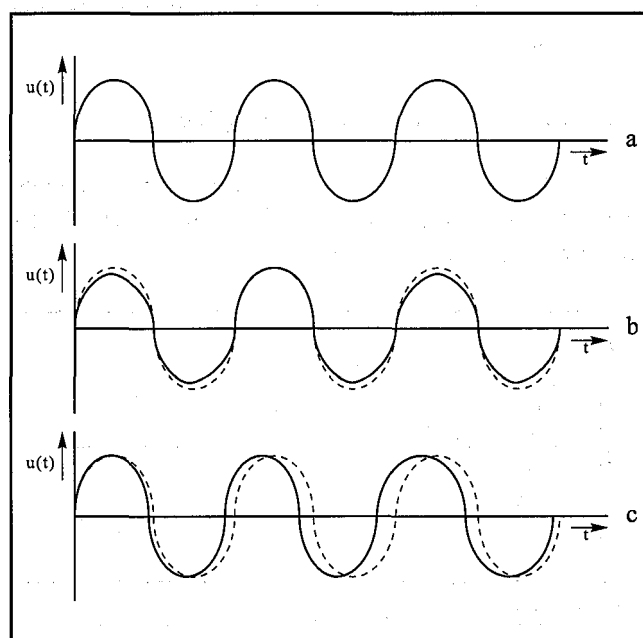
Slika 6.2.1 Osnovni elementi oscilatorja

"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 pripelejemo nazaj na vhod. Ni nujno, da v takšnem vezju nastanejo oscilacije, saj so zato potrebni še nekateri dodatni pogoji.

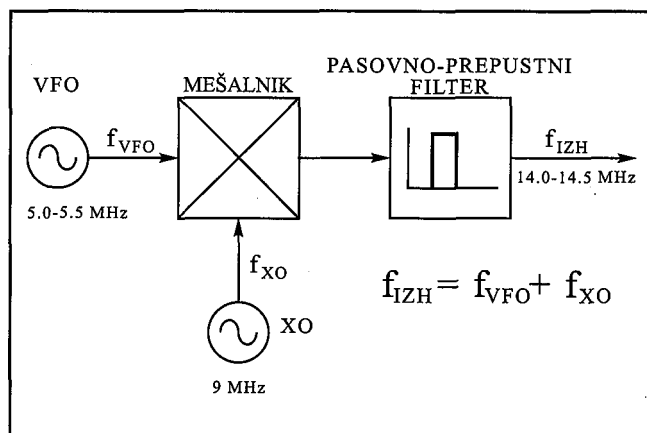
Idealen oscilator bi generiral sinusni signal dane frekvence, kateremu se ne bi spreminjala niti amplituda niti faza (Slika 6.2.2.a). Ker se idealnega oscilatorja ne da narediti, je izhodni signal iz oscilatorja sinusoida, ki se ji (malo) spreminjata tako amplituda kot faza. Govorimo o AMPLITUDNEM ŠUMU 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).



Slika 6.2.2 Sinusni signal idealnega oscilatorja (a), amplitudni šum (b) in fazni šum (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 uporabljenih elementov. Na stabilnost oscilatorja vplivata tudi temperatura okolice in staranje elementov.



Slika 6.2.3 Heterodinski oscilator

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 frekvence; največkrat na tretji ali peti).
- Kristalni oscilator spremenljive frekvence (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 frekvenco nihanja.
- Oscilator spremenljive frekvence (VFO) - uporabimo LC nihajni krog. Kondenzator je navadno spremenljivi kondenzator, s katerim nastavljamo frekvenco 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.

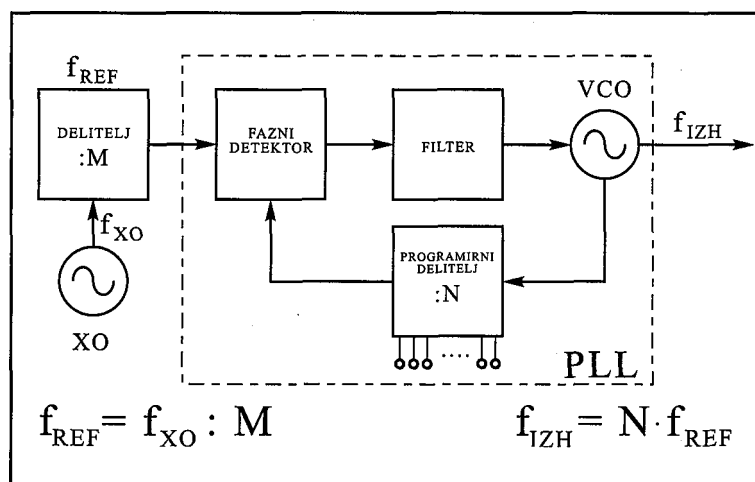
6.2.2. RF SINTETIZATORJI

Osnovni RF izvor v večini starejših radijskih oddajnikov in sprejemnikov 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



Slika 6.2.4 PLL sintetizator

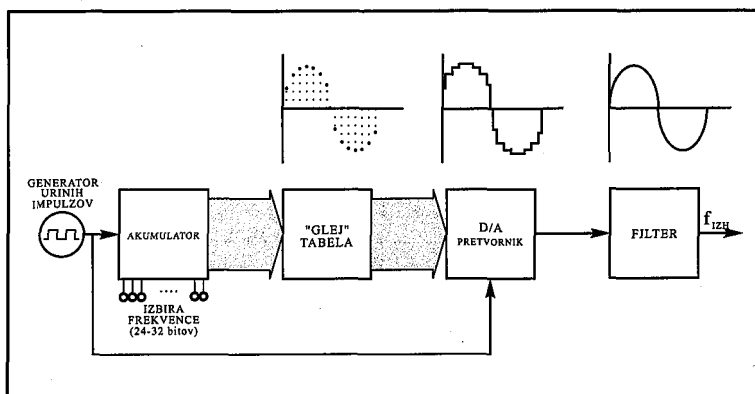
izhodnega signala kristalnega oscilatorja. Referenčna frekvenca je zato zelo stabilna in točna, kar pomeni, da je takšna tudi izhodna frekvenca PLL sintetizatorja.

Referenčna frekvenca določa najmanjši frekvenčni korak. Za FM delo je najmanjši korak običajno 12.5 oziroma 25kHz, za SSB in CW delo pa mora biti najmanjši korak vsaj 100Hz, 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 poljubno 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 odčitavanja 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 natančno 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 Direktni digitalni sintetizator

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 17MHz in je velikost akumulatorja 24 bitov, potem je najmanjši korak približno 1Hz!

Če želimo narediti DDS za frekvence do 10MHz, mora biti frekvenca urinih impulzov najmanj 20MHz, v praksi pa vzamemo še nekaj več, na primer 30MHz. Nizkoprepustni filter pa naj ima mejno frekvenco nekje pri 12MHz. Vidimo, da v tem primeru rabimo zelo hiter D/A pretvornik, saj mora delati na frekvenci 30MHz! 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 čim bolj zadušiti. Po predpisih mora biti nivo višjih harmonskih komponent vsaj 40dB pod nivojem osnovne frekvence. Izhodna impedanca končne stopnje je 50 ohm in je standardizirana za vse radioamaterske radijske naprave.

Močnostni ojačevalnik končne stopnje ima običajno 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.

6.2.3. CW ODDAJNIKI

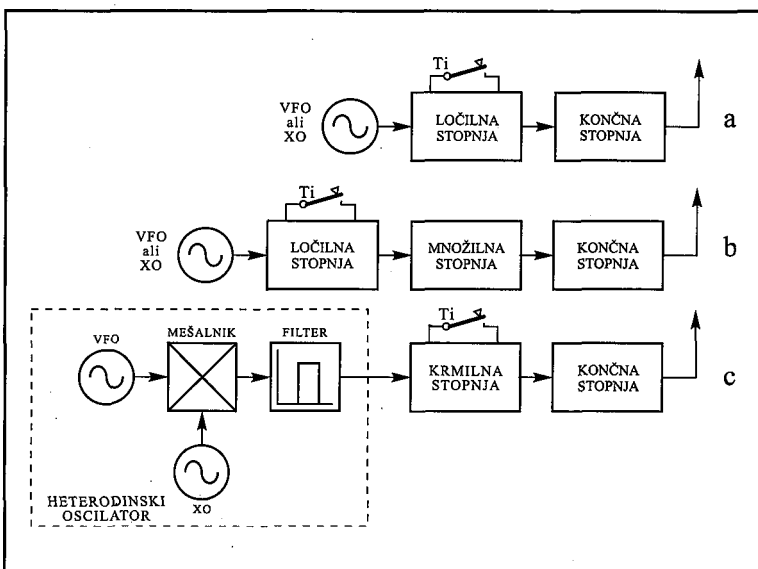
Telegrafija z uporabo Morsejeve kode je najpreprostejša modulatorska metoda v radioamaterski praksi. Pri radioamaterjih je zelo priljubljena, saj lahko izkušen radioamater pravilno dekodira telegrafske signale, čeprav so le-ti zelo šibki ali pa moteni.

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.

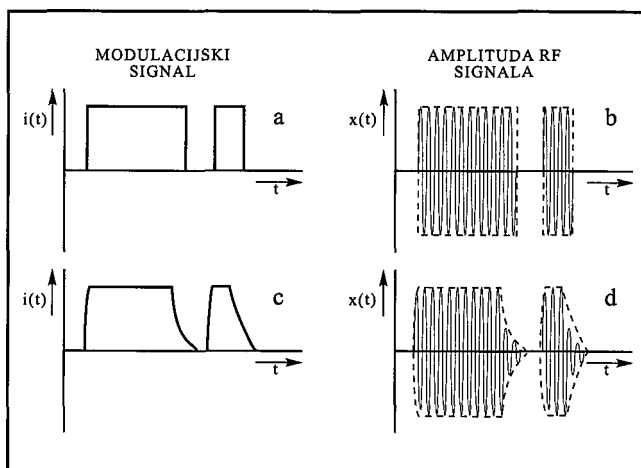
Oddajnik na sliki 6.2.6.b je podoben prejšnjemu, le da vsebuje še množilno stopnjo. Oscilator lahko zato dela na nižji frekvenci od delovne frekvence oddajnika. Če na primer dela oscilator na 3.5 MHz, množilna stopnja množi z 2 - rezultat je torej delovna frekvenca 7 MHz. Oddajnik lahko vsebuje tudi več množilnih stopenj.

Oddajnik na sliki 6.2.6.c 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.

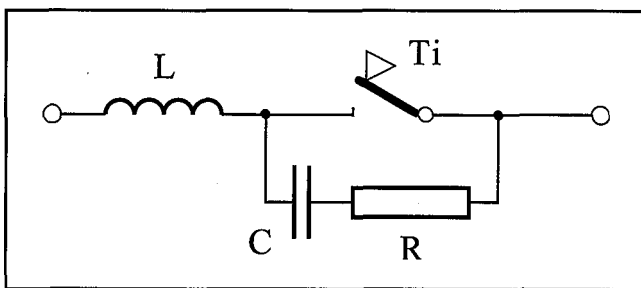
Pri oddajanju telegrafije moramo na nek način prekinjati RF signal v ritmu telegrafskih znakov. To lahko naredimo tako, da vklapljamo ali izklapljammo oscilator, vendar se pogosteje uporablja vklapljanje ali izklapljanje stopenj, ki sledijo oscilatorju, torej ločilne ali krmilne stopnje.



Slika 6.2.6.a, b in c CW oddajniki



Slika 6.2.7.a, b, c in d Tok napajalne stopnje in RF signal pri CW oddajniku



Slika 6.2.8 "Anti-klik" filter

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 pritisnemo ali spustimo tipkalo. Klikli se pri tako ostrih robovih lahko slišijo več kot 100kHz proč od nosilne frekvence in lahko predstavljajo resne motnje. Slika 6.2.7.a prikazuje napajalni tok stopnje, ki jo vklapljamo oziroma izklapljammo, 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 pritisnemo, tuljava upočasneno naraščanje toka, ko tipkalo spustimo, pa polnjenje kondenzatorja upočasneno padanje toka. Upor prepereči hitro praznjenje kondenzatorja, ko tipkalo pritisnemo.

Ojačevalniki za CW signale lahko delajo tudi v C razredu.

6.2.4. SSB ODDAJNIKI

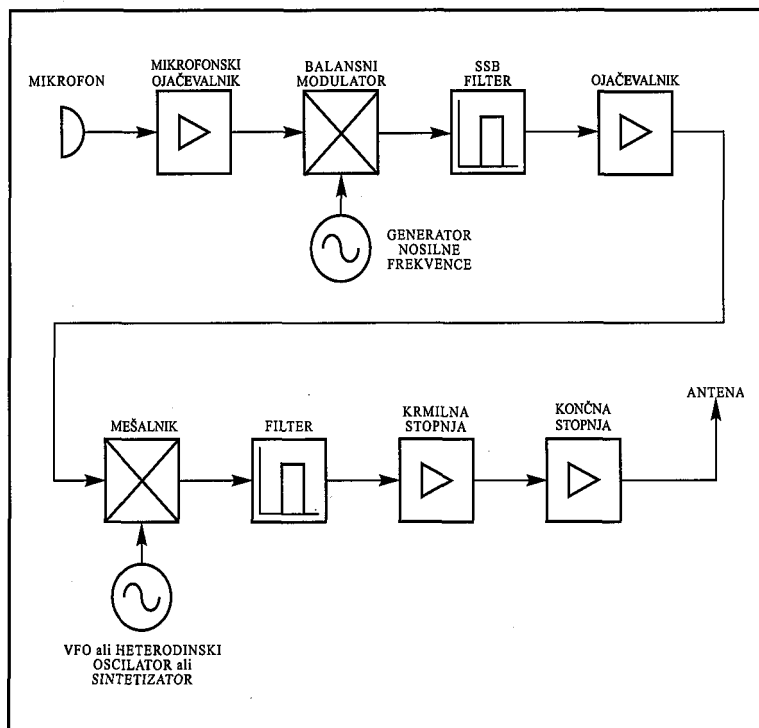
SSB modulacija je pri radioamaterjih zelo priljubljena in se uporablja predvsem za prenos govora na skoraj vseh radioamaterskih frekvenčnih področjih. V poglavju o modulacijah smo povedali, da je SSB modulacija vrsta amplitudne modulacije, ki ima potisnjen nosilec in ima samo en bočni pas. Eno izmed 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 3kHz. 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

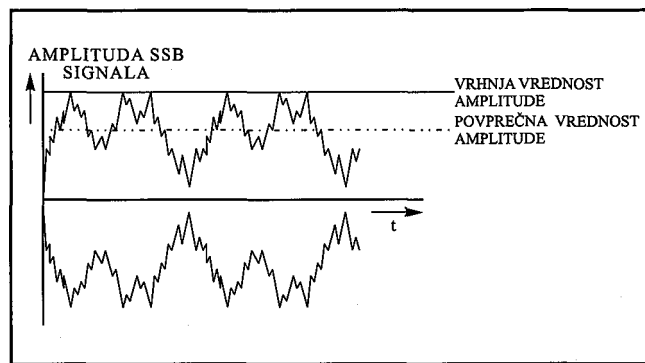


Slika 6.2.9 SSB oddajnik

SSB signal zelene 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).

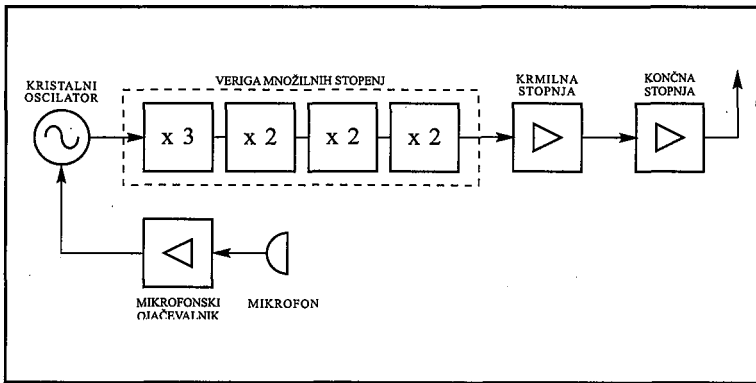


Slika 6.2.10 Ovojnica SSB signala

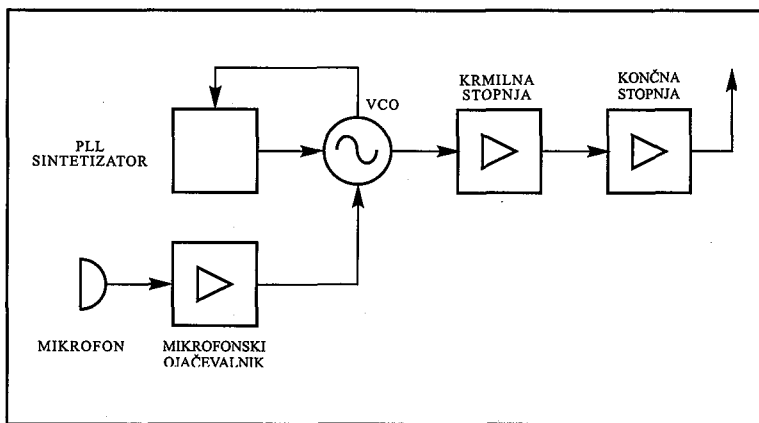
Zaželeno je, da je razmerje med vrhno vrednostjo amplitud ovojnice in povprečno vrednostjo čim manjše, saj to pomeni večjo povprečno moč oddajnika oziroma boljše razmerje signal-šum na sprejemni strani. Ker sam govorni signal (avdio signal) vsebuje nenadne zelo kratke skoke amplitude, ga moramo zato 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 avdio 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).

6.2.5. 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 UKV FM oddajnik



Slika 6.2.12 FM oddajnik s PLL sintetizatorjem

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 zeleno frekvenčno področje, kar dosežemo z množilnimi stopnjami. Pri množenju se za ustrezeni faktor poveča tudi frekvenčna deviacija! Ko dobimo signal ustrezne frekvence, ga je potrebno še ojačiti na zelen nivo. Ojačevalniki za FM lahko delujejo tudi v razredu C.

Za primer vzemimo, da imamo v kristalnem oscilatorju kristal frekvence 6.06354MHz. Po množenju s skupnim faktorjem 24 dobimo RF signal frekvence 145.525MHz. Če je frekvenčna deviacija RF signala oscilatorja na primer okoli 1kHz, bo frekvenčna deviacija RF signala frekvence 145.525MHz okoli 24kHz.

FM oddajnik na sliki 6.2.12 uporablja VCO, ki dela kar na delovni frekvenci oddajnika. Za stabilno delovanje VCO-ja skrbi PLL sintetizator. Modulacijski signal pripeljemo preko RC filtra na varaktorsko diodo VCO-ja. RF signal iz VCO-ja je potrebno samo še ojačiti na zelen nivo.

6.3. RADIJSKI SPREJEMNIKI

V prejšnjem 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.

6.3.1. 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 enačbo, ki pravi, da je povprečna vrednost kvadrata napetosti šuma na upor R enaka:

$$\langle u^2 \rangle = 4 \cdot k \cdot T \cdot B \cdot R$$

$\langle u^2 \rangle$ - povprečna vrednost kvadrata napetosti šuma

k - Boltzmanova konstanta, $1.38 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$

R - upornost

B - pasovna širina

T - absolutna temperatura

Če gledamo sedaj upor R kot generator šuma, je razpoložljiva moč, ki jo generator daje (prilagojenemu) bremenu, enaka:

$$N = \frac{\langle u^2 \rangle}{4 \cdot R} = k \cdot T \cdot B$$

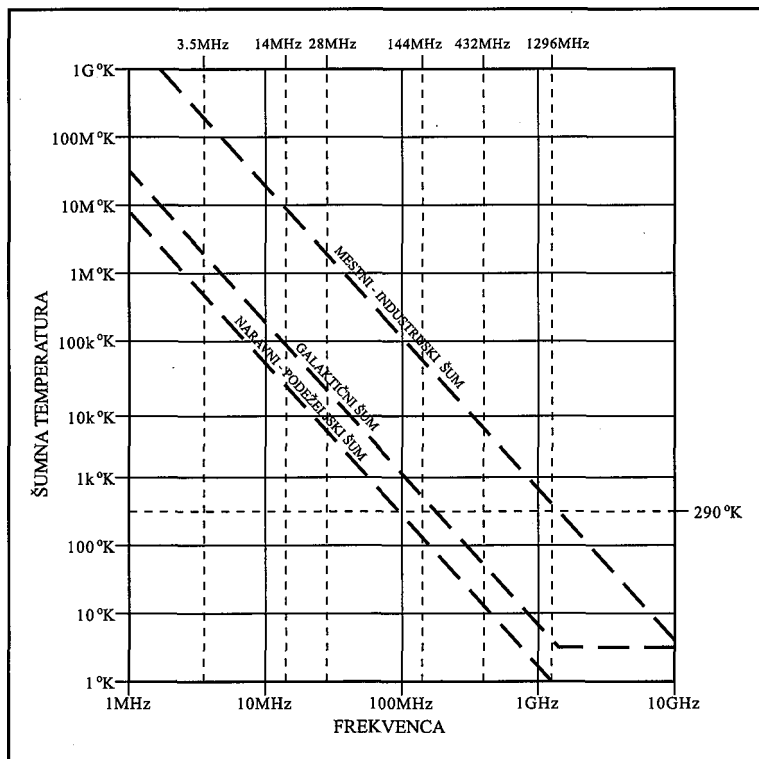
Razpoložljiva moč šuma je torej odvisna samo od pasovne širine in absolutne temperature. Pri absolutni ničli ($0^{\circ}K$) je moč šuma nič - gibanje elektronov popol-

noma 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 z 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 TEMPERATURO 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).



Slika 6.3.1 Frekvenčna odvisnost šuma okolice

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:

$$\frac{S}{N} = 10 \lg \frac{\text{moč signala}}{\text{moč šuma}}$$

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 vходу. ŠUMNI FAKTOR (F , Noise factor) definiramo kot razmerje razmerja signal/šum na vходу 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:

$$NF = 10 \lg F \quad [dB]$$

Za opis šumnih lastnosti stopenj pa poleg omenjenih dveh količin uporabljamo še količino, ki se imenuje EKVIVALENTNA ŠUMNA TEMPERATURA (T_e). Vzemimo, da na vход stopnje priključimo 50 ohmski upor (zaradi prilagoditve ravno 50 ohmski), ki naj bo ohlajen na -273 stopinj C oziroma 0K. 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:

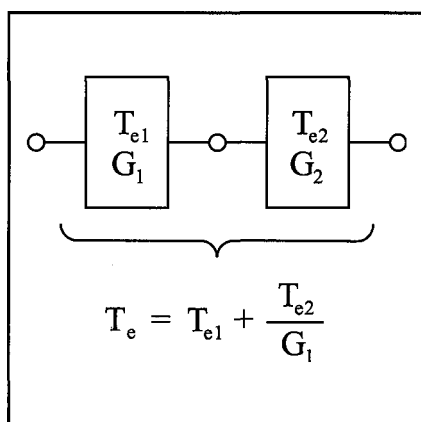
$$NF = 10 \lg F = 10 \lg \left(1 + \frac{T_e}{T_0} \right) \quad [dB]$$

$$T_e = T_0 \left(10^{\frac{NF}{10}} - 1 \right) = T_0 (F - 1) \quad [K]$$

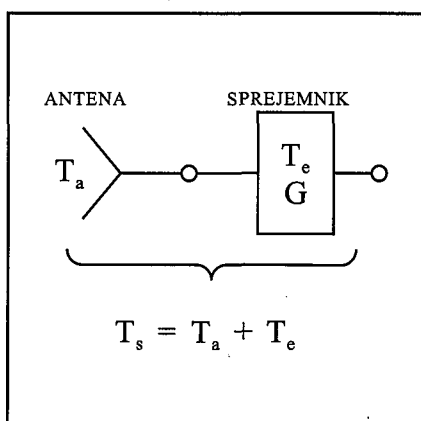
$$T_0 = 290K$$

Vzemimo sedaj dve zaporedno vezani stopnji. Vsaka stopnja naj bo opisana s svojo ekvivalentno šumno temperaturo in svojim 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! Kadar želimo razpravljati o razmerju signal/šum pa ni dovolj, da govorimo samo o ekvivalentni šumni temperaturi sprejemnika, temveč moramo tej temperaturi prišteti še temperaturo antene. Tako dobimo EKVI-VALENTNO ŠUMNO TEMPERATURO SISTEMA (T_s) - slika 6.3.3.



Slika 6.3.2 Skupna ekvivalentna šumna temperatura dveh zaporedno vezanih stopenj



Slika 6.3.3 Ekvivalentna šumna temperatura sistema

Razmerje signal/šum je obratno sorazmerno 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.

6.3.2. 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 vходу sprejemnika, da bo na izhodu razmerje signal/šum enako 10dB. Boljša kot je občutljivost, šibkejšje 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 vходу sprejemnika podajamo relativno glede na en miliwatt ali pa kot ekvivalentno napetost na vhodnih sponkah sprejemnika:

$$P_{dBm} = 10 \lg \frac{P}{1mW} \quad [dBm]$$

$$u = \sqrt{2 \cdot P \cdot R} \quad [V]$$

$$R = 50\Omega$$

Podatek, da je občutljivost sprejemnika $0.5\mu V$ za razmerje signal/šum 10dB, nam pove, da mora biti na vходу sprejemnika nivo signala -116dBm, da dobimo na izhodu razmerje signal/šum 10dB.

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 medfrekvenčni sprejemnik. Medfrekvenčni filtri za SSB prepuščajo frekvenčni pas širine 2.4KHz, filtri za CW navadno okoli 500Hz, filtri za FM pa okoli 15kHz.

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 80dB do 120dB.

PREOBREMENITEV

Preobremenitev nastopi, ko se na vходу sprejemnika pojavi izredno močan RF signal, ki spravi v nasičenje eno ali več stopenj sprejemnika. Sprejemnik postane zelo neobčutljiv oziroma popolnoma "ogluš". Pri tem sploh ni potrebno, da je to signal, ki ga želimo sprejemati.

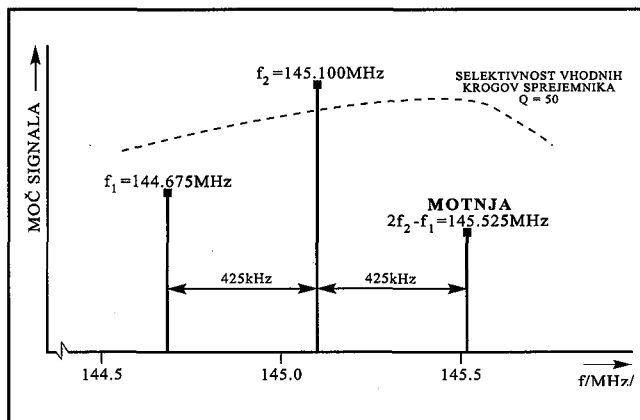
INTERMODULACIJSKO POPAČENJE

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 linearosti 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 repetitor z vhodno frekvenco 145.100MHz, potem bo na vходу našega sprejemnika zagotovo prisoten precej močan signal na 145.100MHz. Če poslušamo na frek-

venci 145.525MHz, ravno takrat, ko naš sosed oddaja, bomo na tej frekvenci slišali motnjo signala s frekvence 144.675MHz! (Slika 6.3.4) Za to motnjo nista kriva signala na frekvencah 145.100MHz in 144.675MHz, ampak naš sprejemnik, ki ima nizek IP3.



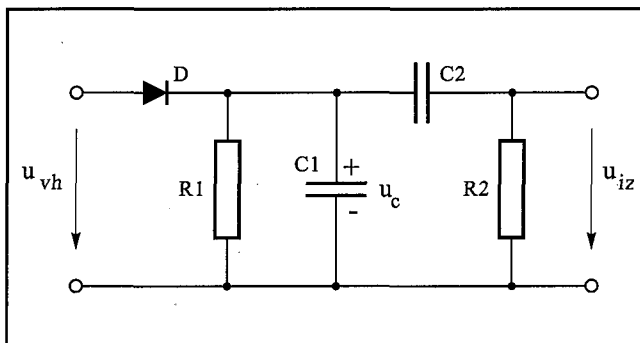
Slika 6.3.4 Primer intermodulacijskega popačenja (IMD)

6.3.3. DETEKTORJI

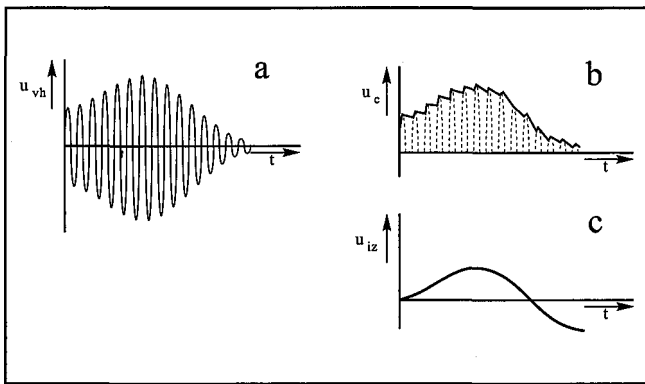
Naloga detektorjev je, da iz signala izluščijo informacijo. Tak postopek imenujemo DEMODULACIJA. Detektor lahko zato imenujemo tudi demodulator.

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).



Slika 6.3.5 Detektor ovojnice



Slika 6.3.6. a, b in c Pretvorba AM signala v informacijski signal

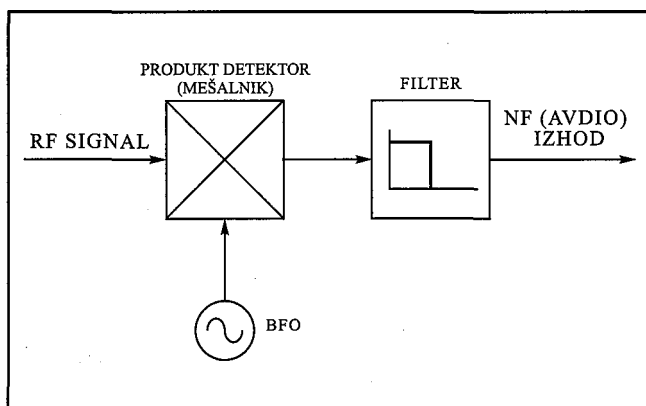
DETEKCIJA CW SIGNALOV

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 na NF področju, se nato znebimo še ostalih produktov mešanja.

Če na primer želimo demodulirati CW signal frekvence 3550kHz, mešamo CW signal s signalom frekvence 3550.5kHz (iz BFO). Na izhodu iz mešalnika dobimo signal frekvence 7100.5kHz in NF signal frekvence 0.5kHz. Po filtriranju ostane samo želeni signal frekvence 0.5kHz, 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.



Slika 6.3.7 Produkt detektor

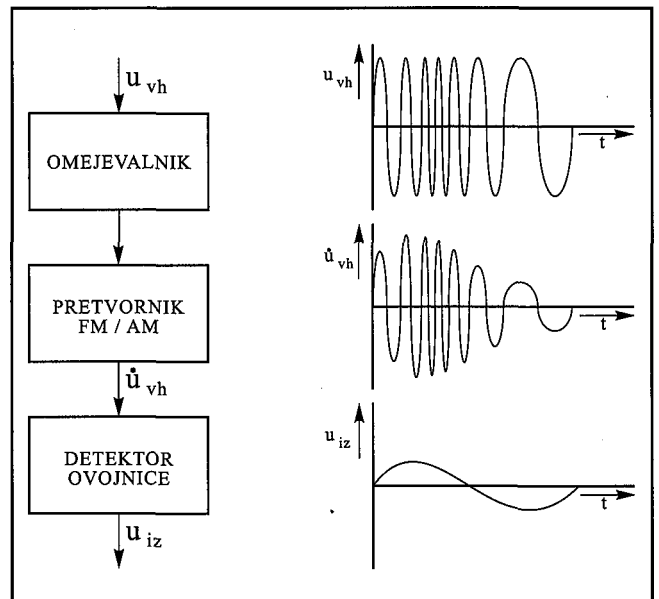
S produkt detektorjem lahko detektiramo tudi CW in AM signale.

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.

DETEKCIJA FM SIGNALOV

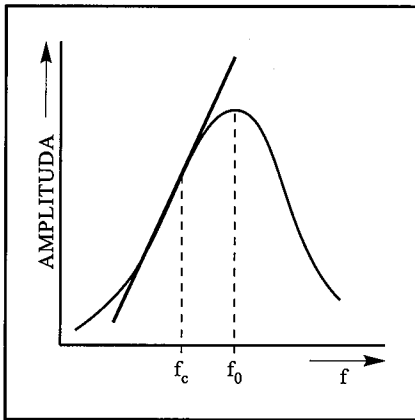
Detektor za FM signale imenujemo tudi FREKVENČNI DISKRIMINATOR. Izhodna napetost diskriminatorja se mora linearno spreminjati s spreminjajočo frekvenco vhodnega FM signala. Ena izmed metod, s katero to dosežemo, je pretvorba FM signala v AM signal, ki ga nato detektiramo z detektorjem ovojnice.

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.



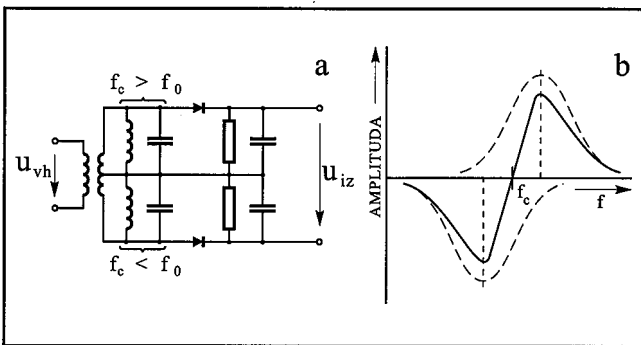
Slika 6.3.8 Postopek detekcije s pomočjo FM - AM pretvorbe

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 majhnem področju okoli frekvence f_c amplituda in frekvenca linearno odvisni. LC nihajni krog lahko torej na majhnem področju v okolici frekvence f_c uporabimo za pretvorbo FM signala v AM signal.



Slika 6.3.9 Amplitudno - frekvenčna karakteristika vzporednega LC nihajnega kroga

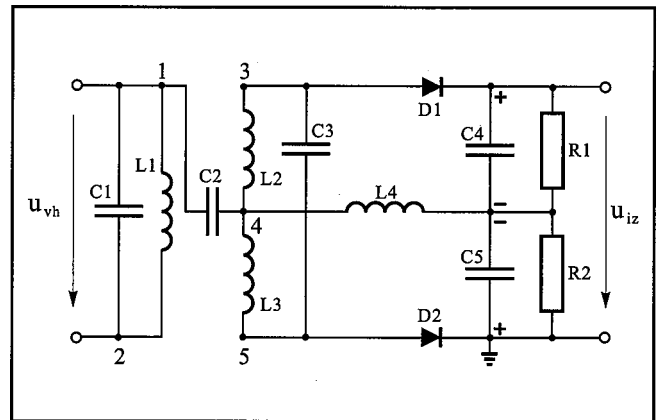
Frekvenčno področje, kjer sta amplituda in frekvenca linearno odvisni, pa lahko povečamo z uporabo balansnega diskriminatorja (Slika 6.3.10.a). Ta diskriminator vsebuje dva nihajna kroga. Prvi je uglašen malo nad f_c , drugi pa malo pod f_c . Vsakemu nihajnemu krogu sledi detektor ovojnice. Izhod diskriminatorja je potem razlika obeh "ovojnic". Slika 6.3.10.b prikazuje frekvenčno-napetostno karakteristiko takšnega diskriminatorja.



Slika 6.3.10 Balansni diskriminator (a) in njegova frekvenčno-amplitudna karakteristika (b)

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 L1, L2 in L3 predstavljajo transformator. Njegov primar (L1) in sekundar (L2L3) sta dela resonančnih vezij (C1L1 in C3L2L3), 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.



Slika 6.3.11 Foster-Seeley diskriminator

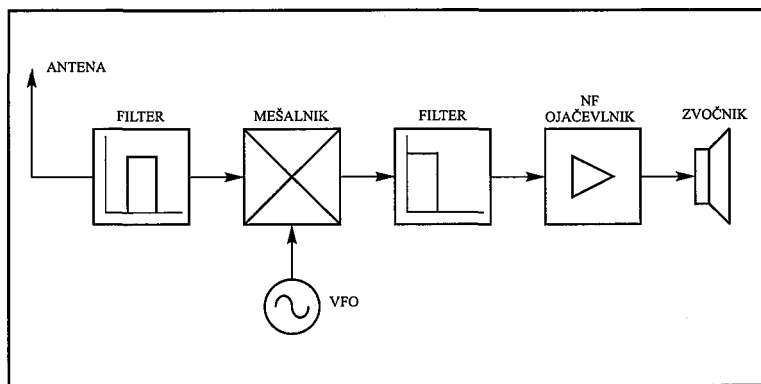
Sekundar ima točno na sredini odcep, kamor pripelejemo tudi vhodno napetost. Le-to zagotovimo s kondenzatorjema C2 in C5 ter tuljavo L4. Ker je odcep točno na sredini, sta tuljavi L2 in L3 enaki. Gledano z referenčne točke (odcep) sta napetosti na tuljavi L2 in L3 med seboj za 180 stopinj fazno zamaknjeni, po velikosti pa enaki. Pri resonančni frekvenci zato napetost na tuljavi L2 prehitava vhodno napetost za 90 stopinj, napetost na tuljavi L3 pa za 90 stopinj za njo zaostaja. V tem primeru tečeta skozi diodi D1 in D2 enako velika tokova, usmerjeni napetosti na kondenzatorjih C4 in C5 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 C4 in C5. V tem primeru v danem trenutku omenjeni napetosti po velikosti med sabo nista več enaki, zato tudi izhodna napetost ni nič. Z ustrezno izbiro R1, C4, R2 in C5 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).

6.3.4. 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 Sprejemnik z direktnim mešanjem

Slika 6.3.12 prikazuje preprost sprejemnik tega tipa. Detektor tega sprejemnika je pravzaprav produkt detektor, ki dela na zeleni frekvenci, ki jo določa VFO. Na vohodu je pasovno-prepustni filter, ki prepušča signale na zelenem 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 3550kHz. Če nastavimo VFO na frekvenco 3550kHz, 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. V slušalkah slišimo CW signal frekvence 0.5kHz ($3550.5 - 3550 = 0.5$). Če frekvenco VFO-ja še malo povečamo, na primer na 3551kHz, slišimo CW signal frekvence 1kHz, itd. Zavrtimo sedaj kondenzator VFO-ja v drugo stran - nastavimo na primer frekvenco 3549.5: v slušalkah spet slišimo signal frekvence 0.5kHz ($3550 - 3549.5 = 0.5$). 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 vohodu sprejemnikov z direktno konverzijo ne uporabljamo RF ojačevalnikov. Zadostuje torej samo resonančno vezje - filter. Signal ojačimo šele po demodulaciji. V praksi potrebujemo od 80dB do 100dB ojačenja. Ti sprejemniki torej zelo ojačijo nizkofrekvenčni signal, kar ima za posledico probleme z mikrofonijo, saj lahko že zelo majhni mehanski tresljaji povzročijo

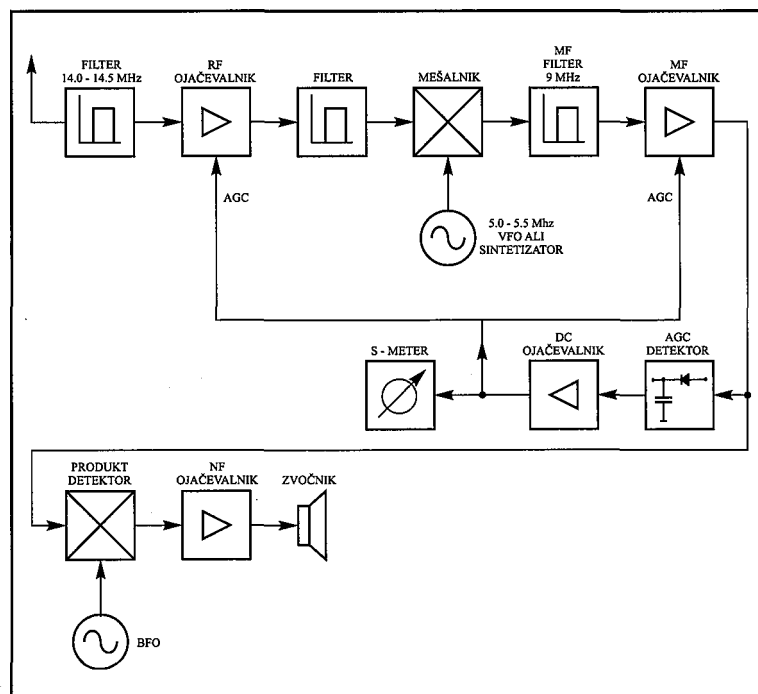
motnje na sprejemu. Potrebno selektivnost za sprejem CW in SSB signalov lahko dosežemo z RC filtrom, ki ga priključimo med NF ojačevalnik in slušalke oziroma zvočnik.

6.3.5. 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 nemoduliranim nosilcem iz lokalnega oscilatorja. Rezultata mešanja sta med drugimi tudi razlika frekvenc vhodnih signalov in vsota frekvenc vhodnih signalov. S filtrom nato izločimo signal zelene frekvence.

Sodobni sprejemniki lahko delajo na zelo širokem frekvenčnem področju (na primer sodoben kratkovalovni sprejemnik dela od 0.5MHz do 30MHz). 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 14.5MHz.



Slika 6.3.13 Enojni superheterodinski sprejemnik

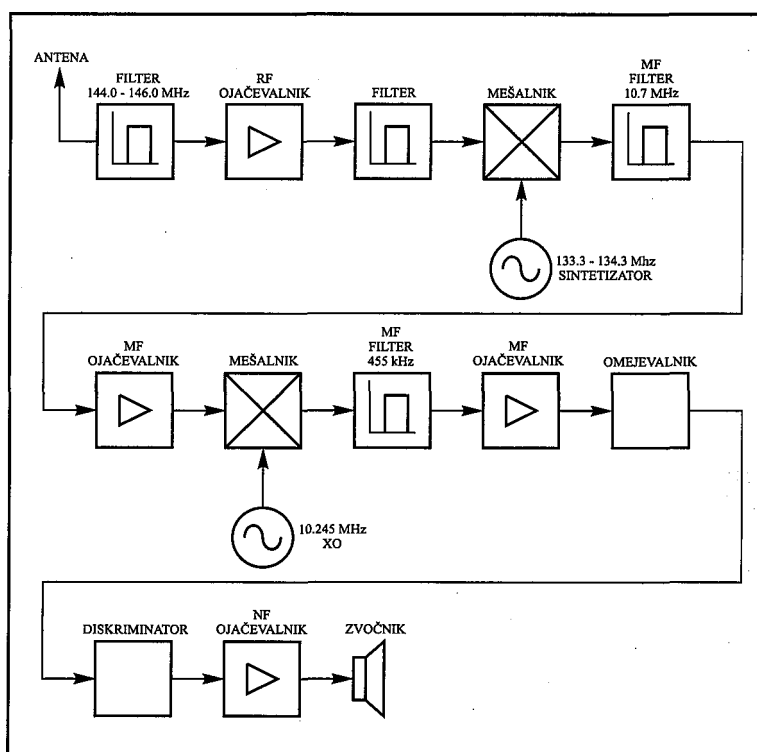
Vhodno selektivnost sprejemnika na sliki 6.3.13 zagotavljata dva pasovno-prepustna filtra (pred in za RF ojačevalnikom). Ta del sprejemnika se imenuje tudi PRESELEKTOR. RF ojačevalnik ojači signal iz antene. (Na kratkem valu na vhodu sprejemnika ne potrebujemo velikega ojačenja.) V mešalniku se RF signal meša s signalom iz lokalnega oscilatorja, ki je lahko VFO ali pa frekvenčni sintetizator. Želeni rezultat mešanja (v našem primeru signal frekvence 9MHz) izločimo s pasovno-prepustnim MF FILTROM. V ta namen navadno uporabljamo kristalne filtre. Frekvenčni pas, ki ga MF filter prepušča, znaša običajno 2.4kHz (za SSB in CW) oziroma okoli 500Hz (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 1.5kHz zamaknjena glede na srednjo frekvenco MF filtra, za sprejem CW signalov pa je navadno zamaknjena okoli 800Hz, kar da na NF izhodu ton frekvence 800Hz. 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 medfrekvence. 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 čim bolj 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 OJAČENJA (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 100dB.

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 6dB 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). Defenicija S-stopenje ni standardizirana, zato pri različnih proizvajalcih naletimo na različne definicije (na primer ena S-stopnja lahko pomeni spremembo signala za 4dB). Prav tako ni standardizirane definicije za jakost signala pri S0.

Pri superheterodinskih sprejemnikih naletimo na problem ZRCALNIH FREKVENC. Denimo, da sprejemamo RF signal frekvence 14MHz. Po mešanju s signalom lokalnega oscilatorja frekvence 5MHz dobimo medfrekvenčni signal frekvence 9MHz ($14 - 5 = 9$). MF signal frekvence 9MHz pa dobimo tudi, če pride v mešalnik RF signal frekvence 4MHz ($4 + 5 = 9$)! Rezultat mešanja je torej prav tako MF signal frekvence 9MHz, ki ga po detektiranju slišimo. Frekvenca 4MHz je v tem primeru ZRCALNA FREKVENCA (Image frequency). Zelo močan RF signal frekvence 4MHz bi lahko potemtakem povzročal resne motnje pri sprejemu RF signala frekvence 14MHz, 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 0.455MHz, bi bila zrcalna frekvenca 13.09MHz, kar je slab MHz oddaljeno od delovne frekvence (14MHz), in filtriranje močnega RF signala tako blizu delovne frekvence bi



Slika 6.3.14 Dvojni superheterodinski sprejemnik

zahtevalo dober filter na vходу sprejemnika. Vidimo, da se lahko z izbiro višje medfrekvence in dobrimi filtri na vходу 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 146MHz.

Na vходу sprejemnika s slike 6.3.14 se nahaja RF ojačevalnik s pasovno-prepustnima filtroma na njegovem vходу in izhodu. Njegovo ojačenje mora biti dovolj veliko, da pokrije šum mešalnika in s tem popravi občutljivost sprejemnika. RF signal nato mešamo s signalom lokalnega oscilatorja (frekvenčni sintetizator, ki mu lahko nastavimo frekvenco od 133.3 do 135.3MHz) in po filtriranju dobimo signal prve medfrekvence (10.7MHz). (Za filter navadno uporabimo kristalni filter pasovne širine okoli 15kHz - za FM.) Sledi MF ojačevalnik ter ponovno mešanje s signalom lokalnega oscilatorja, ki je v tem primeru kristalni oscilator, ki dela na fiksni frekvenci 10.245MHz. Po filtriranju dobimo signal druge medfrekvence (455kHz). (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 zelen 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 z 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.

6.4.1. 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 vidi-mo, 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 in se v praznem prostoru 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 -
 300 000 000 m/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:

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad \text{in} \quad \lambda = \frac{c}{f}$$

V primeru, da računamo frekvenco v megahertzih (1MHz = 1000000Hz) in valovno dolžino v metrih (m), pridemo do enačb, ki ju bomo pogosto srečevali:

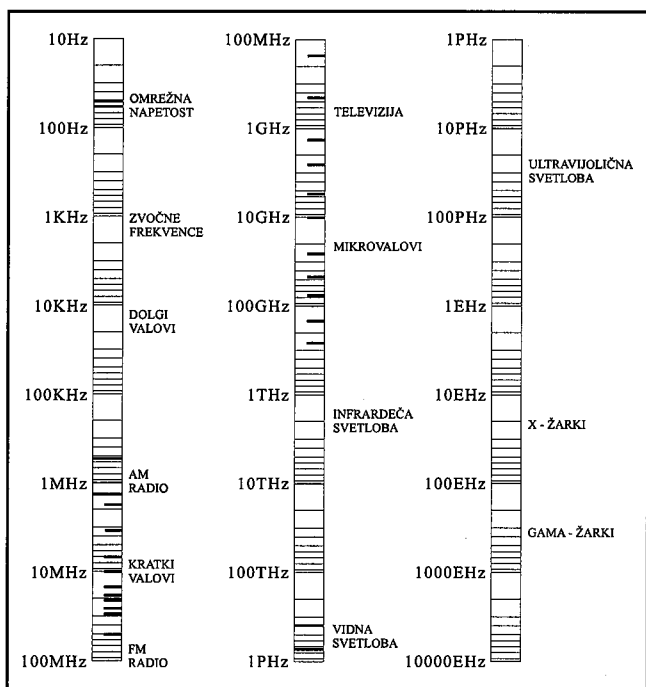
$$f = \frac{300}{\lambda} \quad \text{in} \quad \lambda = \frac{300}{f}$$

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 145.0MHz?

$$\lambda = \frac{300}{145} = 2.07\text{m}$$



Slika 6.4.1 Spekter EM valov

6.4.2. FREKVENČNA DELITEV

Radijski valovi so del celotnega elektromagnetnega spektra, ki nas naj-bolj zanima. Obsegajo frekvence od 3kHz 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 radioamaterjem 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 so tudi radioamaterji, ki imamo določene frekvenčne pasove v skoraj vseh zgoraj naštetih frekvenčnih področjih. Izjema je le najnižje področje - zelo nizke frekvence (VLF). 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. Brez problemov se razširjajo tudi v praznem prostoru. V praksi pa se to dogodi bolj poredko, saj se večina valov razširja skozi atmosfero,

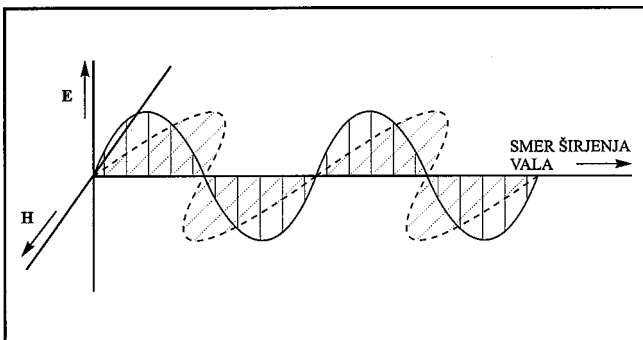
kjer so podvrženi raznim vplivom, zaradi katerih se začno kriviti, odbijati ali pa zaradi absorpcije v določenih plasteh atmosfere celo izginejo.

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.

6.5.1. 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 300000km/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 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.



Slika 6.5.1 Elektromagnetni val

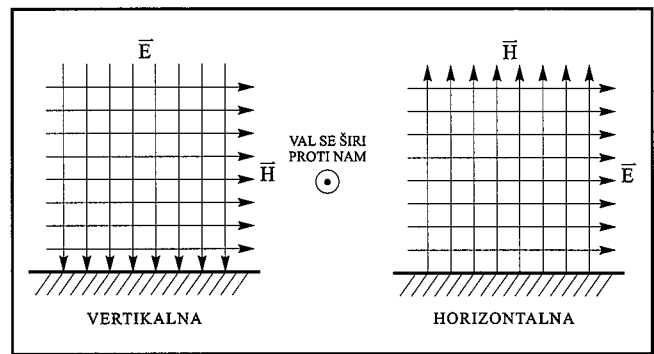
Elektromagnetno valovanje sestavljata dve polji - električno (E) in magnetno (H). Električno polje je posledica napetosti - potencialne razlike med dvema točkama, magnetno pa gibanja električno nabitih delcev - električnega toka. Polji sta med seboj pravokotni. Medsebojno lego glede na smer širjenja 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.



Slika 6.5.2 Vertikalna in horizontalna polarizacija

Zelo 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

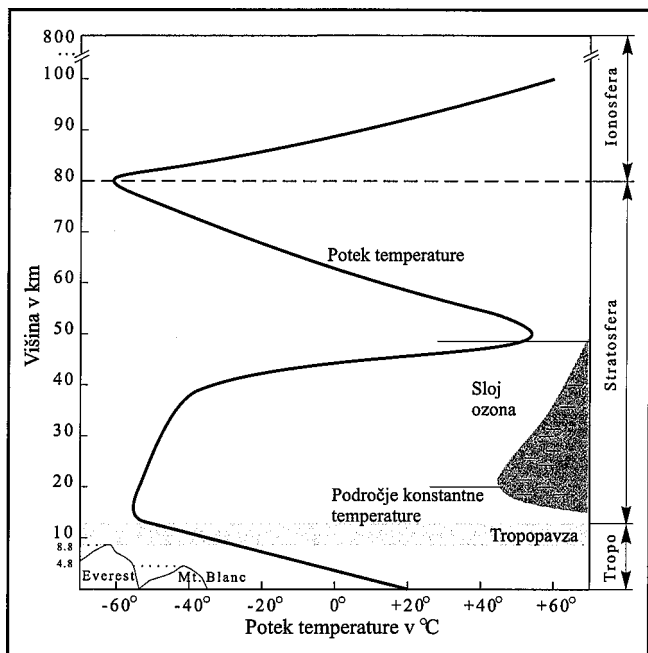
razširjanja valovanja. Če se spremeni hitrost valovanja, se spremeni tudi njegova smer. Za primer lahko vzamemo palico, ki jo poševno postavimo v posodo z vodo - zdi se, da je palica zlomljena.

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.

6.5.2. ZEMELJSKA ATMOSFERA

Zemeljska atmosfera ima pomembno vlogo pri razširjanju elektromagnetnih valov. Sega do višine okoli 2500km 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

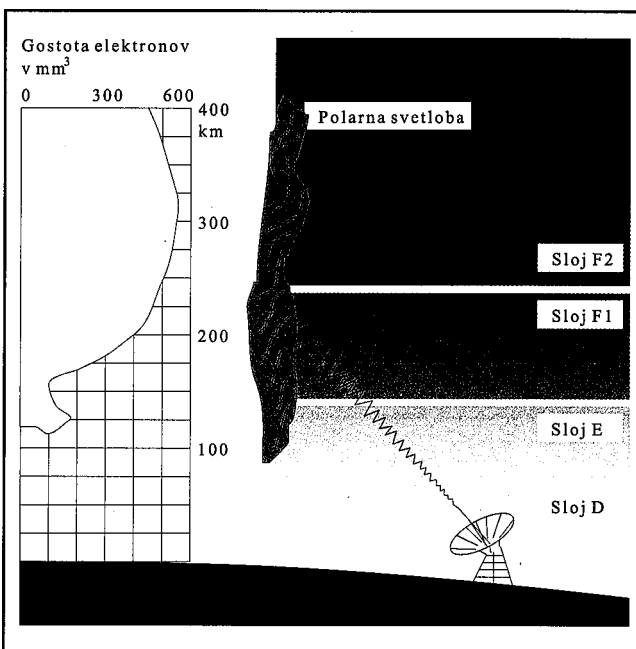
se začne ionosfera in se prične temperatura dvigati (Slika 6.5.3).

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 intenzivnosti 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.



Slika 6.5.4 Gostota elektronov v ionosferi

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.

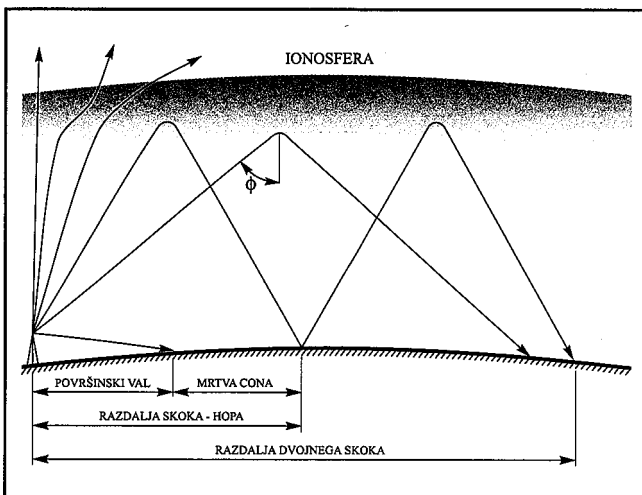
6.5.3. DELITEV RADIJSKIH VALOV GLEDE NA NAČIN ŠIRJENJA

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 absorpciji v Zemljini površini, preko katere se širijo. Absorpcija 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 troposferi. Na ta način se širijo valovi vseh UKV področij. V primeru, da zadenejo ob oviro, se odbijejo in spremenijo smer.



Slika 6.5.5 Širjenje valov

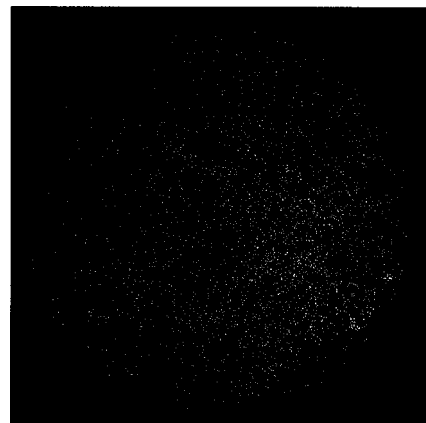
Za kratke valove je značilno prostorsko razširjanje. Valovi se širijo v prostor, odbijejo od ionosfere in se vrnejo na Zemljo. S to vrsto razširjanja je mogoče doseči največje razdalje na KV področju. Do loma valovanja v ionosferi pride zaradi različnih hitrosti valovanja, ki so posledice različnih gostot 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 zapuša 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".

6.5.4. AKTIVNOST SONCA - SOLARNI CIKLUS

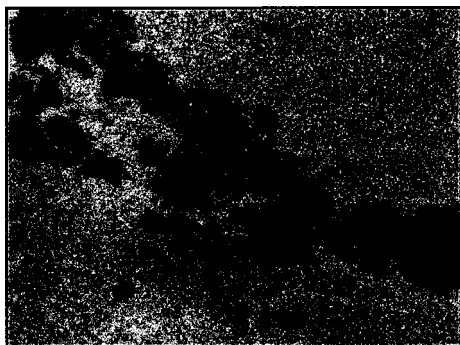
Možnost vzpostavljanja zvez na kratkem valu s pomočjo prostorskih valov je najbolj odvisna od stanja v ionosferi. Na ionosfero pa najbolj vpliva UV sevanje Sonca, z drugimi besedami aktivnost Sonca ali solarni cikel. Približno pet let in pol je potrebno, da intenzivnost ultravijoličnega sevanja preide 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.



Sonce – vidne so sončne pege

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.



Sončne pege od blizu

Temu pravimo ciklus sončnih peg. Samega pojava sončnih peg in njihovega ciklusa znanost še ni uspela uspešno razložiti in za znanstvenike ostaja 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 višja 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 ioni-

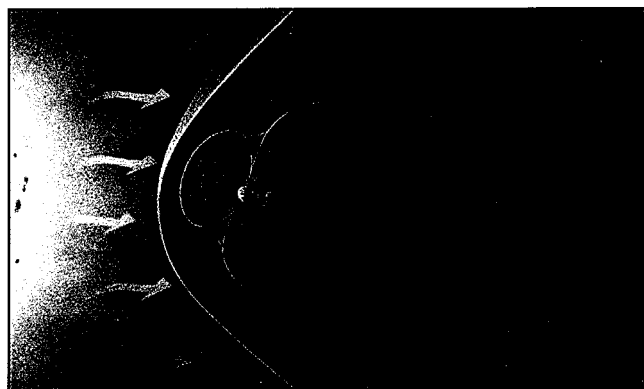
ziranega področja, ki pa nima obliko sloja, temveč je bolj podoben oblaku. Ta pojav spada med ionosferske motnje. Es je področje zelo velike ionizacije, ki lahko odbija celo UKV valove.

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.



Sončev veter in magnetno polje Zemlje

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.

6.5.5. 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 z f_{kr}) je najvišja frekvenca, pri kateri se val, ki pod pravim kotom zadane 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:

$$MUF = \frac{f_{kr}}{\cos(\Phi)} \quad \begin{array}{l} f_{kr} - \text{kritična frekvenca} \\ \Phi - \text{vpadni kot vala} \end{array}$$

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.

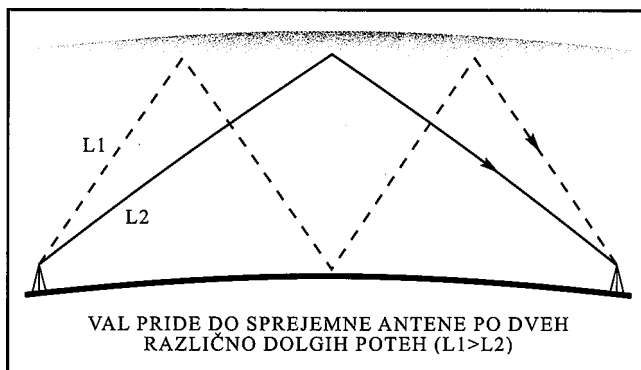
6.5.6. FEDING

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. Odboj valov od dveh različnih slojev.



Slika 6.5.6 Pojav fedinga

6.5.7. POGOJI RAZŠIRJANJA VALOV NA KV FREKVENČNIH PASOVIH

Vsi kratkovalovni amaterski obsegi in edini srednjevalovni pas so pod močnim vplivom dejavnikov, ki smo jih spoznali v prejšnjem delu - sončne aktivnosti, ionosfere, dnevnega časa, letnega časa ter vremena. Pri delu na frekvenčnih pasovih 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 na amaterske pasove. Vendar lahko z izkušnjami in spremljanjem, kaj se na frekvencah dogaja, pride do določenega občutka, kateri frekvenčni 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 – 2.000 MHz)

To je edini radioamaterski pas, ki je v srednjevalovnem področju. 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,boljšajo pa se pozimi, še posebno če temu sledi tudi zmanjšanje atmosferskih motenj. V nočnem času se propagacije občutno boljše kot podnevi - 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 obsegu. 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 pasu so manjše kot na 80m pasu, najbolj izrazite pa so v poletnih mesecih.

30-metrski pas (10.10 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 tako rekoč 24 ur na dan. Z manjšanjem sončne aktivnosti ostane ta pas 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 20 m 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 pas občasno odpre in je možno vzpostaviti dolge zveze. Pojavi pa se nov faktor - sporadični E sloj ali krajše sporadik. Ta 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 radioamaterskih KV 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 12 m pasu obstaja možnost pojave sporadika. Tako atmosferski kot industrijski šum je zanemarljiv.

6.5.8. POGOJI RAZŠIRJANJA VALOV NA UKV IN VIŠJIH FREKVENČNIH PASOVIH

Razširjanje valov nad frekvenco 30MHz običajno ni odvisno od dogajanj v ionosferi. Valovi ionosfero predrejo in uidejo v vesolje. Te frekvence so predvsem uporabne za direktne zveze, delo z amaterskimi sateliti ter delo z odbojem od Lune - EME zveze. Izjema je 6-metrski pas - 50MHz, ki se v pogojih močne ionizacije obnaša podobno kot 10-metrski obseg.

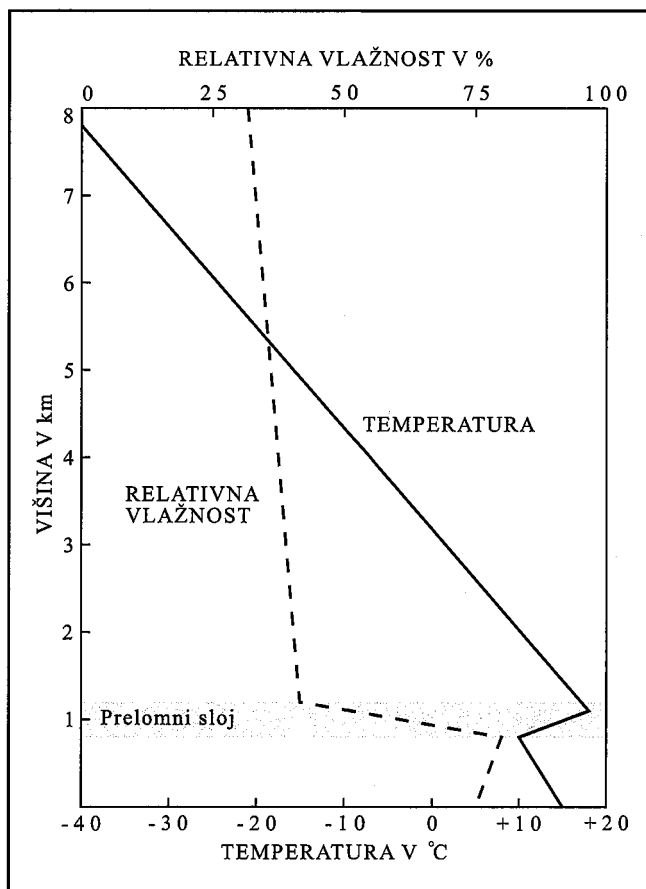
Na UKV pasovih zanesljiva zveza zahteva optično vidljivost med obema korespondentoma. Znotraj te razdalje se nihanja v moči polja praktično ne pojavljajo,

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 (1000km 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, E sporadik) in odboji od satelitov, ki so lahko umetni, ali pa Luna. Možnost takega povečanja pada z višanjem frekvence.

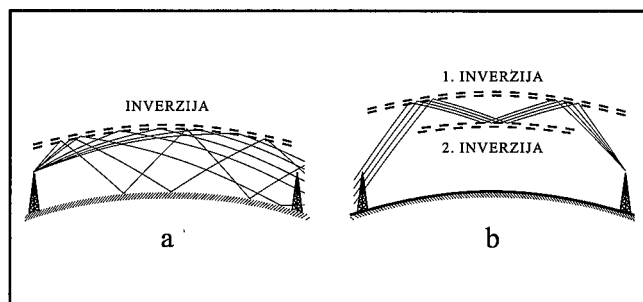
TEMPERATURNNA INVERZIJA

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.



Slika 6.5.7 Potek temperature in vlažnosti v primeru inverzije

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 pojav 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 z postajami, ki se nahajajo na ozko omejenem področju.



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 100km in 150km, se domet UKV vala lahko poveča tudi do 2000km. 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 izmenjajo 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 (72km/s) priletijo v atmosfero in običajno zgorijo nekje na višini med 100km in 200km. Meteor, ki izgoreva, pušča za seboj svetlo sled, hkrati pa tudi zelo močno ioniziran kanal, od katerega se lahko odbijejo UKV valovi.

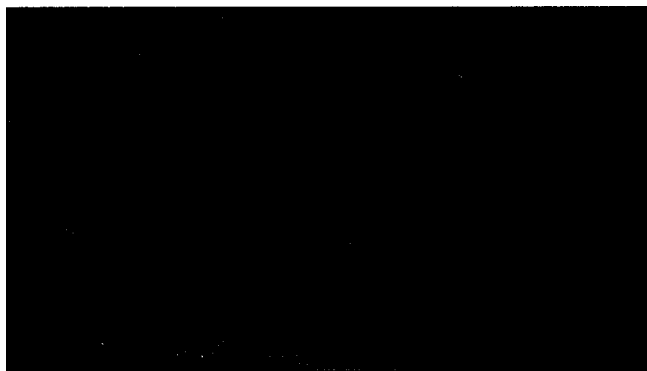
Večji kot je meteorit, močnejša je ionizacija. Vendar je taka sled le kratkotrajna, zato so tudi zveze, ki so narejene z njihovo pomočjo, kratke. Obstaja poseben način dela preko meteoritskih sledi, vendar to ni tema tega poglavja.



Meteorit na nočnem nebu

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.



Aurora

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 področju, na 70cm 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.

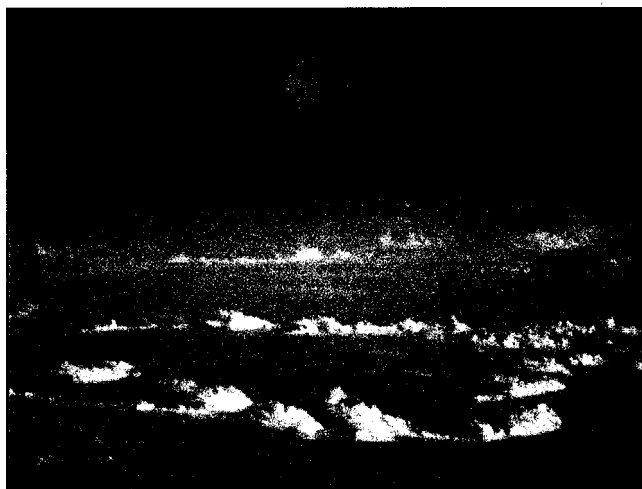
Za uspešno delo je pomembna tudi elevacija antene, ki se giblje okoli 10 stopinj.

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 50MHz. Iz naših krajev je možno vzpostaviti zveze z amaterji na območju južne Afrike.

DELO Z ODBOJEM OD LUNE - EME

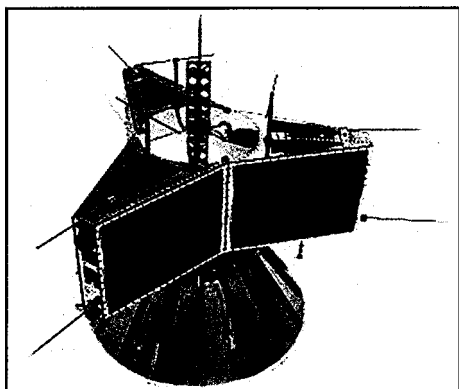
Delo preko Lune ali tudi EME (Earth - Moon - Earth) dobiva čedalje več privržencev. Pogoj, da dva amaterja na različnih koncih Zemlje lahko vzpostavita zvezo na ta način je, da imata oba na nebu Luno. Njeno gibanje je potrebno slediti z antenami. Signal, ki se po odboju od površine vrne nazaj na Zemljo, 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.



Radijski signal pot Zemlja-Luna-Zemlja prepotuje v dobrih dveh sekundah. Na sliki sta Zemlja in Luna, kot ju vidijo astronomi.

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 ("Cross band" zveze).



Radioamaterski satelit – Oscar 10

6.5.9. ZNAČILNOSTI NEKATERIH UKV PASOV

Grobe ugotovitve o značilnosti razširjanja valov na posameznih UKV frekvenčnih pasovih lahko strnemo v naslednje:

6-metrski pas (50.0 MHz – 52.0 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 pasu.

2-metrski pas (144 MHz - 146 MHz)

Je najpopularnejši radioamaterski 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 pasu se uporablja za lokalno delo, zaradi boljšega pokrivanja terena pa se postavljajo repetitorji.

70-centimetrski pas (432 MHz - 438 MHz)

Veljava tega frekvenčnega 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. Pas se uporablja tudi za delo preko satelitov, EME in PR. FM repetitorji omogočajo boljše pokrivanje terena za lokalno delo.

Na višjih frekvenčnih pasovih obsegih se odvija aktivnost predvsem na eksperimentalni ravni. Frekvence si radioamaterji delimo z drugimi službami in smo večinoma sekundarni uporabniki. Še največ aktivnosti je na 1.2GHz in 10GHz, predvsem ob tekmovanjih, drugod pa zelo malo. Izjema so nekateri deli 23 cm (1.3GHz) in 13 cm (2.4GHz) pasov, ki se vse pogosteje uporabljajo za hitre povezave med PR vozlišči.

6.5.10. VPLIV VIŠINE ANTENE NA DOSEG VALOV

V veljavi je splošno pravilo, ki pravi: višje postavljena antena je boljša 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. Približno oddaljenost se da izračunati s pomočjo sledečega obrazca:

$$d = 1.15 \cdot \sqrt{(r+h)^2 + r^2}$$

obrazec lahko poenostavimo:

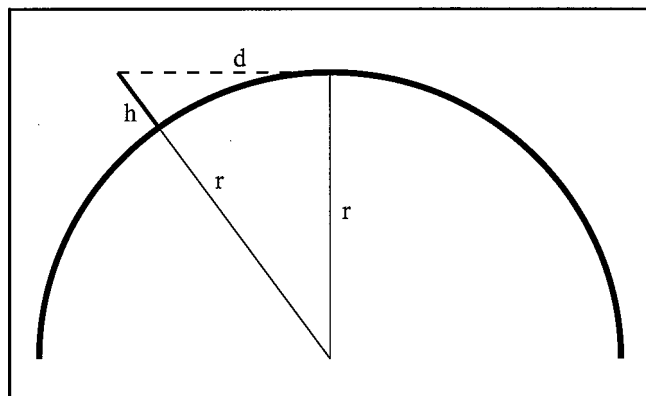
$$d = 4.13 \cdot \sqrt{h}$$

d - oddaljenost (km)

h - nadmorska višina antene (m)

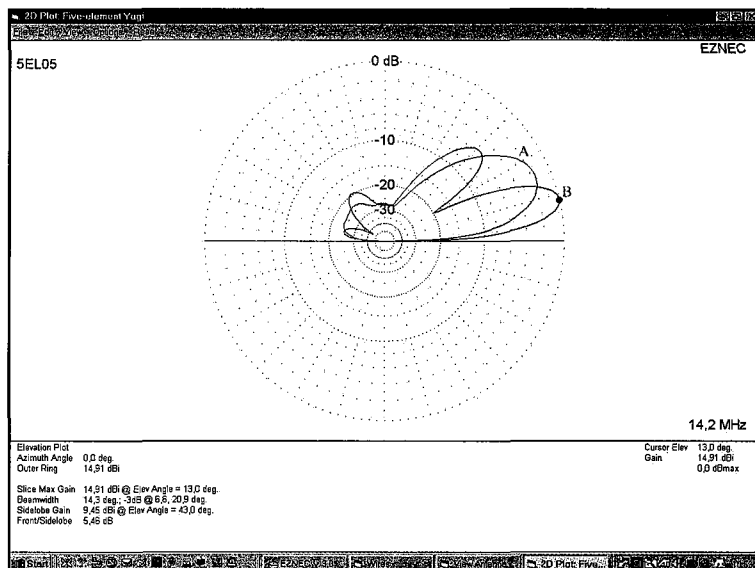
r - polmer Zemlje (6370km)

Pri tem 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.



Slika 6.5.9 Skica za izračun horizonta

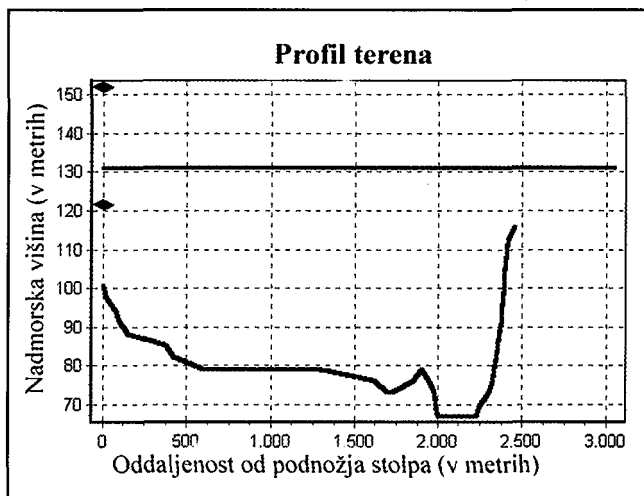
V današnji dobi računalnikov nam k boljšemu razumevanju medsebojnih vplivov višine antene, vpliva reliefa in dosega radijskih valov pripomorejo različni programi. Podrobneje se v računalniške analize ne



Sevalna diagrama dveh enakih anten, ki sta postavljeni na različnih višinah

bomo spuščali. V nadaljevanju je za ilustracijo podanih le nekaj slik s komentarjem.

Sevalni diagram A pripada anteni 0.5 valovne dolžine nad tlemi, sevalni diagram B pa anteni 1.0 valovno dolžino nad tlemi. Vidimo, da ima nižja antena bolj "čist" diagram sevanja (brez stranskih snopov). Glavni snop višje postavljene antene (B) seva precej bolj proti horizontu, opazimo pa tudi dokaj očiten stranski snop, ki ima precej visok kot sevanja.



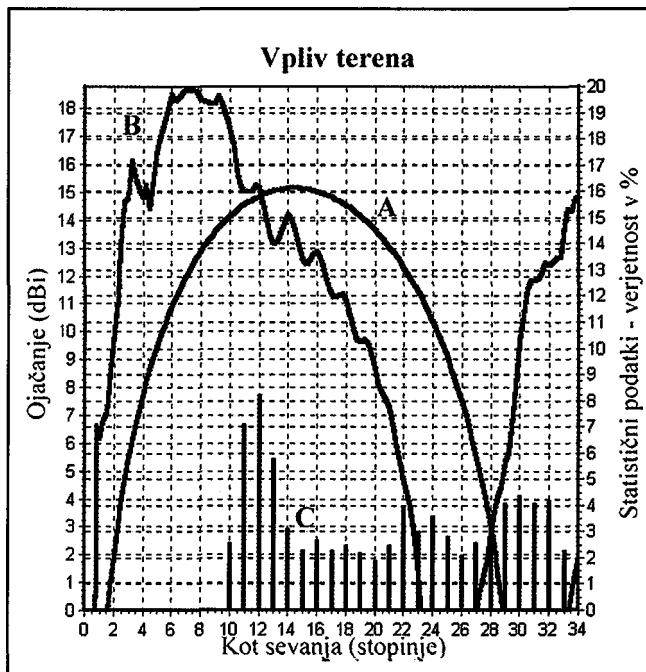
Predstavitev profila terena

Gornja slika ponazarja dva različna profila terena. Običajno računalniški programi za analizo anten predvidevajo, da je teren okoli antene raven. To nam ponazarja gornja, ravna, črta v diagramu. Spodnja, valovita, pa predstavlja bolj realen presek oziroma profil terena. Pozicijo antene v obeh primerih označujeta majhna romba. Nadmorski višini sta zamaknjeni zato, da se nam diagrami ne prekrivajo. Višina antene v obeh primerih je malo več kot 20m.

Če podatke o sevalnem diagramu antene, obliki terena in statistične podatke o vpadnih kotih, pod katerimi lahko pričakujemo radijski val, združimo, dobimo sliko v nadaljevanju.

Na sliki so združeni trije diagrami. A (gladka krivulja) označuje sevalni diagram antene v primeru ravnega zemljišča. Z B (nazobčana krivulja) je označen sevalni diagram iste antene, vendar so upoštevani vplivi razgibanega terena. S C (vertikalne črte) pa so označene statistične ocene o vpadnih kotih, pod katerimi lahko pričakujemo radijski val. V primeru na sliki vidimo, da z približno 8% verjetnostjo pričakujemo radijski val pod kotom 12 stopinj, s 7% verjetnostjo pod kotom 11 stopinj, itd. Opozarjamo, da je gornji primer zgolj hipotetičen za neko izmišljeno, ne preveliko razdaljo in zadosti veliko sončno aktivnost.

Iz računalniške analize vidimo, da nam antena ob upoštevanju profila terena ne bo delovala optimalno, saj maksimalno ojačanje antene pričakujemo pri približno sedmih stopinjah, kjer pa signalov ni pričakovati.



Vpliv terena na sevalni diagram antene

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.

6.6.1. ANTENA IN NJENA DOLŽINA

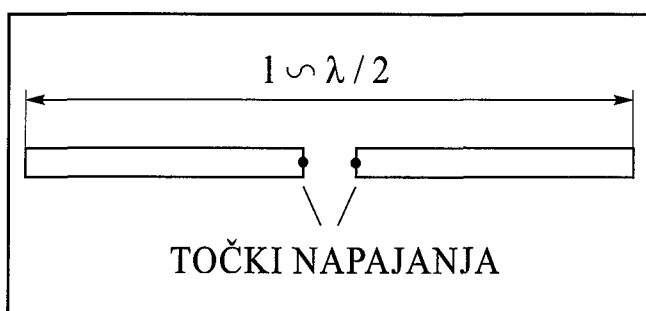
Antena je element, ki pretvarja električno moč iz oddajnika v elektromagnetne valove in jih izseva v prostor. Velja tudi obratno - EM valovi, ki zadenejo anteno, povzročijo nihanje električnih delcev v anteni - pojavita se električni tok in napetost, ki ju zazna naš sprejemnik kot koristen signal ali 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 $1/4\lambda$.

6.6.2. 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:

$$l(m) = \frac{150}{f(MHz)} \cdot k$$

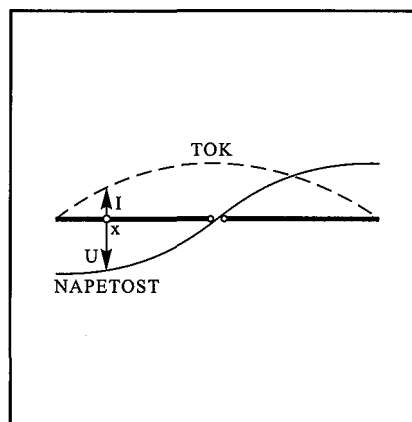
Pri tem je f frekvenca izražena v MHz, k pa je faktor vitkosti, ki se običajno giblje med 0.93 in 0.98. Faktor vitkosti je odvisen od razmerja valovne dolžine in debeline antenskega vodnika.



Slika 6.6.1 Polvalni dipol

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

Slika 6.6.2 Razporeditev toka in napetosti pri polvalnem dipolu

Razporeditev toka in napetosti na antenskem vodniku nam podaja informacijo o upornosti antene. Na osnovi Ohmovega zakona lahko za vsako vrednost poznanega 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 prekratkim vodnikom, se poleg realnega dela v impedanci pojavi še imaginarni del (induktivna ali kapacitivna reaktanca). Pri tem se induktivna reaktanca pojavi pri antenah, ki so daljše od resonančne dolžine, in kapacitivna reaktanca pri antenah, ki so krajše od resonančne dolžine. 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 njegova 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 računski 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:

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{R_i}{R_s}} \quad \begin{array}{l} \eta - (\text{eta}) \text{ izkoristek} \\ R_i - \text{upornost žice} \\ R_s - \text{upornost sevanja} \end{array}$$

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 0.95, 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.

6.6.3. 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 izsevanje enaka. Take antene v praksi ne moremo narediti. Služi le kot matematični model, na osnovi katerega določamo usmerjenost in ojačenje praktično narejenih anten.

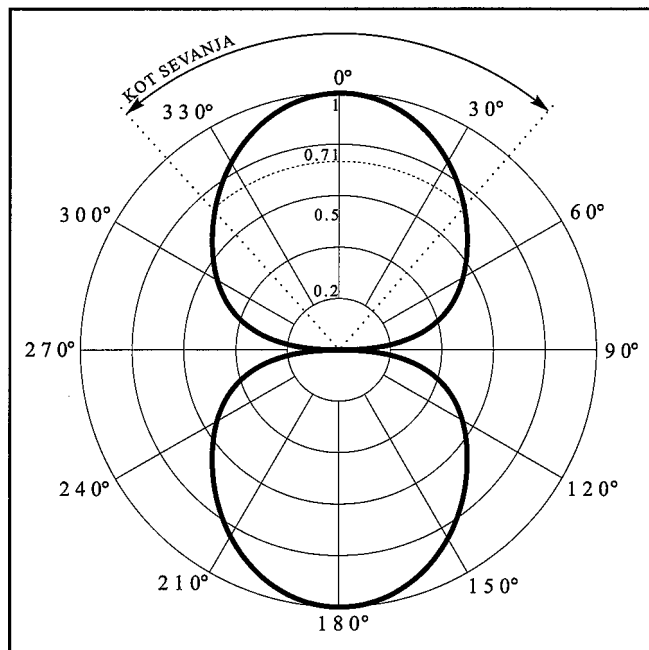
Vsaka praktično narejena antena seva usmerjeno. Pri nekaterih je ta usmerjenost bolj izrazita, pri drugih manj. Popolno predstavo o karakteristiki usmerjenosti antene bi dobili le na osnovi trodimenzionalne slike. Ker pa to v praksi ni enostavno dosegljivo, se največkrat zadovoljimo s karakteristikami 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 enaka. 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.

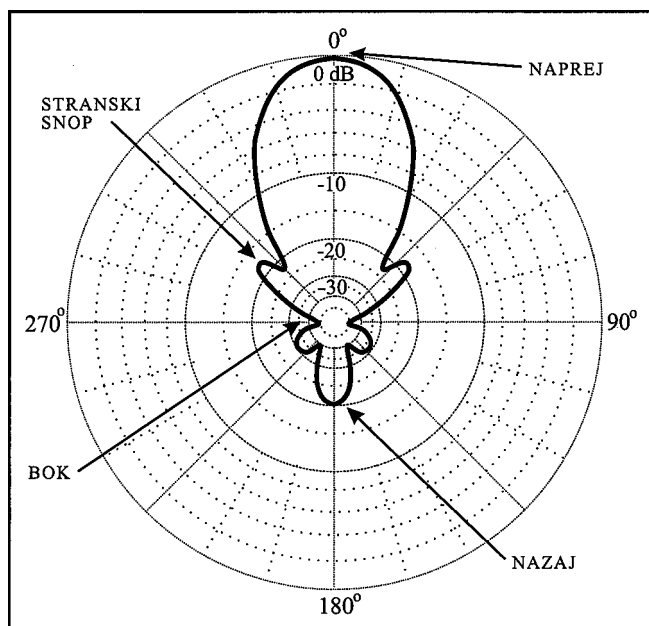
KARAKTERISTIKE SEVANJA

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.a).



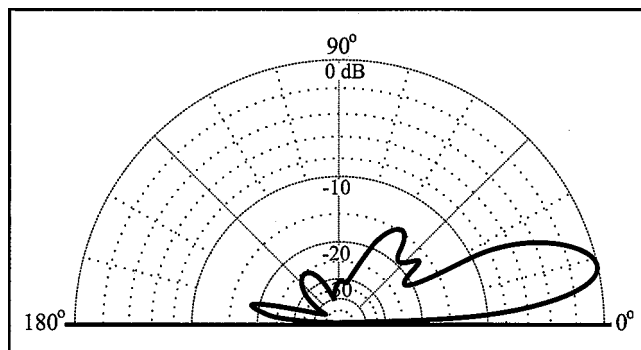
Slika 6.6.3.a Normirani vodoravni diagram sevanja



Slika 6.6.3.b Horizontalni sevalni diagram usmerjene antene

V praksi se pogosteje srečamo z oblikami sevalnih diagramov, kot jih ponazarjata sliki v nadaljevanju. Na slikah sta prikazana horizontalni in vertikalni sevalni diagram usmerjene antene, ki se nahaja polovico

valovne dolžine nad nivojem tal. Na sliki 6.6.3.b so označeni nekatere pomembnejše lastnosti sevalnega diagrama, o katerih je govora v nadaljevanju.



Slika 6.6.3.c Vertikalni sevalni diagram usmerjene antene

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, ki 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):

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

V primeru, da opazujemo napetost, pa:

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

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 perspektivah 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 referenčna - referenčna antena. 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:

$$ERP = 10 \cdot 25W = 250W$$

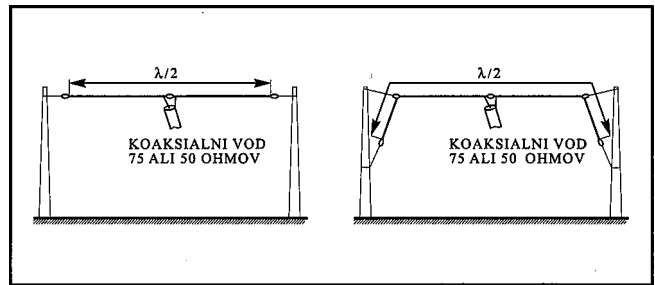
Z drugimi besedami: Ob uporabi dipola (ojačenje naše namišljene antene smo podali v dBd!) bi za isto efektivno moč potrebovali 250W oddajnik.

6.6.4. PRAKTIČNE OBLIKE ANTEN

POLVALNI DIPOL

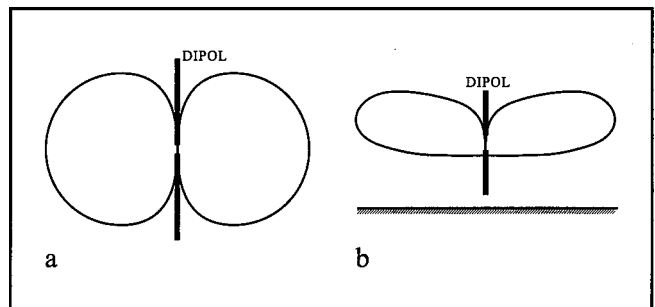
Polvalni dipol je ena od temeljnih in najenostavnejših anten. Njegova dolžina l v metrih je:

$$l(m) = \frac{150}{f(MHz)} \cdot k$$



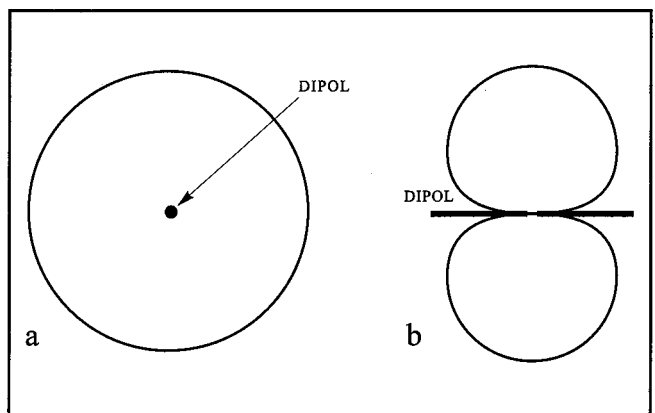
Slika 6.6.4 Žični polvalni dipol - izvedbe

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.

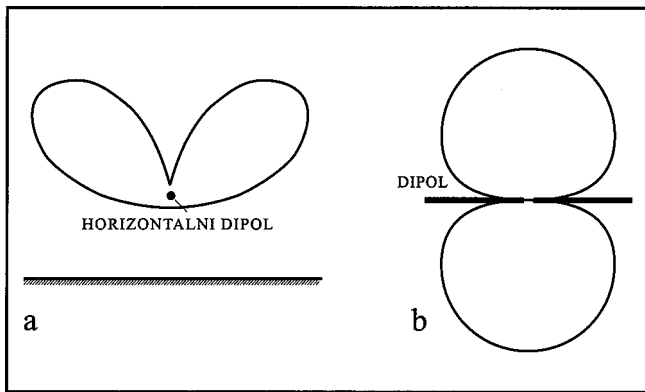


Slika 6.6.5 Vertikalni sevalni diagram vertikalnega dipola

a - v praznem prostoru (brez vpliva zemlje)
b - na majhni višini (vpliv zemlje)



Slika 6.6.6 Sevalni diagram horizontalnega dipola v praznem prostoru a - vertikalni, b - horizontalni



Slika 6.6.7 Sevalni diagram horizontalnega dipola na majhni višini a - vertikalni, b - horizontalni

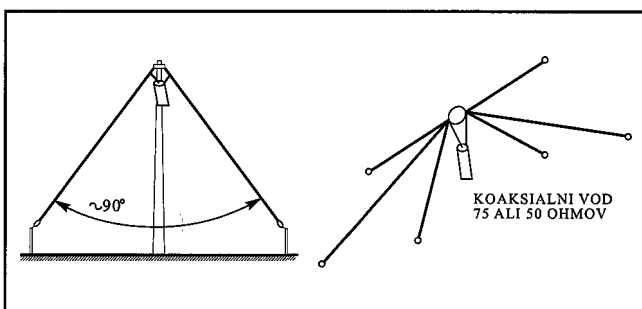
Če primerjamo sevalne diagrame na slikah 6.6.6 in 6.6.7, bomo opazili, da ima bližina tal močan vpliv na vertikalni sevalni diagram. Vpliv tal na obliko horizontalnega sevalnega diagrama v smeri najmočnejšega sevanja je dosti manjši.



Žična antena

ANTENA OBRNjeni V - INVERTED V

Inverted V - obrnjeni V je zelo priljubljena antena, saj za postavitev potrebuje le eno visoko podporno točko (Slika 6.6.8). V bistvu gre za varianto dipola. Dolžina žice je za malenkost daljša kot pri polvalnemu dipolu (5%).



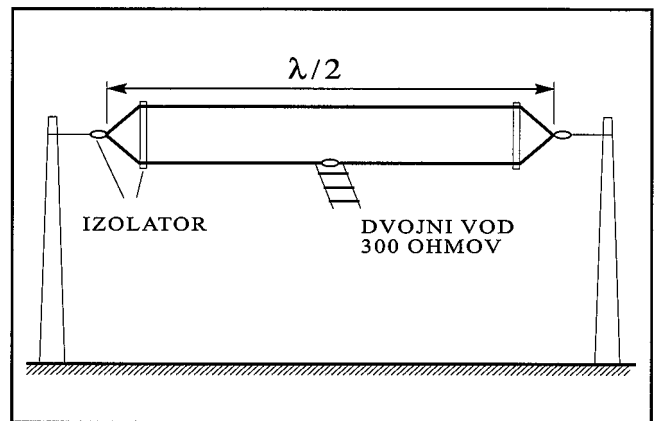
Slika 6.6.8 Inverted V antena

Antenska žica naj zapira kot okoli 90 stopinj, njeni konci z izolatorji pa naj bodo vsaj 3m od tal – tako, da se mimoidoči ne more dotakniti žice. 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 različne amaterske frekvence 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 pasovih, 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).



Slika 6.6.9 Zaprt polvalni dipol

DIPOL ANTENE ZA DELO NA VEČ FREKVENČNIH PASOVIH - MULTIBAND DIPOLI

V amaterski praksi se večkrat srečamo z zahtevo, da anteno, ki je dimenzionirana za delo na enem frekvenčnem pasu, uporabimo tudi na višjih harmonskih frekvencah. V takem primeru pridemo do antene, ki predstavlja kompromisno rešitev. Pojavijo se problemi impedance antene, saj je ta spreminja v odvisnosti od frekvence. 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 pasovih.

Zepp antena

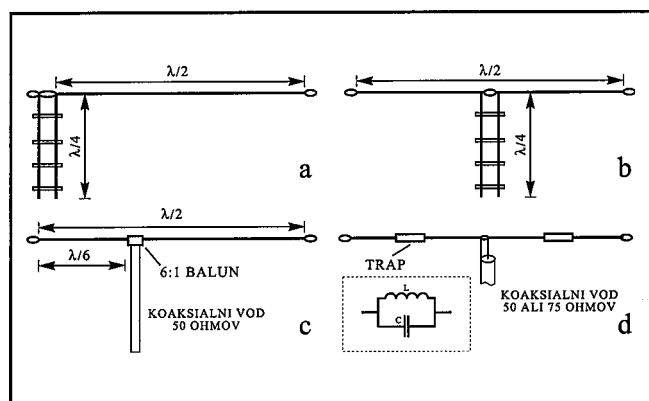
Ta oblika antene je dobila ime po cepelinih, kjer se je prvotno uporabljala. V bistvu je to polvalna antena, ki jo

napajamo na enem koncu z odprtim vodom, dolgim 1/4 valovne dolžine (Slika 6.6.10.a). Antena, ki je dimenzionirana za delo na 80-metrskem pasu, deluje tudi na 40-, 20-, 15- in 10-metrskem pasu, v povezavi s kvalitetnim prilagodilnim vezjem pa tudi na vseh ostalih KV pasovih. 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 (z istim transformatorjem impedance in napajalnim vodom), od katerih je ena dimenzionirana za 80-, 40-, 20- in 10-metrške pasove, druga pa za 30- in 15-metrška pasova. Zanimivo je, da se antena dobro obnaša tudi na 17- in 12-metrskem pasu.

"Trap" dipol



Slika 6.6.10 Dipoli za delo na več pasovih: Zepp (a), Dvojni Zepp (b), Windom (c) in Trap dipol (d)

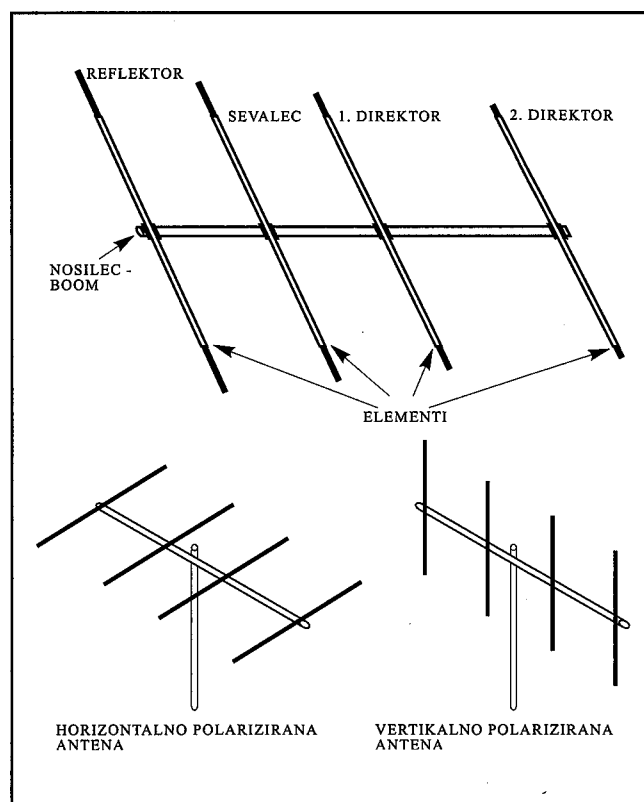
Pri tej anteni imamo v antensko žico vgrajena posebna vezja - pasti ali "trape" (Slika 6.6.10.d). V bistvu so to vzporedni nihajni krogi, ki v resonanci predstavljajo

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 anteno uporabljamo.

Posebna izvedba te antene je W3DZZ – poimenovana s klicnim znakom radioamaterja, ki jo je iznašel. Njena značilnost je, da kljub enemu paru trapov pokriva več amaterskih 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).

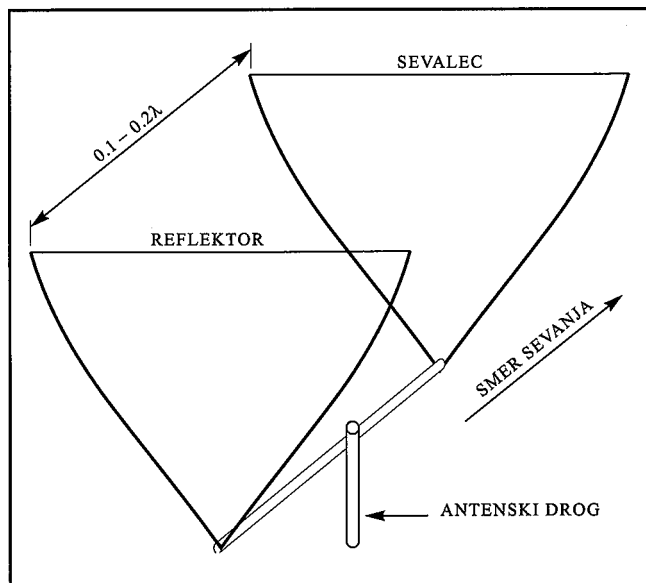


Slika 6.6.11 4-elementna Yagi antena

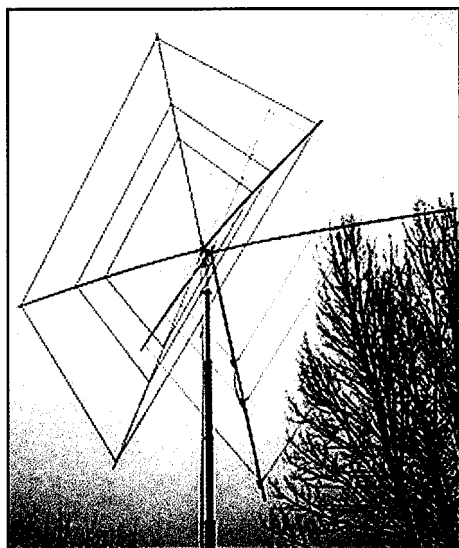
Sevalnemu elementu oziroma dipolu pravimo tudi aktivni element, ker preko njega anteno napajamo. Reflektor in direktorji pa so parazitski elementi, ki skrbijo za povečano usmerjenost antene. Energija, ki jo oddajnik posreduje anteni, se skoncentrira v bolj ali manj ozek snop. Le manjši del se izseva 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.

Ta antena se je v nekaterih primerih izkazala celo boljše kot Yagi antena. V primerjavi z Yagi anteno imajo znančne 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.



Slika 6.6.15 Delta Loop antena



Dvo elementna quad antena

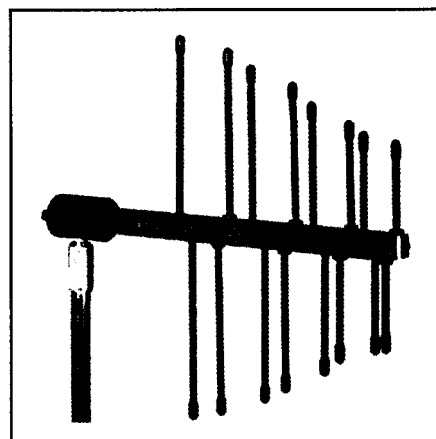
Problem pri znančni anteni predstavlja slaba odpornost na vremenske vplive (veter, sneg, led), saj ima antena tri dimenzije, Yagi antena pa v bistvu le dve. Poseben primer te antene je Delta Loop antena, ki ima elemente v obliki trikotnika (delte). Dolžine elementov in razmaki so podobni kot pri Quad 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 frekvencah, kjer se na iste nosilce namesti več kompletov elementov (za 14MHz, 21MHz, 28MHz).

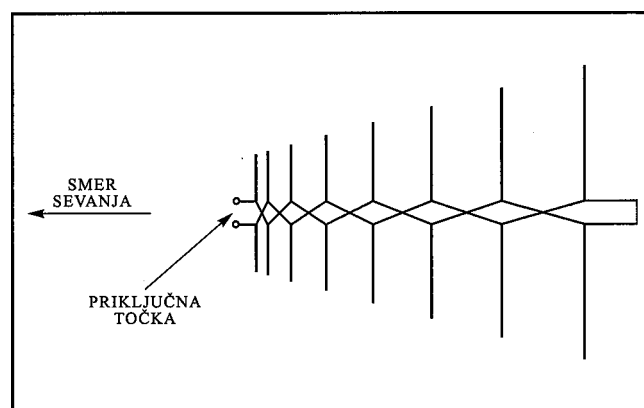
Na UKV pa prevladujejo Yagi antene, ki jih je z zahtevano natančnostjo lažje narediti kot pa antene tipa Quad ali Delta Loop.

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 radioamaterskih pasov pa postajajo zanimive tudi za nas. Največkrat jih opazimo kot logaritimske TV sprejemne antene. Značilnost teh anten je, da pokrivajo širok frekvenčni pas; imajo konstantno ojačenje, odnos naprej-nazaj, dokaj čist sevalni diagram in konstantno napajalno impedanco preko celotnega pasu, za katero so konstruirane. Anteno sestavlja niz napajalnih elementov - dipolov, ki so med seboj povezani, kot kaže slika 6.6.16.



LPDA antena



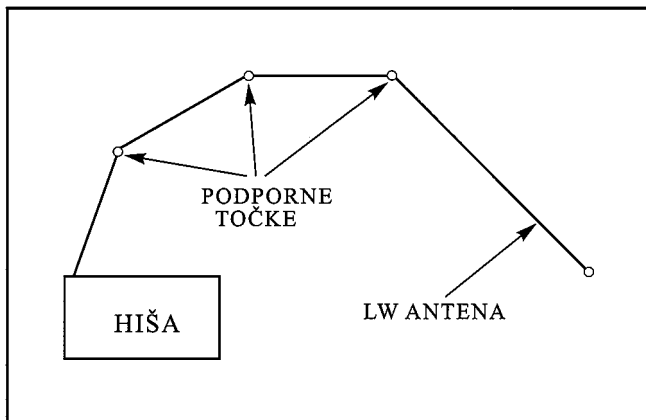
Slika 6.6.16 Princip LPDA antene

Najdaljši in najkrajši dipol določata zgornjo in spodnjo frekvenco pasu, kjer antena deluje, število ele-

mentov in medsebojni razmaki med dipoli pa določajo ojačenje antene. Za anteno je značilno, da se napaja na srednjem 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 čimbolj dolga. Idealna dolžina je nekaj valovnih dolžin. Žico namestimo čimviše. Njena dobra stran je, da dobro dela na vseh radioamaterskih KV frekvencah. 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 lahko zgodi, da je ne moremo uspešno prilagoditi na oddajnik.



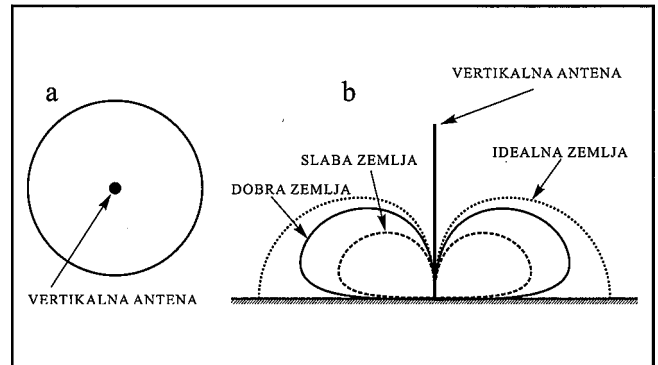
Slika 6.6.17 Možna postavitve Long-wire antene

VERTIKALNE ANTENE

V primeru, ko pogoji onemogočajo postavitev drugih anten, nam ostane na razpolago še vertikalna antena. V primeru mobilnega dela iz vozila je to poleg dela z ročnimi postajami na UKV frekvencah praktično edina možnost. Nikakor pa ne smemo misliti, da je to zasilna antena. Dobro narejena in primerno ozemljena vertikalna antena je zelo dobra za vzpostavljjanje dolgih

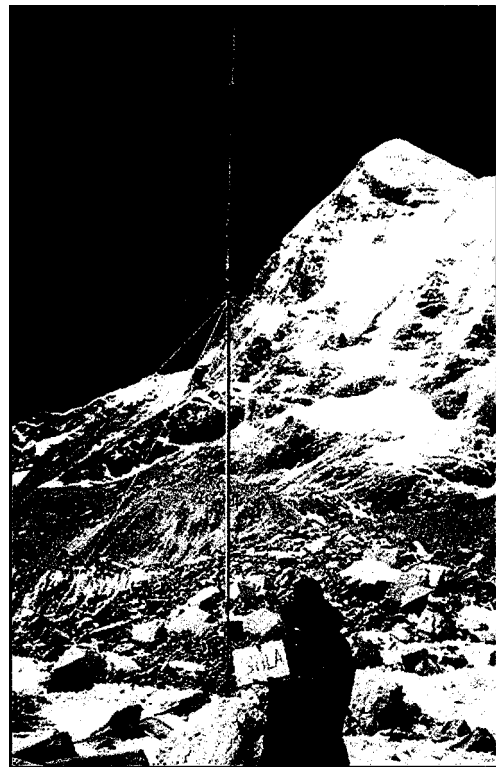
DX zvez na KV frekvencah.

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).



Slika 6.6.18 Sevalni diagrama vertikalne antene: horizontalni (a) in vertikalni (b)

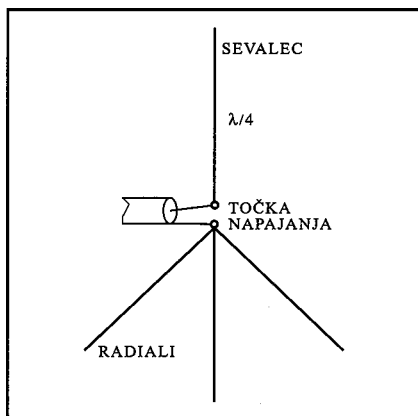
Najmočnejše sevanje dosežemo pod dokaj nizkim kotom glede na Zemljino površino. Idealno je, če je ta kot manjši od 30 stopinj. Ker vertikalna antena seva energijo v vse strani enako in tudi sprejema signale iz vseh strani enako, ji pravimo tudi "omnidirekionalna" antena.



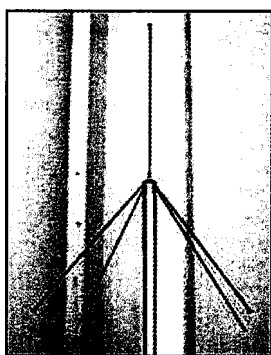
Vertikalna antena v baznem taboru pod Everestom

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 (običajno na KV frekvencah) ali pa iz aluminijastih cevi.



Slika 6.6.19 Princip Ground plane - GP antene



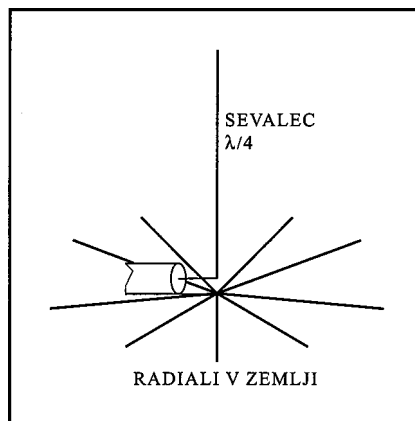
GP antena za 2m področje

V primeru, ko je antena postavljena na površino zemlje, izboljšamo kvaliteto ozemljitve z radiali, ki jih položimo na zemljo oziroma jih zakopljemo nekaj centimetrov globoko. Radiali so lahko različno dolgi. Njihova priporočljiva dolžina je odvisna od števila položenih radialov in se običajno giblje nekako med 0.2 in 0.5 valovne dolžine (Slika 6.6.20).

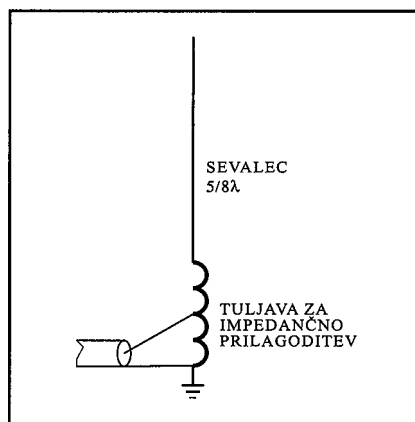
Od kvalitetne ozemljitve je odvisno, kako nizek bo vertikalni kot sevanja antene. Boljša je ozemljitev, nižji je ta kot. Anteno napajamo direktno s koaksialnim vodom impedance 50 ohmov.

Na KV frekvencah pogosto opremimo vertikalno anteno s "trapi", tako da ta deluje na več radioamaterskih 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 5/8λ dolga antena ni resonančna.

Ker je malo predolga, ima njena impedanca 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.).



Slika 6.6.20 Vertikalna antena, postavljena na zemlji

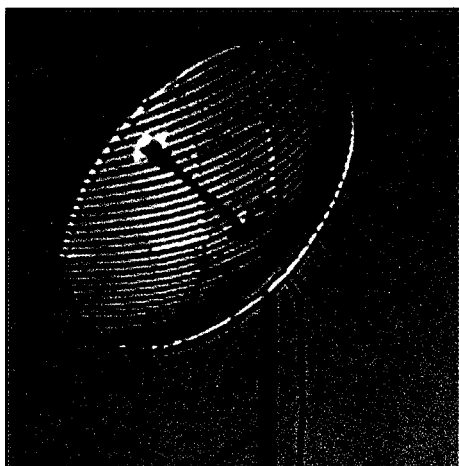


Slika 6.6.21 5/8 valovne dolžine dolga vertikalna antena

Vertikalna antena je pri oddaji idealna. Pri 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 lovi od antene, ki je horizontalno polarizirana.

PARABOLIČNA ANTENA

Parabolična antena je tip antene, ki se uporablja predvsem na UHF, SHF in višjih frekvenčnih pasovih, 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!



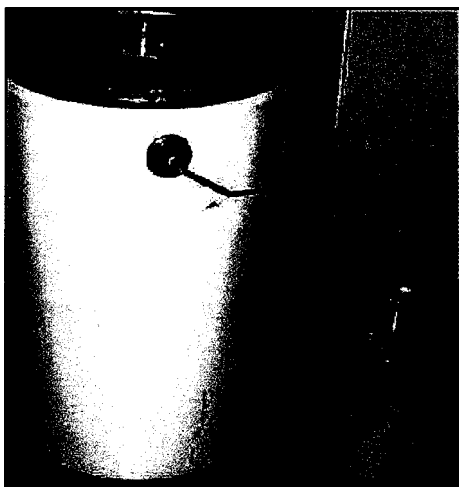
Parabolična antena

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 1.3GHz).

Značilnost paraboličnih anten je veliko ojačenje in s tem ozek kot sevanja. Največkrat jih uporabljamo za satelitske in EME zveze, lahko 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.



Umetna antena

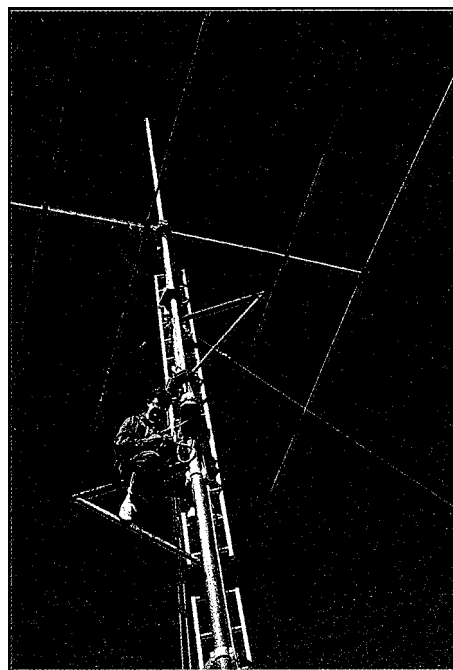
6.6.5. PASOVNA PREPUSTNOST ANTEN

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 frekvence, 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 pokrila celoten pas, medtem ko bomo pri dipolu za 80m opazili precejšnje povečanje SWR-a na koncih pasu.

6.6.6. POSTAVLJANJE ANTEN

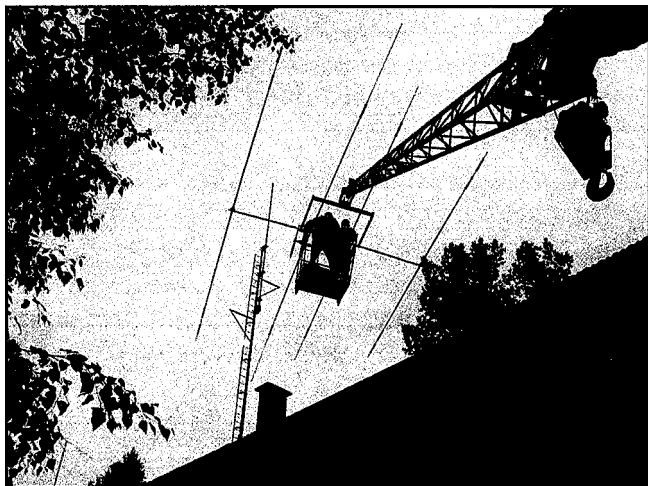
Pri postavljanju anten se srečujemo z delom na višini. Pri takem delu moramo še posebno paziti na varnost, saj že majhna neprevidnost lahko povzroči nesrečo. Obvezna je uporaba varnostnih pasov, s katerimi se lahko privežemo na antenski stolp ali drevo. Le tako imamo lahko proste roke in uspešno opravljamo delo, ki je potrebno za postavitev antene.



Delo na antenskem stolpu – uporaba varovalnega pasu

Če imamo možnost uporabe dvigala in varnostne košare, je takšno delo pri postavljanju anten veliko enostavnejše in tudi bolj varno.

Razen na varnost pri delu 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.



Uporaba dvigala pri postavljanju anten

In še dve misli za konec:

Antena, ki je narejena v lepem toplém 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 prenizko postavljena. Tretje možnosti ni! (HI!)

6.7. NAPA JANJE 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 in možnostih prilaganja vodov na anteno in oddajnik.

6.7.1. NAPA JALNI 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

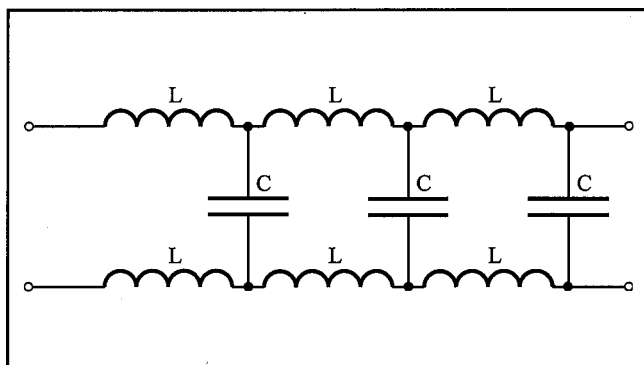
komponenta upornosti. Ta pogoj je izpolnjen takrat, ko se antena nahaja v resonanci s frekvenco oddajnika. Med oddajnikom in anteno se ponavadi nahaja vod za prenos energije (vod za napajanje ali antenski vod), ki mora imeti take lastnosti, da ne vnaša neprilagojenosti med generator in breme. Optimalni antenski vod mora imeti sledeče 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.

6.7.2. KARAKTERISTIČNA IMPEDANCA VODA

V večini primerov 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). Poleg teh dveh osnovnih vrst vodov naj omenimo tudi valovode. To so v osnovi cevi ustreznega preseka, ki se uporabljajo predvsem v mikrovalovnih frekvenčnih pasovih. Zaradi kompleksnosti obravnave jih v tem priročniku ne bomo natančneje predstavili.



Slika 6.7.1 Ekvivalentna shema dvožilnega antenskega voda

Pri vseh napajalnih VF vodih je zelo pomembna njihova karakteristična impedanca Z . To vrednost določimo iz razmerja napetosti U in toka I , če ju opazujemo na neskončno dolgem vodniku.

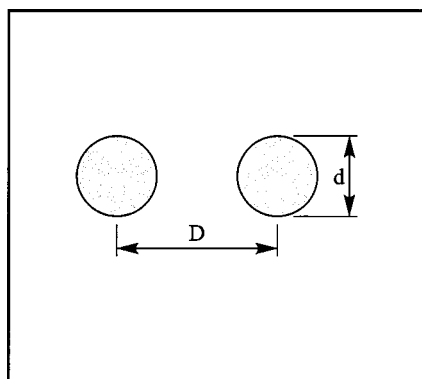
Vsak vod lahko predstavimo kot vezavo vzdolžnih induktivnosti in prečnih kapacitivnosti (Slika 6.7.1). Ta vezava predstavlja poenostavljeno ekvivalentno shemo dvožilnega antenskega voda.

V praksi pogosto zanemarimo izgube v vodu, tako da lahko karakteristično impedanco voda izračunamo po sledeči enačbi:

$$Z = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

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:

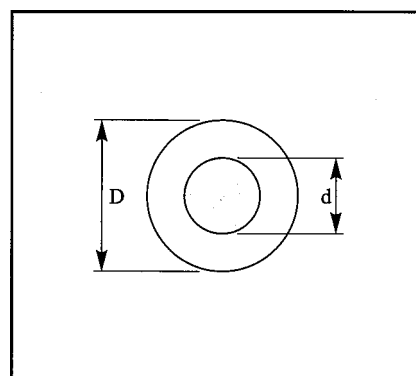
$$Z(\Omega) = \frac{120}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \ln \frac{2 \cdot D(\text{mm})}{d(\text{mm})}$$



Slika 6.7.2 Simetrični dvožični vod

Na podoben način lahko izračunamo impedanco koaksialnega voda, ki je značilni predstavnik nesimetričnih napajalnih vodov:

$$Z(\Omega) = \frac{60}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \ln \frac{D(\text{mm})}{d(\text{mm})}$$



Slika 6.7.3 Asimetrični koaksialni vod

6.7.3. 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 vrednost dielektrične konstante 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 . Izračunamo ga iz razmerja hitrosti razširjanja valovanja v vodu in zraku.

Skrajševalni faktor V je vrednost, ki je vedno manjša od ena in je poleg impedanca zelo pomemben podatek za vsak napajalni vod. Potrebujemo ga pri določanju rezonančne 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.

6.7.4. VRSTE ANTENSKIH VODOV

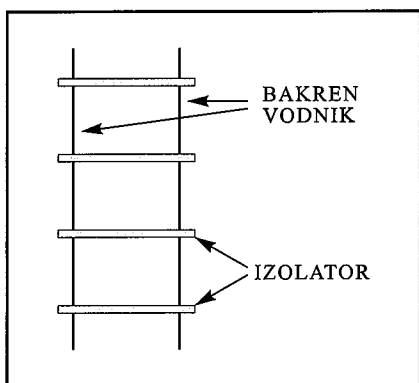
V nadaljevanju bomo spoznali nekatere tipične oblike simetričnih vodov (predstavnik je dvožilni vod) in nesimetričnih vodov (predstavnik je koaksialni vod).

SIMETRIČNI ANTENSKI VOD

Simetrični antenski vod je ponavadi sestavljen iz dveh žic, ki sta med seboj vzporedni. Ločimo naslednje osnovne tipe:

Dvožilni vod z zračnim izolatorjem

Vidimo ga na sliki 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".



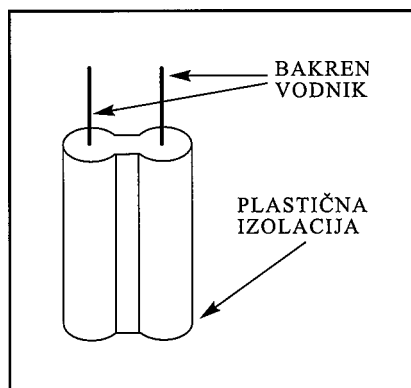
Slika 6.7.4 Dvožilni vod z zračnim izolatorjem

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.

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).

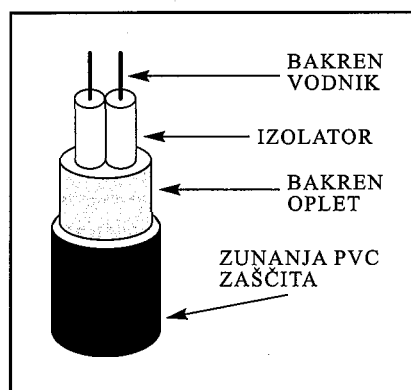


Slika 6.7.5 Dvožilni vod z izolatorjem iz plastične mase

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.

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 ga postavimo. Bližina kovinskih predmetov ali tal ni problematična (Slika 6.7.6).

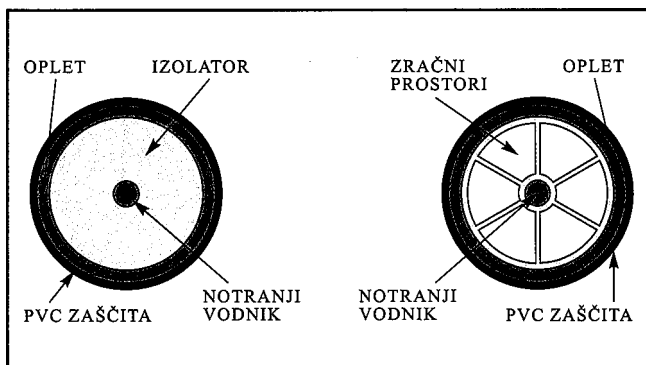


Slika 6.7.6 Dvožilni oklopljeni simetrični vod

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 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, zunanjskega vodnika in zaščitnega plastičnega ovoja (Slika 6.7.7). Notranji vodnik je ponavadi gola bakrena žica, lahko pa tudi spleť 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).



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

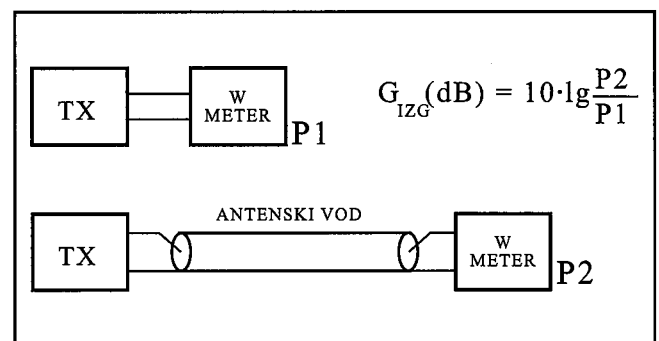
občutljivi na mehanske poškodbe, ker hitreje pride do deformacij, s tem pa tudi do sprememb električnih karakteristik (impedance). Tako se ti vodi uporabljajo predvsem za fiksne montaže, kjer je manjša možnost, da se vod pri zvijanju in razvijanju poškoduje.

6.7.5. IZGUBE V NAPAVALNIH VODIH

Omenili smo že, da vod ne more prenesti energije brez določenih izgub. Izgube nastanejo zaradi omske upornosti žice, ki se z višanjem frekvence večja (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 opozorimo 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. Izračunamo jih iz kvocientov izmerjenih moči na koncu voda in moči, ko watt meter priključimo direktno na generator.



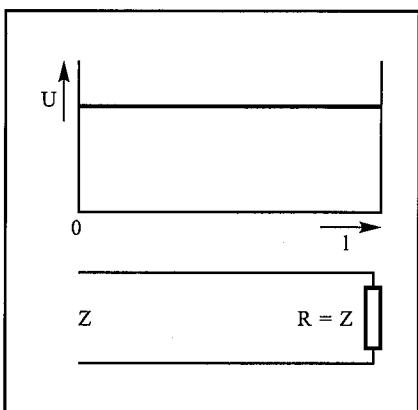
Slika 6.7.8 Merjenje izgub v vodu

6.7.6. PORAZDELITEV TOKA IN NAPETOSTI VZDOLŽ VODA - STOJNO VALOVANJE

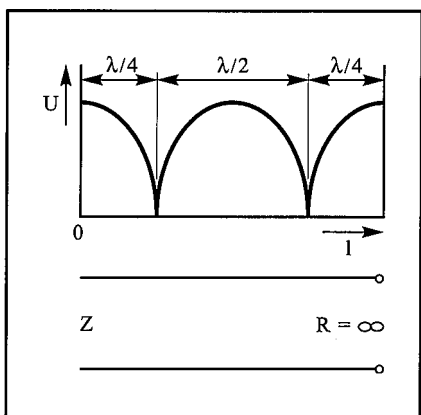
V primeru, da konec voda zaključimo z uporom R , ki ima upornost enako karakteristični impedanci voda Z , je porazdelitev napetosti na napajalnem vodu taka, kot

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.



Slika 6.7.9 Porazdelitev VF napetosti na vodu v primeru prilagojenega bremena

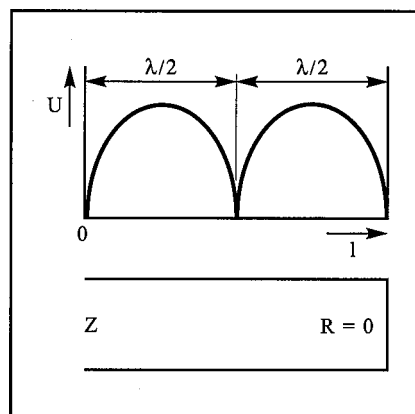


Slika 6.7.10 Porazdelitev VF napetosti pri odprtem vodu

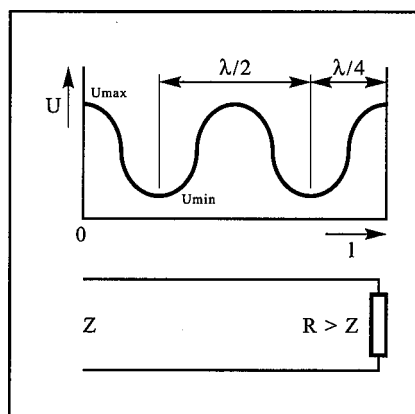
Podobno lahko razmišljamo tudi v primeru, če je vod zaključen s kratkim stikom (Slika 6.7.11). Na vodu se ravno tako pojavi stojno valovanje, ki pa je premaknjeno glede na prejšnji primer za 1/4 valovne dolžine. Napetost na kratkem stiku ne more obstajati, zato je tu njen minimum.

Stojno valovanje se pojavi vedno, kadar se nam na vodu pojavi odbiti val, ki je posledica neprilagojenosti

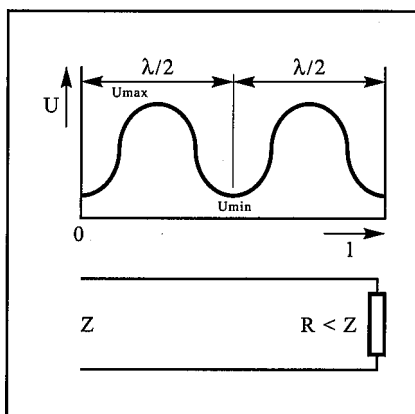
bremena na vod. Kratak stik in odprte sponke sta dva mejna primera neprilagojenosti. Za njiju je značilno, da se izrazite ničle napetosti javljajo na vsaki 1/2 valovne dolžine. V praksi pa imamo bremena, ki imajo upornost R večjo ali pa manjšo od karakteristične impedance voda Z. V teh primerih pridemo do stojnega valovanja, ki ga prikazujeta sliki 6.7.12 in 6.7.13.



Slika 6.7.11 Porazdelitev VF napetosti pri kratko sklenjenem vodu



Slika 6.7.12 Porazdelitev VF napetosti pri R > Z



Slika 6.7.13 Porazdelitev VF napetosti pri R < Z

V zadnjih dveh navedenih primerih ne pride do popolne refleksije. Večji ali manjši del VF energije se potroši na bremenu. Le preostali 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 znani instrument, s katerim ugotavljamo prilagojenost antenskega sistema na oddajnik - merilnik razmerja stojnega valovanja ali bolj znano 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 je, da odbiti val lahko poškoduje končno stopnjo oddajnika. Zato je dopustna meja pri $SWR = 3$, kjer se 25% moči, ki je bila oddana, odbije na bremenu in vrne proti oddajniku.

6.7.7. 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.

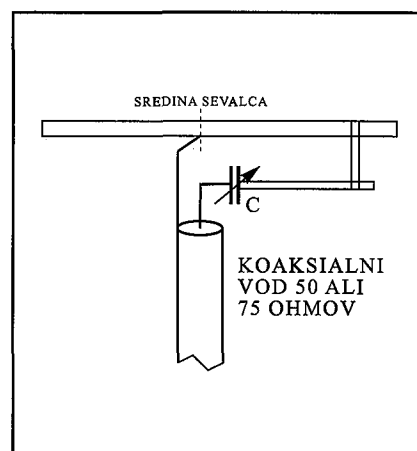
PRILAGODITEV VODA NA ANTENO

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 anteno prilagoditi na nesimetrični vod. Gama prilagoditev opravi 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.

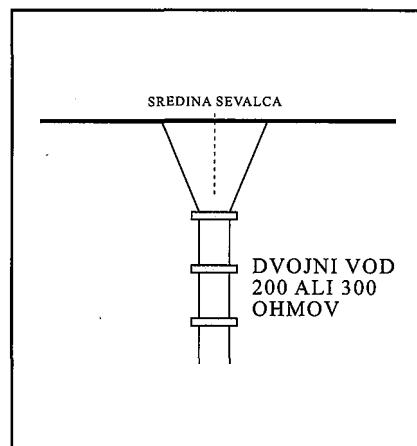
Gama element uglašimo tako, da s kratkostično objemko in spremenljivim kondenzatorjem dosežemo minimalni SWR na željeni frekvenci.



Slika 6.7.14 Gama prilagoditev

Delta prilagoditev

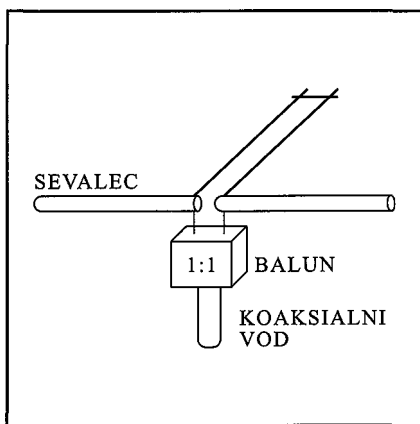
Delta prilagoditev se uporablja takrat, ko je potrebno odprti dipol prilagoditi na impedanco 200 ali 300 ohmov (Slika 6.7.15). Priključne žice delta prilagoditve so postavljene simetrično na sredino dipola. Sredino dipola lahko ozemljimo, kar je še posebno primerno za antene, ki so narejene iz aluminijastih cevi.



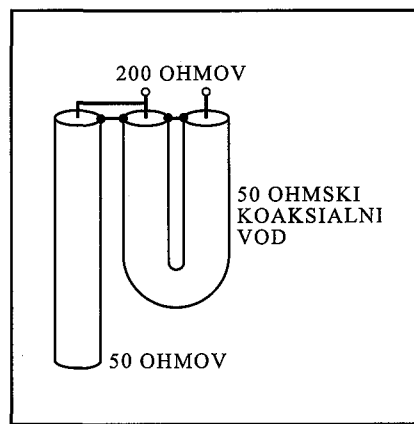
Slika 6.7.15 Delta prilagoditev

“Hairpin” prilagoditev

Ta vrsta prilagoditve je med amaterji dokaj popularna. Njena prednost je, da jo je lažje uglašiti kot gama prilagoditev. Ima pa tudi nekaj pomankljivosti, 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.



Slika 6.7.16 Hairpin prilagoditev



Slika 6.7.18 Polvalna koaksialna zanka

TRANSFORMATORJI IMPEDANCE

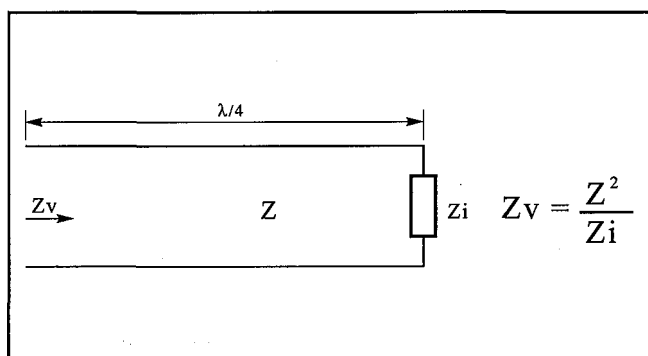
Večkrat se pojavi zahteva po transformacij impedanc z ene vrednosti na drugo. Lep primer je napajanje zaprtega polvalnega dipola, ki ima impedanco okoli 300 ohmov, na impedanco napajalnega kabla, ki je ponavadi 50 ali 75 ohmski.

Četrtni transformator impedance

Med karakteristično impedanco voda Z , ki ima električno dolžino $1/4$ valovne dolžine, njegovo vhodno impedanco Z_v in izhodno impedanco Z_i , velja sledeča zveza:

Produkt vhodne (Z_v) in izhodne (Z_i) impedance je enak kvadratu karakteristične impedance voda.

Opozorimo naj, da moramo obvezno upoštevati skrajševalni faktor voda, ki ga uporabljamo.



Slika 6.7.17 Četrtni transformator impedance

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.

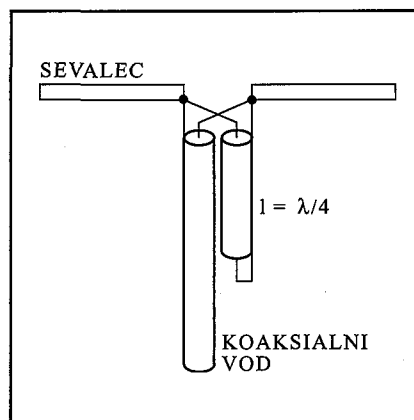
TRANSFORMATORJI ZA SIMETRIRANJE

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 neželeni tokovi, ki povzročijo deformacijo sevalnega diagrama antene. Da se temu pojavu izognemo, uporabimo transformatorje za simetriranje. Eden od transformatorjev za simetriranje je tudi polvalna koaksialna zanka, ki smo jo spoznali malo prej.

Transformatorji za simetriranje so poznani tudi pod imenom BALUN (sestavljanka iz začetkov besed BALanced - UNbalanced, kar pomeni prehod iz simetričnega na nesimetrično).

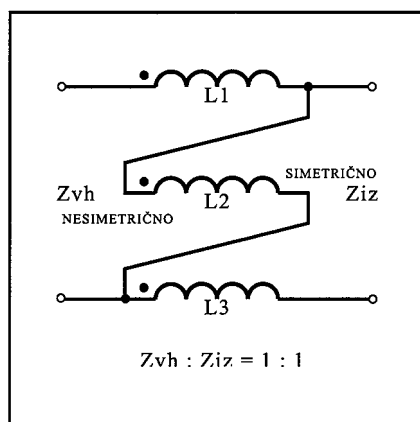
“Bazooka” simetrirni člen

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.



Slika 6.7.19 Bazooka simetrirni člen

Simetriranje s pomočjo trifilarnega navitja



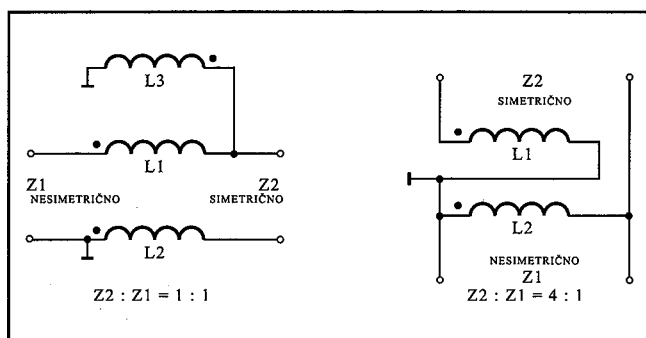
Slika 6.7.20. Vezava trifilarnega navitja

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 pasovih.

ŠIROKOPASOVNI BALUN TRANSFORMATORJI

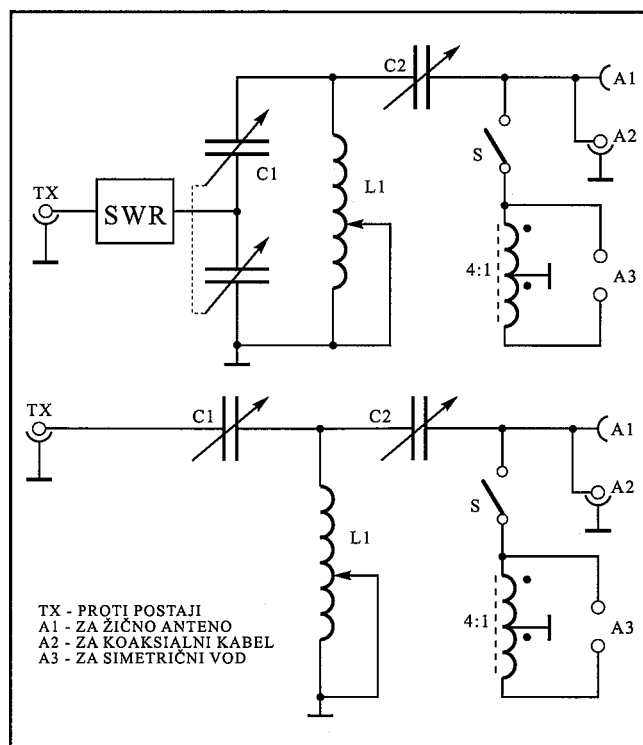


Slika 6.7.21 Vezavi feritnih balunov za simetriranje in transformacijo impedance 1:1 in 4:1

Slabost vseh prejšnjih transformatorjev impedance in členov za simetriranje je, da uspešno delujejo le na ozkem frekvenčnem pasu. Značilnost širokopasovnih balun transformatorjev pa je, da lahko pokrijejo veliko širši frekvenčni pas – lahko tudi vse radioamaterske

KV pasove hkrati. Seveda 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



Slika 6.7.22 Vezji za 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). Vezje 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 vezja, kjer posebna elektronika "odčitava" vrednost SWR in

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 tekmovalju zagotavlja na sprejemu več miru. To dejstvo na žalost mnogi uspešno uporabljajo v praksi!

6.8.1. VZROKI ZA NASTANEK MOTENJ IN UKREPI ZA PREPREČEVANJE

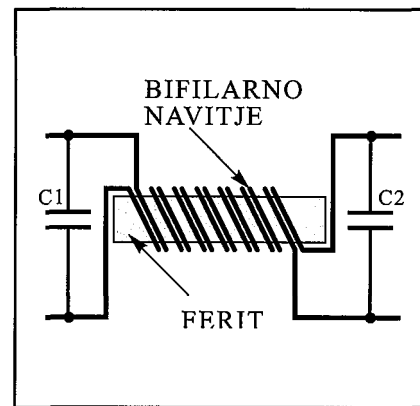
Vzrokov za nastanek motenj je več vrst. Motnja lahko nastane v oddajniku ali pa šele v sprejemniku, ki ga motimo. Tudi prenašanje motenj je različno. Lahko jih izseva naša antena ali neprimeren antenski kabel; v primeru slabega oziroma neprimerno grajenega ohišja in ozemljitve se širijo iz postaje v 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

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 zadostuje, si pomagamo z dušilko, ki je lahko narejena kar iz nekaj ovojjev priključnega vodnika, navitega na feritnem prstanu ali palici (Slika 6.8.1).



Slika 6.8.1 Bifilarna dušilka za preprečitev vstopa VF napetosti v sprejemnik

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 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. Harmonske 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 signalov, 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 priključimo na umetno anteno ali pa obrnemo našo anteno,

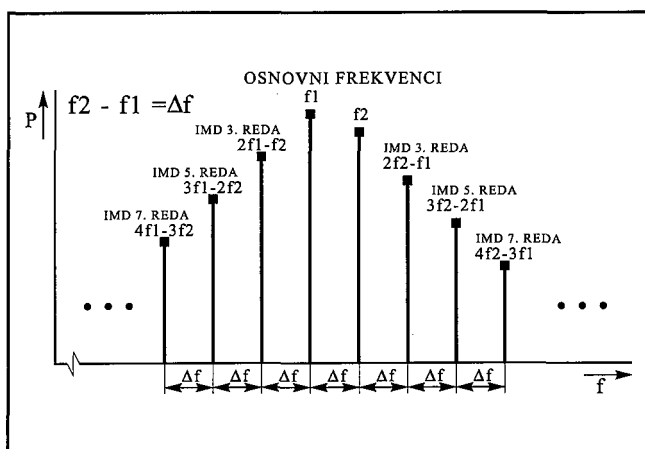
če je to mogoče, proč od TV antene. Odpravimo jih s filtri, ki jih vstavimo med anteno in TV sprejemnik. Nameščeni morajo biti čim bližje TV sprejemnika, dušiti pa morajo vse signale, ki se nahajajo izven TV frekvenčnega področja.

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 frekvenca-
ma 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.



Slika 6.8.2 Nastanek IMD

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 neželjeno 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 "blokiram" 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), blokiram s kondenzatorji. Kapacitivnost kondenzatorja določimo s poskušanjem, ponavadi pa se giblje v območju nanofaradov (nF).

6.8.2. 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 blokiram. 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 natakemo 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 antenskemvodu, 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 dovodu 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 obročki 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 INSTRUMENTI

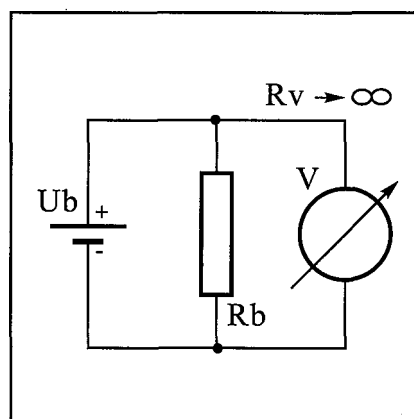
6.9.1. MERITVE

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.

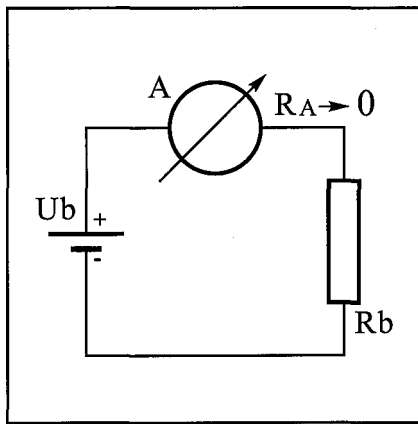


Slika 6.9.1 Merjenje napetosti

Merimo lahko enosmerne in izmenične napetosti, pri čemer imajo običajno merilniki izmeničnih napetosti vgrajene Greatzove mostičke za usmerjanje.

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 potroši vsak od njih. Izvedemo meritve toka, pri kateri v tokokrog vsakega porabnika (ali vseh skupaj, če želimo izmeriti skupni tok) vstavimo zaporedno vezan merilnik toka (ampermeter). Tok odčitamo direktno na ampermetru.



Slika 6.9.2 Merjenje toka

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.

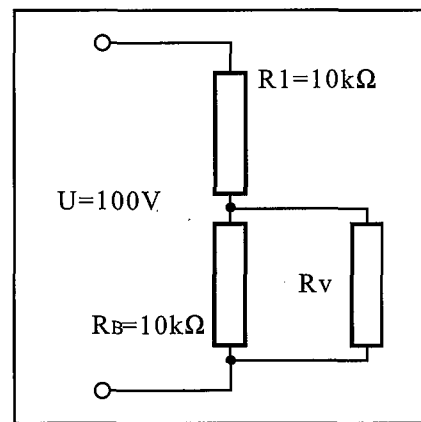
Merimo napetost na R_B , pri čemer je voltmeter predstavljen le s svojo notranjo upornostjo R_V . V primeru, da je $R_I = R_B = 10k\Omega$ in je napetost $U = 100V$, je napetost na R_B enaka 50V. Naš voltmeter prikaže napetost, izračunano po naslednji formuli:

$$U_V = U \cdot \frac{R_N}{R_I + R_N}$$

U_V = izmerjena napetost
 R_N = nadomestna upornost (R_B, R_V)

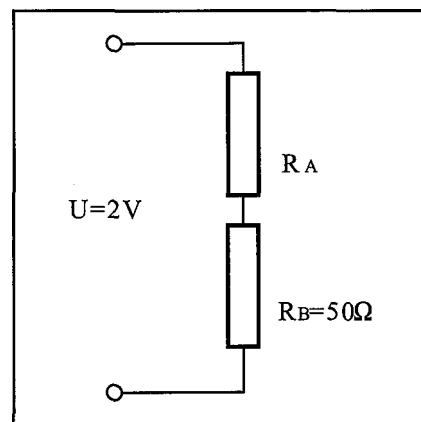
$$R_N = \frac{R_B \cdot R_V}{R_B + R_V}$$

Upornost voltmetra podajamo v ohmih na volt (Ω/V) ter velja za vsako merilno območje posebej. Pri $1000 \Omega/V$ (za merilno območje 100V, torej $1000 \Omega/V \cdot 100V = 100k\Omega$) bomo na voltmetru odčitali podatek 47.6V, pri voltmetru, ki pa bo imel $20k\Omega/V$ (kar je tipičen podatek za voltmetre z vtrljivo tuljavo), pa bomo odčitali 49.9V, kar je dosti bolj točna vrednost. Za še boljše odčitke uporabimo digitalne merilne inštrumente, ki imajo notranjo upornost nekaj $M\Omega/V$.



Slika 6.9.3 Merjenje napetosti z realnim voltmetrom

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.



Slika 6.9.4 Merjenje toka z realnim ampermetrom

Skozi upor R_B teče brez prisotnosti notranje upornosti ampermetra R_A tok $2V/50\Omega = 40mA$. Ko sedaj v tokokrog dodamo ampermeter, ki ima notranjo upornost 2Ω ,

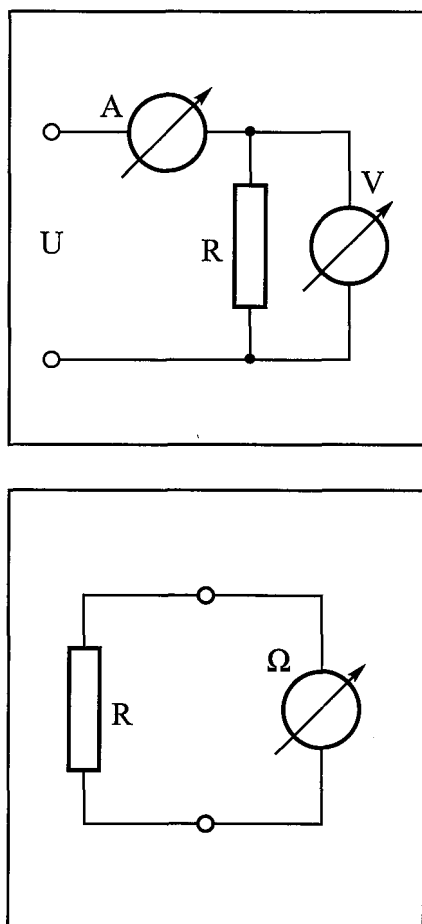
je tok, ki ga le ta pokaže, le še 38mA, saj se je upornost spremenila s 50Ω na 52Ω . Dobri ampermetri imajo notranjo upornost manjšo od 0.5Ω . Pri takem inštrumentu bi odčitali iz podatkov na sliki 6.9.4 vrednost 39.6mA.

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 njem 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).



Slika 6.9.5 in 6.9.6 Merjenje upornosti

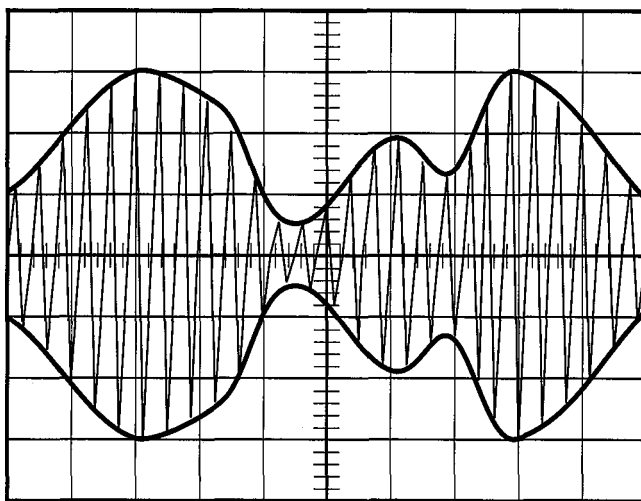
MERJENJE MOČI

Tudi pri merjenju moči lahko uporabimo posredno ali neposredno metodo. Pri posredni metodi uporabimo voltmeter in ampermeter (glej sliko 6.9.5) ter izračunamo moč kot produkt napetosti in toka $P = U I$. 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 $P = U I \cos(\varphi)$. 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 odstotek odbitega valovanja.

MERJENJE OBLIKE VF SIGNALA



Slika 6.9.7 Amplitudna modulacija na osciloskopu

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, ali pa v frekvenčnem prostoru, za kar potrebujemo spektralni analizator.

Če želimo pri amplitudni modulaciji pogledati stopnjo modulacije, to najbolje opravimo z osciloskopom. V primeru, da bi VF signal z nosilno frekvenco modulirali z nizkofrekvenčnim izvorom, bi na zaslonu osciloskopa dobili naslednjo sliko (glej tudi poglavje 6.1.2. Modulacija):

Seveda lahko prikažemo tudi druge oblike signalov, tako trikotne kot tudi pravokotne impulze, enosmerne signale in podobno.

MERJENJE FREKVENCE

Tudi frekvenco lahko merimo na več načinov. Uporabimo lahko točen merilnik časa in natančen 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 natančna 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.

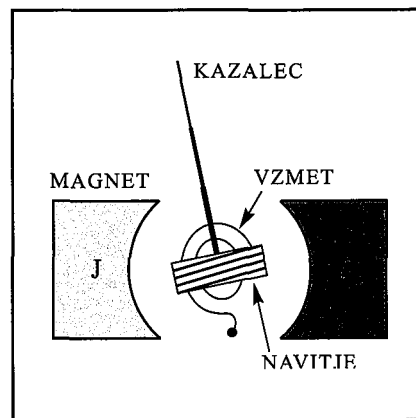
V primeru, da sestavimo nihajni krog, ki ima spremenljiv kondenzator, katerega skalo smo umerili pri različnih frekvencah, imamo že srce absorpcijskega valomerja, ki meri resonančne frekvence. Nihajni krog približamo izviru VF energije in z vrtenjem kondenzatorja poiščemo resonančno frekvenco. Na skali 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.

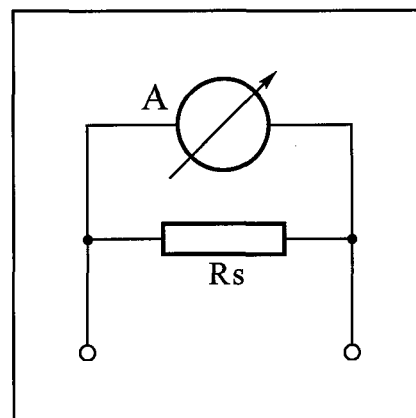
6.9.2. MERILNI INŠTRUMENTI

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.

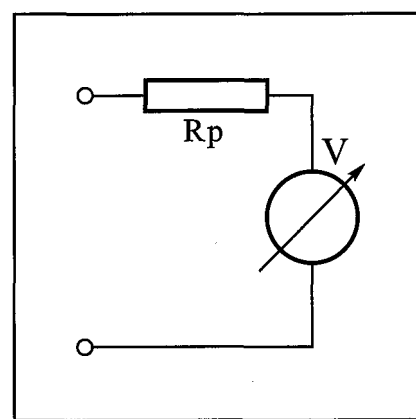


Slika 6.9.8 Inštrument z vrtljivo tuljavico



Slika 6.9.9 Uporaba soupora pri merjenju toka

Skozi tuljavico lahko teče le majhen tok, običajno okoli $50\mu\text{A}$, kar pomeni, da ni primerna za merjenja večjih tokov. To pomankljivost odstranimo s pomočjo souporov (shunt uporov), ki jih vežemo vzporedno z inštrumentom.



Slika 6.9.10 Uporaba predupora pri merjenju napetosti

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 njem 100mV . Če želimo s takim inštrumentom meriti tokove do 50mA (1000 krat večje tokove), uporabimo

soupor R_s , skozi katerega teče $50\text{mA} - 50\mu\text{A} = 49.95\text{mA}$. Z uporabo Ohmovega zakona izračunamo, da je vrednost soupora

$$R_s = \frac{U}{I} = \frac{0.1V}{0.04995A} \cong 2\Omega$$

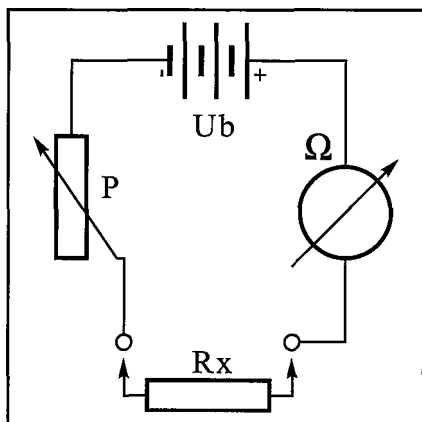
Podobno ravnamo pri meritvi napetosti; na vrtljivi tuljavici je lahko padec napetosti le 100mV , kar pomeni, da moramo za večje napetosti dodati predupor.

V primeru, da želimo meriti napetosti do 10V , mora biti na uporu 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:

$$R_p = \frac{U}{I} = \frac{9.9V}{0.005A} = 198k\Omega$$

Tudi upornost lahko merimo s pomočjo inštrumenta z vrtljivo tuljavico. Električni krog sestavimo iz inštrumenta z vrtljivo tuljavico, znanega vira napetosti in potenciometra za nastavitve 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 ($R_x = \infty\Omega$).

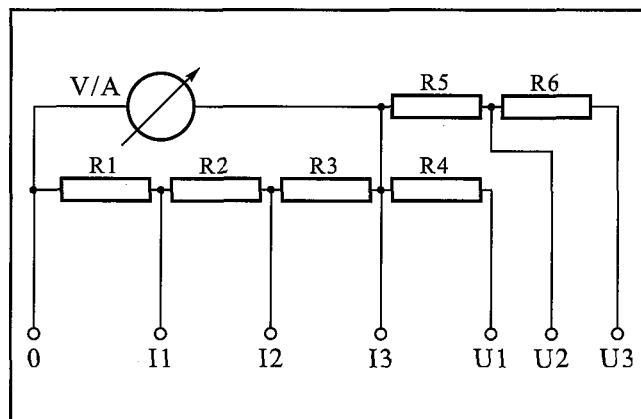


Slika 6.9.11 Merjenje upornosti

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 principu 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.

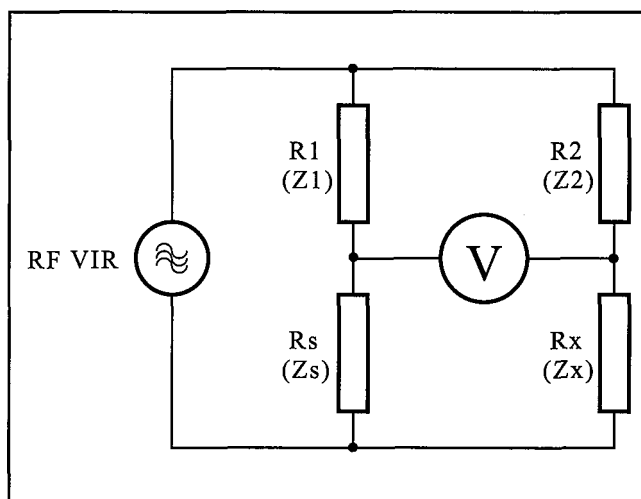


Slika 6.9.12 Amper-Volt meter z več območji

Uporabnik AV-metra s slike 6.9.12 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 (merilec impedance).



Slika 6.9.13 Osnovna shema reflektometra

Ko je mostiček uravnotežen (voltmeter kaže 0V), velja naslednja enačba:

$$Z_x = Z_s \cdot \frac{Z_2}{Z_1}$$

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. Odbojnost označimo z veliko grško črko Γ (gama) ali pa z majhno latinsko črko r . Na visokih frekvencah jo je lažje meriti kot impedanco.

$$\Gamma = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} \quad 0 \leq \Gamma \leq 1$$

Z - impedanca bremena

Z_0 - referenčna impedanca (50Ω)

Γ - velikost odbojnosti

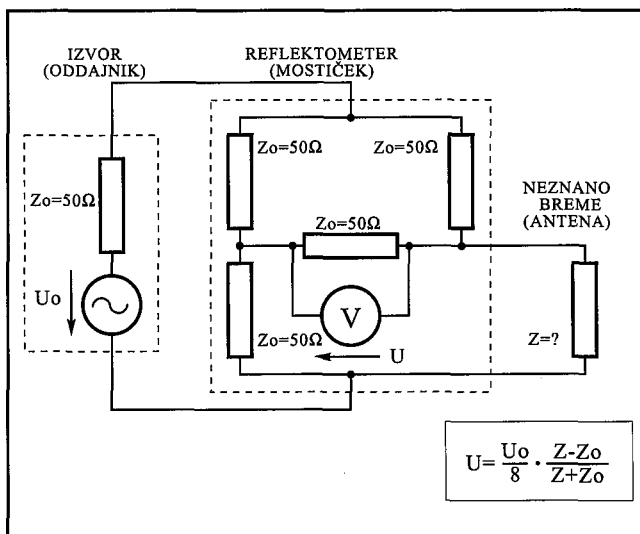
Odbojnost je vedno definirana glede na neko referenčno impedanco, običajno 50Ω , kar ustreza karakteristični impedanci koaksialnega kabla. Odbojnost je kompleksno število brez enote, njegova absolutna vrednost pa je med 0 in 1. Pri tem 0 pomeni popolnoma prilagojeno, 1 pa popolnoma neprilagojeno breme.

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 vod. Od absolutne vrednosti odbojnosti je zato odvisna valovitost ali razmerje stojnega vala na vod. 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.



Slika 6.9.14 SWR meter

Na sliki 6.9.15 je prikazana tabelica nekaterih vrednosti SWR-a v odvisnosti od Γ ter odstotka 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

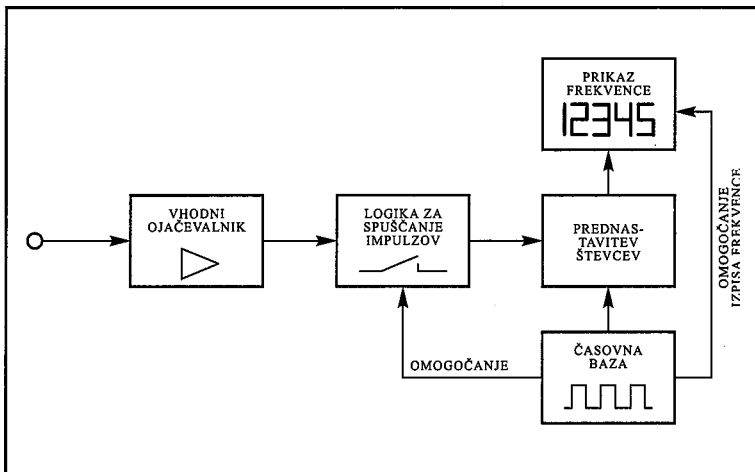
Večina SWR metrov je narejena malce drugače. Narejeni so s smernim sklopnikom, uporabljamo pa jih na naslednji način. S preklopnikom, v položaju za merjenje napredujočega vala, najprej pomerimo napredujoči val in umerimo instrument na polni odklon skale. Nato preklopimo na odbiti val in odčitamo njegovo vrednost, pri čemer je skala že umerjena na razmerje SWR.

FREKVENČNI MERILNIKI

Števec frekvence

Če merimo neznanu frekvenco s pomočjo štetja nihajev (impulzov) v časovni enoti, lahko uporabimo inštrument, katerega osnovni načrt je podan na sliki 6.9.16.

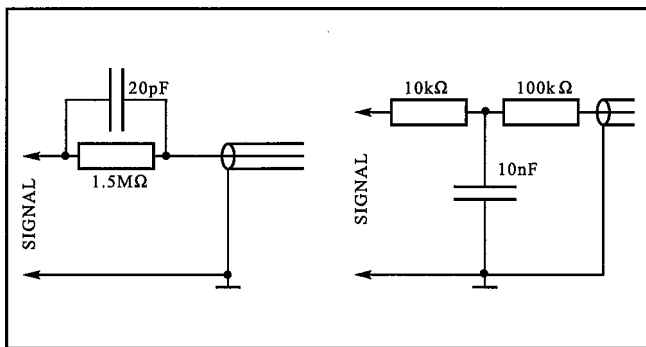
Vhodni ojačevalnik ojači signal neznanu frekvence. Ta signal potem skozi posebna vrata spuščamo v števec takrat, ko se sproži časovna baza, ki generira izredno natančne časovne impulze. Števec nato v časovni enoti



Slika 6.9.16 Osnovni načrt števca frekvence

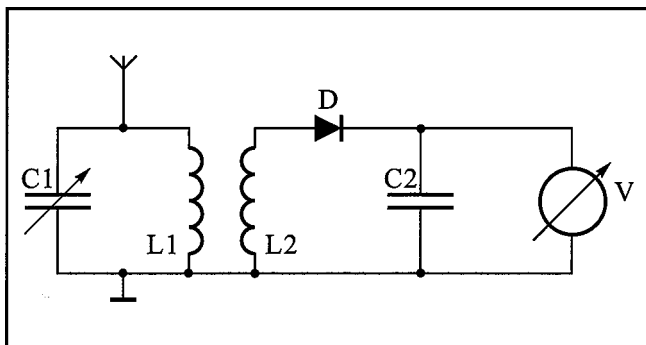
prešteje število nihajev vhodnega signala in število deli s časovno enoto. Izpis prikaže na prikazovalniku (displayu). Točnost takšnega merilnika je omejena s hitrostjo števca, točnostjo časovne baze in številom elementov (mest) prikazovalnika. Pri meritvi moramo biti pozorni na vhodni signal, ki ima običajno poleg osnovne frekvence, ki jo želimo meriti, še dodatne motnje, na primer šum, višje harmonske komponente...

Zato na vhodu uporabimo sita (filtre), in sicer za nizke frekvence nizkopropustna, za visoke frekvence pa visokopropustna sita.



Slika 6.9.17 Sita na vhodu frekvenčnega merilnika

Absorpcijski frekvenčni merilnik

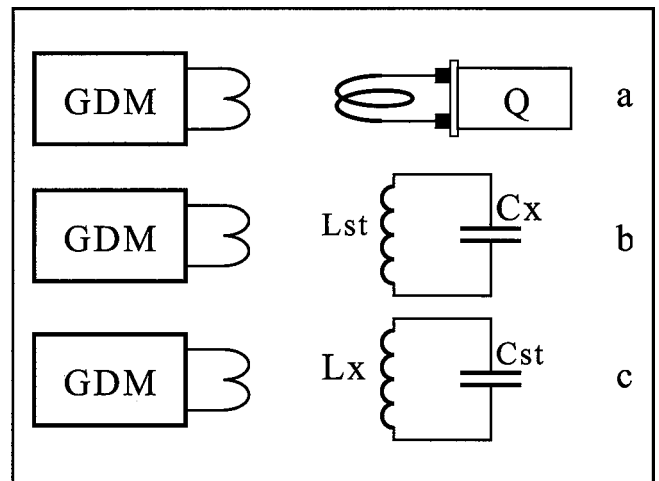


Slika 6.9.18 Absorpcijski merilnik frekvence

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, uglasenega na njegovo frekvenco, se je mrežni tok zmanjšal. Po tem pojavu, ko se tok v določeni točki zniža (po angleško DIP) na mrežici (GRID), imenujemo inštrument - GRID-DIP meter (GDM). Z GDM lahko merimo resonančno frekvenco neznanega nihajnega kroga (tudi kremenčevih kristalov), posredno pa tudi neznan kapacitivnost oziroma induktivnost.

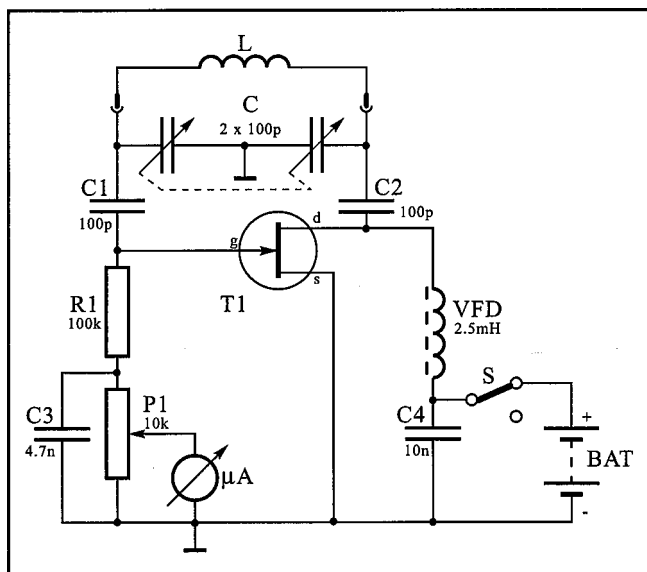


Slika 6.9.19 Merjenje neznanne resonančne frekvence (a), kondenzatorja (b), tuljave (c)

Tipično se za standardni kondenzator uporablja 100pF, za standardno tuljavo pa 5μH. Če poznamo standardni element in lastno frekvenco nihajnega kroga, lahko izračunamo neznan element.

$$C = \frac{25330}{L[\mu H] \cdot f^2 [MHz]} [pF]$$

$$L = \frac{25330}{C[pF] \cdot f^2 [MHz]} [\mu H]$$

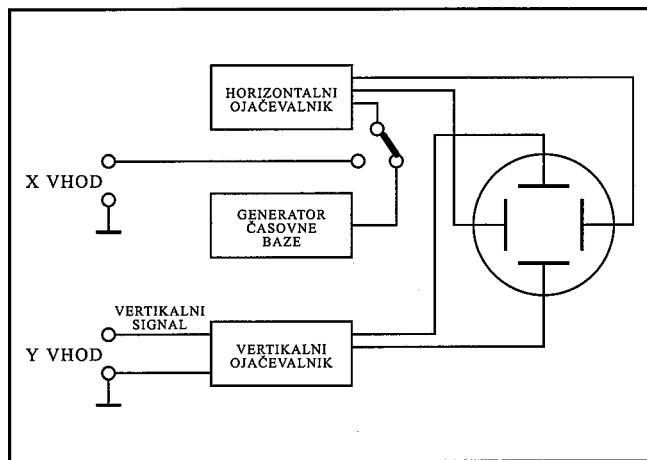


Slika 6.9.20 Osnovna shema GRID-DIP metra

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 ...).

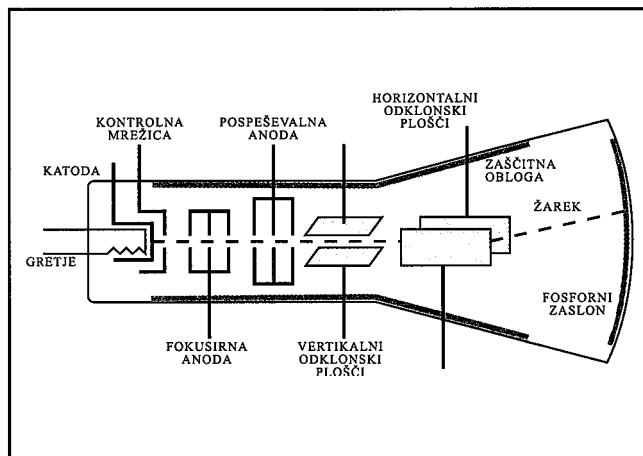
Princip delovanja osciloskopa je prikazan na sliki 6.9.21.



Slika 6.9.21 Osnovni princip delovanja osciloskopa

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 sovpada

s hitrostjo preleta žarka preko zaslona katodne cevi. Prikaz signala na zaslonu osciloskopa prikazujeta sliki 6.9.7 in 6.9.23.

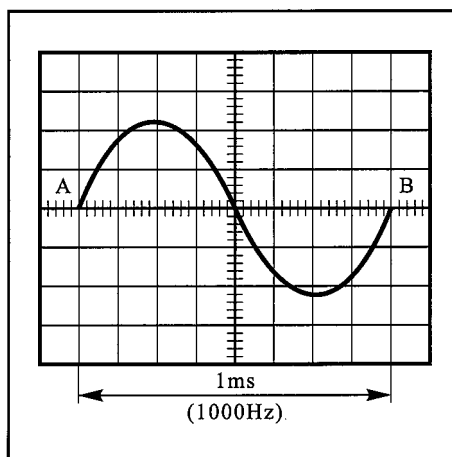


Slika 6.9.22 Prerez katodne cevi osciloskopa

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. V zadnjem času se v ospredje prebijajo digitalni (spominski) osciloskopi, ki signal digitalno obdelujejo, si ga 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 merjene-ga signala. Na preklopnikih za izbiro amplitude in časovne konstante so podatki o voltih na razdelek ali 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.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10^{-3}s} = 1000Hz$$



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 z njo.

6.10.1. 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).

6.10.2. 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 z napravami, 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.

6.10.3. 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.

6.10.4. ZELO VISOKE NAPETOSTI

Kljub temu, da novejša postaja 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.

6.10.5. STRELOVOD IN OZEMLJITEV

Kvalitetna strelovodna ozemljitev nam lahko prihrani marsikatero neprijetnost. Nanjo priključimo tako vse antenske drogove 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, drugače bakrena plošča, ki je zakopana dovolj globoko, morda pa potegnemo enega ali več krakov valjanca.

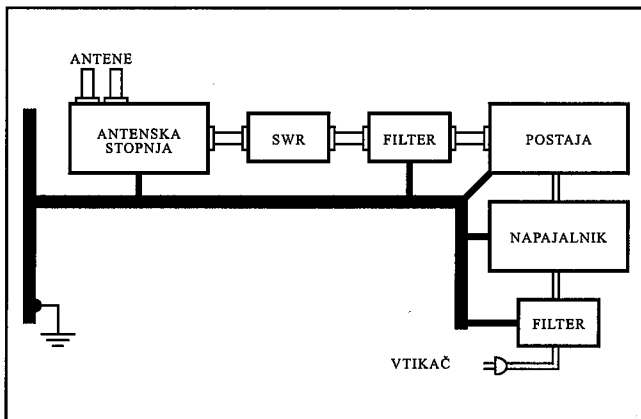
Paziti moramo, da je ozemljitev zakopana dovolj globoko, kjer ostane zemlja vlažna tudi ob daljšem sušnem obdobju. Če smo na zemljišču, ki je slabo prevodno, si lahko pomagamo z industrijsko soljo, ki jo potresemo preko ozemljitve. Preden jo dokončno zasujemo, vse skupaj dobro zalijemo z vodo, kar izboljša 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

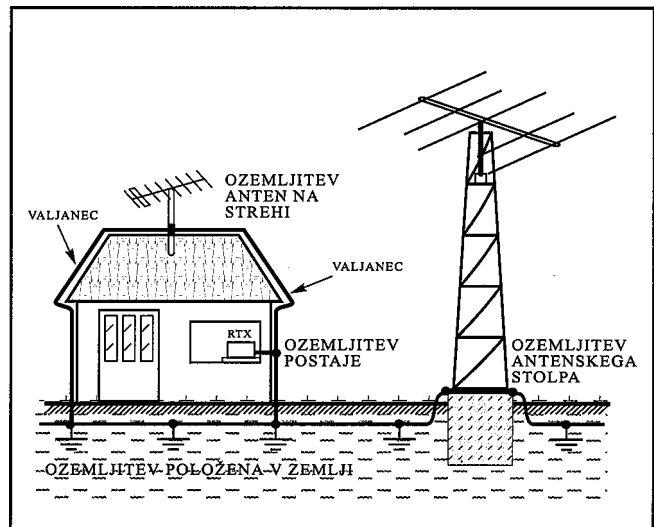
želimo). Z ozemljitvijo anten omogočimo, da naboj, ki se nabira na antenah, sproti odteče v zemljo. Tako zmanjšamo verjetnost, da bi si v primeru atmosferskih praznenj strela izbrala za tarčo ravno našo anteno ali pa objekt v njeni neposredni bližini (sosedovo hišo!).

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 vodi 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 praznenji. 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.



Slika 6.10.1 Ozemljitev radijske postaje



Slika 6.10.2 Ozemljitev objekta in antenskih instalacij

III. PRILOGE

III. PRILOGE

1.	AMATERSKI FREKVENČNI PASOVI V 1. REGIONU IARU	171
2.	MEDNARODNE SERIJE ZA KLICNE ZNAKE RADIJSKIH POSTAJ	175
3.	MEDNARODNI Q-KOD	178
4.	MEDNARODNE KRATICE IN SIGNALI	181
5.	RADIOAMATERSKE KRATICE	182
6.	BASIC PROGRAM ZA PRETVORBO GEOGRAFSKIH KOORDINAT V UNIVERZALNI LOKATOR IN OBRATNO in BASIC PROGRAM ZA IZRAČUN RAZDALJE MED DVEMA UNIVERZALNIMA LOKATORJEMA	183
7.	DXCC LISTA DRŽAV	187
8.	GRŠKA ABECEDA	193
9.	PREDPONE ZA IZPELJANKE ENOT	194
10.	MEDNARODNI SISTEM ENOT - SI	195
11.	NEKATERE ENOTE ANGLOAMERIŠKEGA SISTEMA ENOT	196
12.	PRETVORBE MED ENOTAMI AMERIŠKEGA MERSKEGA SISTEMA	197
13.	PRETVORBA MED SI IN AMERIŠKIM SISTEMOM ENOT	198
14.	AMERIŠKE IN ANGLEŠKE OZNAKE ŽIC	199
15.	SPECIFIČNA UPORNOST IN TEMPERATURNI KOEFICIENTI	200
16.	RELATIVNE DIELEKTRIČNE KONSTANTE IN PREBOJNE NAPETOSTI	201
17.	ELEKTROTEHNIČNI SIMBOLI	202
18.	LESTVICA STANDARDNIH VREDNOSTI UPOROV IN KONDENZATORJEV	208
19.	OZNAČEVANJE UPOROV Z BARVAMI	209
20.	OZNAČEVANJE KONDENZATORJEV	210
21.	KOAKSIALNI VODI	213
22.	MONTAŽA KOAKSIALNIH KONEKTORJEV	215
23.	NAPETOST IN MOČ NA 50Ω BREMENU	217
24.	ODBOJNOST, VALOVITOST IN IZGUBE	219
	UPORABLJENI VIRI	220

1. AMATERSKI FREKVENČNI PASOVI V 1. REGIONU IARU

IARU REGION 1 HF BAND PLAN (SAN MARINO 2002)

RAZDELITEV FREKVENČNEGA PASU (135 kHz) 1810 - 29700 kHz

Frekvenčni pas	Namen uporabe pasu in vrsta oddaje
135 kHz	
135,7 - 137,4 kHz	CW
137,4 - 137,6 kHz	DIGIMODE
137,6 - 137,8 kHz	CW
1,8 MHz	
1810 - 1838 kHz	CW
1838 - 1840 kHz	VSE OZKOPASOVNE VRSTE DELA
1840 - 1842 kHz	VSE VRSTE DELA
1842 - 2000 kHz	PHONE, CW
3,5 MHz	
3500 - 3510 kHz	CW – DX
3500 - 3560 kHz	CW
3560 - 3580 kHz	CW
3580 - 3600 kHz	VSE OZKOPASOVNE VRSTE DELA
3600 - 3650 kHz	VSE VRSTE DELA
3650 - 3700 kHz	VSE VRSTE DELA
3700 - 3775 kHz	VSE VRSTE DELA
3775 - 3800 kHz	PHONE – DX
7 MHz	
7000 - 7035 kHz	CW
7035 - 7040 kHz	DIGIMODE (razen PACKET), SSTV, FAX, CW
7040 - 7045 kHz	DIGIMODE (razen PACKET), SSTV, FAX, PHONE, CW
7045 - 7100 kHz	PHONE, CW
10 MHz	
10100 - 10140 kHz	CW
10140 - 10150 kHz	VSE OZKOPASOVNE VRSTE DELA
14 MHz	
14000 - 14060 kHz	CW
14060 - 14070 kHz	CW
14070 - 14099 kHz	VSE OZKOPASOVNE VRSTE DELA
14099 - 14101 kHz	SVETILNIKI
14101 - 14112 kHz	DIGIMODE ("store-and-forward" priporočen), PHONE, SSTV, FAX, CW
14112 - 14125 kHz	PHONE, CW
14125 - 14300 kHz	VSE VRSTE DELA
14300 - 14350 kHz	VSE VRSTE DELA
18 MHz	
18068 - 18100 kHz	CW
18100 - 18109 kHz	VSE OZKOPASOVNE VRSTE DELA
18109 - 18111 kHz	SVETILNIKI
18111 - 18168 kHz	PHONE, CW
21 MHz	
21000 - 21080 kHz	CW
21080 - 21120 kHz	VSE OZKOPASOVNE VRSTE DELA
21120 - 21149 kHz	CW
21149 - 21151 kHz	SVETILNIKI
21151 - 21450 kHz	VSE VRSTE DELA

Frekvenčni pas	Namen uporabe pasu in vrsta oddaje
24 MHz	
24890 - 24920 kHz	CW
24920 - 24929 kHz	VSE OZKOPASOVNE VRSTE DELA
24929 - 24931 kHz	SVETILNIKI
24931 - 24990 kHz	VSE VRSTE DELA
28 MHz	
28000 - 28050 kHz	CW
28050 - 28150 kHz	VSE OZKOPASOVNE VRSTE DELA
28150 - 28190 kHz	CW
28190 - 28225 kHz	SVETILNIKI
28225 - 29200 kHz	VSE VRSTE DELA
29200 - 29300 kHz	VSE ŠIROKOPASOVNE VRSTE DELA
29300 - 29510 kHz	AMATERSKE SATELITSKE ZVEZE (down-link)
29510 - 29700 kHz	VSE ŠIROKOPASOVNE VRSTE DELA

Opombe:

- telegrafija (CW) zajema pasovno širino do 200 Hz;
- ozkopasovne vrste dela zajemajo pasovno širino do 500 Hz;
- ostale vrste dela zajemajo pasovno širino do 2700 Hz;
- širokopasovne vrste dela zajemajo pasovno širino do 6000 Hz.

IARU REGION 1 VHF/UHF/MICROWAVE BAND PLAN (SAN MARINO 2002) RAZDELITEV FREKVENČNEGA PASU 50 MHz – 250 GHz

Frekvenčni pas	Namen uporabe pasu in vrsta oddaje
50 MHz	
50,000 - 50,100 MHz	CW
50,100 - 50,500 MHz	VSE OZKOPASOVNE VRSTE DELA
50,500 - 52,000 MHz	VSE VRSTE DELA
70 MHz	
70,000 - 70,050 MHz	SVETILNIKI
70,050 - 70,250 MHz	PHONE, CW
70,250 - 70,294 MHz	VSE VRSTE DELA
70,294 - 70,500 MHz	PHONE - FM
144 MHz	
144,000 - 144,035 MHz	CW – EME
144,035 - 144,135 MHz	CW
144,135 - 144,150 MHz	CW, MGM
144,150 - 144,165 MHz	CW, PHONE, MGM
144,165 - 144,360 MHz	CW, PHONE
144,360 - 144,399 MHz	CW, PHONE, MGM
144,400 - 144,490 MHz	SVETILNIKI
144,500 - 144,794 MHz	VSE VRSTE DELA
144,794 - 144,990 MHz	MGM
144,994 - 145,194 MHz	PHONE – repetitorski vhodi
145,194 - 145,206 MHz	PHONE – vesoljske komunikacije
145,206 - 145,5935 MHz	PHONE
145,594 - 145,7935 MHz	PHONE – repetitorski izhodi
145,794 - 145,806 MHz	PHONE – vesoljske komunikacije
145,806 - 146,000 MHz	VSE VRSTE DELA

Frekvenčni pas	Namen uporabe pasu in vrsta oddaje
432 MHz	
430,000 - 431,981 MHz	Uporaba skladno z nacionalno razdelitvijo frekvenčnega pasu
432,000 - 432,100 MHz	CW
432,100 - 432,399 MHz	PHONE, CW
432,400 - 432,490 MHz	SVETILNIKI
432,500 - 432,994 MHz	VSE VRSTE DELA
432,994 - 433,381 MHz	PHONE – repetitorski vhodi
433,394 - 433,581 MHz	PHONE – FM
433,600 - 434,000 MHz	VSE VRSTE DELA
434,000 - 434,594 MHz	VSE VRSTE DELA, ATV
434,594 - 434,981 MHz	ATV, PHONE – repetitorski izhodi
435,000 - 438,000 MHz	vesoljske komunikacije, ATV
438,000 - 440,000 MHz	Uporaba skladno z nacionalno razdelitvijo frekvenčnega pasu
1,2 GHz	
1240,000 - 1243,250 MHz	VSE VRSTE DELA
1243,250 - 1260,000 MHz	ATV
1260,000 - 1270,000 MHz	vesoljske komunikacije
1270,000 - 1272,000 MHz	VSE VRSTE DELA
1272,000 - 1290,994 MHz	ATV
1290,994 - 1291,481 MHz	PHONE – repetitorski vhodi
1291,494 - 1296,000 MHz	VSE VRSTE DELA
1296,000 - 1296,150 MHz	CW
1296,150 - 1296,800 MHz	PHONE, CW
1296,800 - 1296,994 MHz	SVETILNIKI
1296,994 - 1297,481 MHz	PHONE – repetitorski izhodi
1297,494 - 1297,981 MHz	PHONE – FM
1298,000 - 1300,000 MHz	VSE VRSTE DELA
2,3 GHz	
2300,000 - 2320,000 MHz	Uporaba skladno z nacionalno razdelitvijo frekvenčnega pasu
2320,000 - 2320,150 MHz	CW
2320,150 - 2320,800 MHz	PHONE, CW
2320,800 - 2321,000 MHz	SVETILNIKI
2321,000 - 2322,000 MHz	PHONE – FM
2322,000 - 2400,000 MHz	VSE VRSTE DELA
2400,000 - 2450,000 MHz	vesoljske komunikacije
3,4 GHz	
3400,000 - 3402,000 MHz	VSE OZKOPASOVNE VRSTE DELA
3402,000 - 3475,000 MHz	VSE VRSTE DELA
5,6 GHz	
5650,000 - 5668,000 MHz	vesoljske komunikacije – up-link
5668,000 - 5670,000 MHz	vesoljske komunikacije – up-link, VSE OZKOPASOVNE VRSTE DELA
5670,000 - 5700,000 MHz	DIGITALNE VRSTE DELA
5700,000 - 5720,000 MHz	ATV
5720,000 - 5760,000 MHz	VSE VRSTE DELA
5760,000 - 5762,000 MHz	VSE OZKOPASOVNE VRSTE DELA
5762,000 - 5790,000 MHz	VSE VRSTE DELA
5790,000 - 5850,000 MHz	vesoljske komunikacije – down-link

Frekvenčni pas	Namen uporabe pasu in vrsta oddaje
10 GHz	
10,000 - 10,150 GHz	DIGITALNE VRSTE DELA
10,150 - 10,250 GHz	VSE VRSTE DELA
10,250 - 10,350 GHz	DIGITALNE VRSTE DELA
10,350 - 10,368 GHz	VSE VRSTE DELA
10,368 - 10,370 GHz	VSE OZKOPASOVNE VRSTE DELA
10,370 - 10,450 GHz	VSE VRSTE DELA
10,450 - 10,500 GHz	vesoljske komunikacije, VSE VRSTE DELA
24 GHz	
24,000 - 24,048 GHz	VSE VRSTE DELA
24,048 - 24,050 GHz	vesoljske komunikacije, VSE OZKOPASOVNE VRSTE DELA
24,050 - 24,250 GHz	VSE VRSTE DELA
47 GHz	
47,000 - 47,002 GHz	vesoljske komunikacije, VSE OZKOPASOVNE VRSTE DELA
47,002 - 47,200 GHz	VSE VRSTE DELA
75 GHz	
75,500 - 76,000 GHz	VSE VRSTE DELA
76,000 - 77,500 GHz	VSE VRSTE DELA
77,500 - 77,501 GHz	vesoljske komunikacije, VSE OZKOPASOVNE VRSTE DELA
77,501 - 78,000 GHz	VSE VRSTE DELA
78,000 - 81,500 GHz	VSE VRSTE DELA
122 GHz	
122,250 - 122,251 GHz	VSE OZKOPASOVNE VRSTE DELA
122,251 - 123,000 GHz	VSE VRSTE DELA
134 GHz	
134,000 - 134,001 GHz	vesoljske komunikacije, VSE OZKOPASOVNE VRSTE DELA
134,001 - 136,000 GHz	VSE VRSTE DELA
136,000 - 141,000 GHz	VSE VRSTE DELA
241 GHz	
241,000 - 248,000 GHz	VSE VRSTE DELA
248,000 - 248,001 GHz	vesoljske komunikacije, VSE OZKOPASOVNE VRSTE DELA
248,001 - 250,000 GHz	VSE VRSTE DELA

2. MEDNARODNE SERIJE ZA KLICNE ZNAKE RADIJSKIH POSTAJ

AAA-ALZ	United States of America	E3A-E3Z	Eritrea
AMA-AOZ	Spain	E4A-E4Z	Palestinian Authority
APA-ASZ	Pakistan (Islamic Republic of)	FAA-FZZ	France
ATA-AWZ	India (Republic of)	GAA-GZZ	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland
AXA-AXZ	Australia	HAA-HAZ	Hungary (Republic of)
AYA-AZZ	Argentine Republic	HBA-HBZ	Switzerland (Confederation of)
A2A-A2Z	Botswana (Republic of)	HCA-HDZ	Ecuador
A3A-A3Z	Tonga (Kingdom of)	HEA-HEZ	Switzerland (Confederation of)
A4A-A4Z	Oman (Sultanate of)	HFA-HFZ	Poland (Republic of)
A5A-A5Z	Bhutan (Kingdom of)	HGA-HGZ	Hungary (Republic of)
A6A-A6Z	United Arab Emirates	HHH-HHZ	Haiti (Republic of)
A7A-A7Z	Qatar (State of)	HIA-HIZ	Dominican Republic
A8A-A8Z	Liberia (Republic of)	HJA-HKZ	Colombia (Republic of)
A9A-A9Z	Bahrain (State of)	HLA-HLZ	Korea (Republic of)
BAA-BZZ	China (People's Republic of)	HMA-HMZ	Democratic People's Republic of Korea
CAA-CEZ	Chile	HNA-HNZ	Iraq (Republic of)
CFA-CKZ	Canada	HOA-HPZ	Panama (Republic of)
CLA-CMZ	Cuba	HQA-HRZ	Honduras (Republic of)
CNA-CNZ	Morocco (Kingdom of)	HSA-HSZ	Thailand
COA-COZ	Cuba	HTA-HTZ	Nicaragua
CPA-CPZ	Bolivia (Republic of)	HUA-HUZ	El Salvador (Republic of)
CQA-CUZ	Portugal	HVA-HVZ	Vatican City State
CVA-CXZ	Uruguay (Eastern Republic of)	HWA-HYZ	France
CYA-CZZ	Canada	HZA-HZZ	Saudi Arabia (Kingdom of)
C2A-C2Z	Nauru (Republic of)	H2A-H2Z	Cyprus (Republic of)
C3A-C3Z	Andorra (Principality of)	H3A-H3Z	Panama (Republic of)
C4A-C4Z	Cyprus (Republic of)	H4A-H4Z	Solomon Islands
C5A-C5Z	Gambia (Republic of the)	H6A-H7Z	Nicaragua
C6A-C6Z	Bahamas (Commonwealth of the)	H8A-H9Z	Panama (Republic of)
C7A-C7Z	World Meteorological Organization (*)	IAA-IZZ	Italy
C8A-C9Z	Mozambique (Republic of)	JAA-JSZ	Japan
DAA-DRZ	Germany (Federal Republic of)	JTA-JVZ	Mongolia
DSA-DTZ	Korea (Republic of)	JWA-JXZ	Norway
DUA-DZZ	Philippines (Republic of the)	JYA-JYZ	Jordan (Hashemite Kingdom of)
D2A-D3Z	Angola (Republic of)	JZA-JZZ	Indonesia (Republic of)
D4A-D4Z	Cape Verde (Republic of)	J2A-J2Z	Djibouti (Republic of)
D5A-D5Z	Liberia (Republic of)	J3A-J3Z	Grenada
D6A-D6Z	Comoros (Islamic Federal Republic of the)	J4A-J4Z	Greece
D7A-D9Z	Korea (Republic of)	J5A-J5Z	Guinea-Bissau (Republic of)
EAA-EHZ	Spain	J6A-J6Z	Saint Lucia
EIA-EJZ	Ireland	J7A-J7Z	Dominica (Commonwealth of)
EKA-EKZ	Armenia (Republic of)	J8A-J8Z	Saint Vincent and the Grenadines
ELA-ELZ	Liberia (Republic of)	KAA-KZZ	United States of America
EMA-EOZ	Ukraine	LAA-LNZ	Norway
EPA-EQZ	Iran (Islamic Republic of)	LOA-LWZ	Argentine Republic
ERA-ERZ	Moldova (Republic of)	LXA-LXZ	Luxembourg
ESA-ESZ	Estonia (Republic of)	LYA-LYZ	Lithuania (Republic of)
ETA-ETZ	Ethiopia (Federal Democratic Republic of)	LZA-LZZ	Bulgaria (Republic of)
EUA-EWZ	Belarus (Republic of)	L2A-L9Z	Argentine Republic
EXA-EXZ	Kyrgyz Republic	MAA-MZZ	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland
EYA-EYZ	Tajikistan (Republic of)	NAA-NZZ	United States of America
EZA-EZZ	Turkmenistan	OAA-OCZ	Peru
E2A-E2Z	Thailand		

ODA-ODZ	Lebanon
OEA-OEZ	Austria
OFA-OJZ	Finland
OKA-OLZ	Czech Republic
OMA-OMZ	Slovak Republic
ONA-OTZ	Belgium
OUA-OZZ	Denmark
PAA-PIZ	Netherlands (Kingdom of the)
PJA-PJZ	Netherlands (Kingdom of the) - Netherlands Antilles
PKA-POZ	Indonesia (Republic of)
PPA-PYZ	Brazil (Federative Republic of)
PZA-PZZ	Suriname (Republic of)
P2A-P2Z	Papua New Guinea
P3A-P3Z	Cyprus (Republic of)
P4A-P4Z	Netherlands (Kingdom of the) - Aruba
P5A-P9Z	Democratic People's Republic of Korea
RAA-RZZ	Russian Federation
SAA-SMZ	Sweden
SNA-SRZ	Poland (Republic of)
SSA-SSM	Egypt (Arab Republic of)
SSN-STZ	Sudan (Republic of the)
SUA-SUZ	Egypt (Arab Republic of)
SVA-SZZ	Greece
S2A-S3Z	Bangladesh (People's Republic of)
S5A-S5Z	Slovenia (Republic of)
S6A-S6Z	Singapore (Republic of)
S7A-S7Z	Seychelles (Republic of)
S8A-S8Z	South Africa (Republic of)
S9A-S9Z	Sao Tome and Principe (Democratic Republic of)
TAA-TCZ	Turkey
TDA-TDZ	Guatemala (Republic of)
TEA-TEZ	Costa Rica
TFA-TFZ	Iceland
TGA-TGZ	Guatemala (Republic of)
THA-THZ	France
TIA-TIZ	Costa Rica
TJA-TJZ	Cameroon (Republic of)
TKA-TKZ	France
TLA-TLZ	Central African Republic
TMA-TMZ	France
TNA-TNZ	Congo (Republic of the)
TOA-TQZ	France
TRA-TRZ	Gabonese Republic
TSA-TSZ	Tunisia
TTA-TTZ	Chad (Republic of)
TUA-TUZ	Côte d'Ivoire (Republic of)
TVA-TXZ	France
TYA-TYZ	Benin (Republic of)
TZA-TZZ	Mali (Republic of)
T2A-T2Z	Tuvalu
T3A-T3Z	Kiribati (Republic of)
T4A-T4Z	Cuba
T5A-T5Z	Somali Democratic Republic
T6A-T6Z	Afghanistan (Islamic State of)

T7A-T7Z	San Marino (Republic of)
T8A-T8Z	Palau (Republic of)
T9A-T9Z	Bosnia and Herzegovina (Republic of)
UAA-UIZ	Russian Federation
UJA-UMZ	Uzbekistan (Republic of)
UNA-UQZ	Kazakhstan (Republic of)
URA-UZZ	Ukraine
VAA-VGZ	Canada
VHA-VNZ	Australia
VOA-VOZ	Canada
VPA-VQZ	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland
VRA-VRZ	China (People's Republic of) - Honkong
VSA-VSZ	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland
VT A-VWZ	India (Republic of)
VXA-VYZ	Canada
VZA-VZZ	Australia
V2A-V2Z	Antigua and Barbuda
V3A-V3Z	Belize
V4A-V4Z	Saint Kitts and Nevis
V5A-V5Z	Namibia (Republic of)
V6A-V6Z	Micronesia (Federated States of)
V7A-V7Z	Marshall Islands (Republic of the)
V8A-V8Z	Brunei Darussalam
WAA-WZZ	United States of America
XAA-XIZ	Mexico
XJA-XOZ	Canada
XPA-XPZ	Denmark
XQA-XRZ	Chile
XSA-XSZ	China (People's Republic of)
XTA-XTZ	Burkina Faso
XUA-XUZ	Cambodia (Kingdom of)
XVA-XVZ	Viet Nam (Socialist Republic of)
XWA-XWZ	Laos People's Democratic Republic
XXA-XXZ	Portugal
XYA-XZZ	Myanmar (Union of)
YAA-YAZ	Afghanistan (Islamic State of)
YBA-YHZ	Indonesia (Republic of)
YIA-YIZ	Iraq (Republic of)
YJA-YJZ	Vanuatu (Republic of)
YKA-YKZ	Syrian Arab Republic
YLA-YLZ	Latvia (Republic of)
YMA-YMZ	Turkey
YNA-YNZ	Nicaragua
YOA-YRZ	Romania
YSA-YSZ	El Salvador (Republic of)
YTA-YUZ	Serbia & Montenegro
YVA-YYZ	Venezuela (Republic of)
YZA-YZZ	Serbia & Montenegro
Y2A-Y9Z	Germany (Federal Republic of)
ZAA-ZAZ	Albania (Republic of)
ZBA-ZJZ	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland
ZKA-ZMZ	New Zealand

ZNA-ZOZ	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland
ZPA-ZPZ	Paraguay (Republic of)
ZQA-ZQZ	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland
ZRA-ZUZ	South Africa (Republic of)
ZVA-ZZZ	Brazil (Federative Republic of)
ZZA-ZZZ	Zimbabwe (Republic of)
Z3A-Z3Z	The Former Yugoslav Republic of Macedonia
2AA-2ZZ	United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland
3AA-3AZ	Monaco (Principality of)
3BA-3BZ	Mauritius (Republic of)
3CA-3CZ	Equatorial Guinea (Republic of)
3DA-3DM	Swaziland (Kingdom of)
3DN-3DZ	Fiji (Republic of)
3EA-3FZ	Panama (Republic of)
3GA-3GZ	Chile
3HA-3UZ	China (People's Republic of)
3VA-3VZ	Tunisia
3WA-3WZ	Vietnam (Socialist Republic of)
3XA-3XZ	Guinea (Republic of)
3YA-3YZ	Norway
3ZA-3ZZ	Poland (Republic of)
4AA-4CZ	Mexico
4DA-4IZ	Philippines (Republic of the)
4JA-4KZ	Azerbaijani Republic
4LA-4LZ	Georgia (Republic of)
4MA-4MZ	Venezuela (Republic of)
4NA-4OZ	Serbia & Montenegro
4PA-4SZ	Sri Lanka (Democratic Socialist Republic of)
4TA-4TZ	Peru
4UA-4UZ	United Nations (*)
4VA-4VZ	Haiti (Republic of)
4WA-4WZ	United Nations (*)
4XA-4XZ	Israel (State of)
4YA-4YZ	International Civil Aviation Organization (*)
4ZA-4ZZ	Israel (State of)
5AA-5AZ	Libya (Socialist People's Libyan Arab Jamahiriya)
5BA-5BZ	Cyprus (Republic of)
5CA-5GZ	Morocco (Kingdom of)
5HA-5IZ	Tanzania (United Republic of)
5JA-5KZ	Colombia (Republic of)
5LA-5MZ	Liberia (Republic of)
5NA-5OZ	Nigeria (Federal Republic of)
5PA-5QZ	Denmark
5RA-5SZ	Madagascar (Republic of)
5TA-5TZ	Mauritania (Islamic Republic of)
5UA-5UZ	Niger (Republic of the)
5VA-5VZ	Togolese Republic
5WA-5WZ	Western Samoa (Independent State of)
5XA-5XZ	Uganda (Republic of)
5YA-5ZZ	Kenya (Republic of)

6AA-6BZ	Egypt (Arab Republic of)
6CA-6CZ	Syrian Arab Republic
6DA-6JZ	Mexico
6KA-6NZ	Korea (Republic of)
6OA-6OZ	Somali Democratic Republic
6PA-6SZ	Pakistan (Islamic Republic of)
6TA-6UZ	Sudan (Republic of the)
6VA-6WZ	Senegal (Republic of)
6XA-6XZ	Madagascar (Republic of)
6YA-6YZ	Jamaica
6ZA-6ZZ	Liberia (Republic of)
7AA-7IZ	Indonesia (Republic of)
7JA-7NZ	Japan
7OA-7OZ	Yemen (Republic of)
7PA-7PZ	Lesotho (Kingdom of)
7QA-7QZ	Malawi
7RA-7RZ	Algeria (People's Democratic Republic of)
7SA-7SZ	Sweden
7TA-7YZ	Algeria (People's Democratic Republic of)
7ZA-7ZZ	Saudi Arabia (Kingdom of)
8AA-8IZ	Indonesia (Republic of)
8JA-8NZ	Japan
8OA-8OZ	Botswana (Republic of)
8PA-8PZ	Barbados
8QA-8QZ	Maldives (Republic of)
8RA-8RZ	Guyana
8SA-8SZ	Sweden
8TA-8YZ	India (Republic of)
8ZA-8ZZ	Saudi Arabia (Kingdom of)
9AA-9AZ	Croatia (Republic of)
9BA-9DZ	Iran (Islamic Republic of)
9EA-9FZ	Ethiopia (Federal Democratic Republic of)
9GA-9GZ	Ghana
9HA-9HZ	Malta
9IA-9JZ	Zambia (Republic of)
9KA-9KZ	Kuwait (State of)
9LA-9LZ	Sierra Leone
9MA-9MZ	Malaysia
9NA-9NZ	Nepal
9OA-9TZ	Democratic Republic of the Congo
9UA-9UZ	Burundi (Republic of)
9VA-9VZ	Singapore (Republic of)
9WA-9WZ	Malaysia
9XA-9XZ	Rwandese Republic
9YA-9ZZ	Trinidad and Tobago

Opombe:

1. Serije za klicne znake so predpisane z ITU pravilnikom o radiokomunikacijah (ITU RR).
2. Serije klicnih znakov označenih 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 sestavljen mednarodni Q-kod. Vir podatkov je tabela, ki jo ureja Bill Moore, NC1L, in je bila nazadnje posodobljena marca 2004. Najdete jo lahko na sledečem naslovu: <http://www.arrl.org/awards/dxcc/itucalls.html>

3. MEDNARODNI Q-KOD

- QRA V: Kakšen je naziv tvoje postaje (kakšno je 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).
\overline{AR}	Konec oddaje (tipkano povezano kot en signal).
\overline{AS}	Čakalna doba (tipkano povezano kot en signal).
BK	Signal za prekinitev tekoče oddaje.
BN	Vse med ... in ... (po vprašaju kot zahtevek za ponovitev).
CFM	Potrditev (ali potrjujem).
CL	Izključujem postajo.
COL	Primerjanje (ali primerjam).
CQ	Splošni poziv vsem postajam.
CS	Klicni znak (uporablja se kot zahtevek za klicni znak).
$\overline{\overline{DDD}}$	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 (ali minute).
N	Sever (smer neba).
NIL	Nimam nič za vas.
NO	Ne (odklonilno).
NW	Sedaj.
OK	Strinjam se (ali to je v redu).
R	Sprejeto.
RPT	Ponovitev (ali ponavljam; ali ponovite ...).
S	Jug (smer neba).
\overline{SOS}	Signal v stiski (tipka se povezano kot en signal).
TFC	Promet.
TU	Hvala.
TXT	Tekst (po vprašaju kot zahtevek za ponovitev).
\overline{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 ali grupa, grupe.
XXX	Skupina oddana trikrat zapovrstjo označuje nujen signal.
YES	Da (pritrdilno).

5. RADIOAMATERSKE KRATICE

ABT	okrog; približno
ADR	naslov
AGN	ponovno
ANI	katerikoli
ANT	antena
BCNU	se še srečava
BLV	verjamem
CALL	klic; klicni znak
CLD	klical je
CLG	kliče
CONDS	pogoji (na frek. ali za delo)
CONDX	pogoji za dolge (DX) zveze
CONGRATS	čestitam; čestitke
CONTEST	tekmovanje
CRD	kartica (QSL)
CUAGN	ponovno se srečati
CUD	lahko
CUL	se slišiva (kasneje)
DR	dragi, draga
DX	oddaljen; velika razdalja
DXPDN	DX odprava
DWN	nižja (frekvenca)
ES	in
EX	nekdanji
FB	odlično
FER	za
FREQ	frekvenca
GA	dobro popoldne
GB	na svidenje
GD	dober dan
GE	dober večer
GL	veliko sreče
GLD	vesel, zadovoljen
GM	dobro jutro
GN	lahko noč
GND	ozemljitev
GUD	dober
HI	izraz za smeh
HPE	upam
HR	tukaj
HRD	slišal sem
HW	kako
INFO	obvestilo
IRC	mednarodni poštni kupon
KNW	vem; vedeti
LID	slab operater
LIL	malo
LSN	poslušati
LTR	pismo (ali kasneje)
MAX	maksimum; največji
MGR	manager
MIKE	mikrofon
MIN	minimum; najmanjši
MNI	mного

MY	moj, moje
NET	mreža (radijska)
NR	številke (ali blizu)
NW	sedaj
OB	“stari dečko”
OC	“stari prijatelj”
OM	prijatelj; znanec
OP	operater
OT	oldtimer
POB	poštni predal
PSE	prosim
PWR	moč
RIG	aparature
RPT	ponovi; ponovitev
RPRT	raport; ocena
RX	sprejemnik
SAE	pismo z naslovom
SASE	pismo z nasl. in znamko
SIGS	signali
SKED	dogovorjena zveza
SN	kmalu
SRI	žal; oprost
STN	postaja
SWL	sprejemni radioamater
TEMP	temperatura
TEST	preizkus; tekmovanje
TKS	hvala
TMW	jutri
TNX	hvala
TRCV	transceiver
TRX	transceiver
TX	oddajnik
U	vi, ti
UFB	izredno
UNLIS	nelicencirani
UP	višja (frekvenca)
UR	vaš, tvoj
UTC	univerzalni čas
VY	zelo
WID	z, s
WKD	sem delal
WKG	delam
WPM	besed v minuti
WX	vreme
XCUS	oprosti
XCVR	transceiver
XMTR	oddajnik
XTAL	kristal
XYL	soproga; žena
YDA	včeraj
YL	dekle (operaterka)
YR	leto
73	pozdravi; najlepše želje
88	poljubi

6. 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.

Programne lahko vtipkate in poženate 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 (uporabljay 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$)
CLS
PRINT „Uporablaj velike tiskane crke!“
PRINT
INPUT „Vnesi svoj lokator „; Moj$
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
```

7. DXCC LISTA DRŽAV

PFX	DXCC DRŽAVA	WAC	ITU	WAZ	GMT	LAT	LON
1A	SMO Malta	EU	28	15	+1	42N	13E
1S	Spratly Is	AS	50	26	+7	9N	112E
3A	Monaco	EU	27	14	+1	44N	8E
3B6	Agalega & St Brandon	AF	53	39	+4	10S	57E
3B8	Mauritius	AF	53	39	+4	20S	58E
3B9	Rodriguez Is	AF	53	39	+4	20S	63E
3C	Equatorial Guinea	AF	47	36	-1	4N	9E
3C0	Pagalu	AF	52	36	-1	1S	6E
3D2	Conway Reef	OC	56	32	+12	22S	175E
3D2	Fiji	OC	56	32	+12	18S	178E
3D2	Rotuma	OC	56	32	+12	13S	177E
3DA	Swaziland	AF	57	38	+2	26S	31E
3V	Tunisia	AF	37	33	+1	37N	10E
3W	Vietnam	AS	49	26	+7	11N	107E
3X	Guinea	AF	46	35	+0	10N	14W
3Y	Bouvet	AF	67	38	+0	54S	3E
3Y	Peter I	AN	72	12	-6	69S	91W
4J	Azerbajjan	AS	29	21	+4	40N	50E
4L	Georgia	AS	29	21	+4	42N	45E
4S	Sri Lanka	AS	41	22	+5.5	7N	80E
4U	ITU Geneva	EU	28	14	+1	46N	6E
4U	UN HQ	NA	08	05	-5	41N	74W
4W	East Timor (UNTAET)	OC	54	28	+8	9S	126E
4X	Israel	AS	39	20	+2	32N	35E
5A	Libya	AF	38	34	+2	33N	13E
5B	Cyprus	AS	39	20	+3	35N	33E
5H	Tanzania	AF	53	37	+3	7S	39E
5N	Nigeria	AF	46	35	+1	6N	3E
5R	Madagascar	AF	53	39	+3	19S	48E
5T	Mauritania	AF	46	35	-1	18N	16W
5U	Niger	AF	46	35	+1	14N	2W
5V	Togo	AF	46	35	+0	6N	1E
5W	Samoa	OC	62	32	-11	14S	172W
5X	Uganda	AF	48	37	+3	0N	33E
5Z	Kenya	AF	48	37	+3	2S	37E
6W	Senegal	AF	46	35	+0	15N	18W
6Y	Jamaica	NA	11	08	-5	18N	77W
7O	Yemen	AS	39	21	+3	13N	45E
7P	Lesotho	AF	57	38	+2	29S	27E
7Q	Malawi	AF	53	37	+2	14S	34E
7X	Algeria	AF	37	33	+0	37N	3E
8P	Barbados	NA	11	08	-4	13N	60W
8Q	Maldives	AS,AF	41	22	+5	4N	73E
8R	Guyana	SA	12	09	-3.75	6N	58W
9A	Croatia	EU	28	15	+1	46N	16E
9G	Ghana	AF	46	35	+0	5N	0W
9H	Malta	EU	28	15	+1	36N	15E
9J	Zambia	AF	53	36	+2	15S	28E
9K	Kuwait	AS	39	21	+3	29N	48E
9L	Sierra Leone	AF	46	35	+0	9N	13W
9M2	Malaysia	AS	54	28	+7.5	3N	102E
9M6	East Malaysia	OC	54	28	+8	2N	110E
9N	Nepal	AS	42	22	+5.75	28N	85E

PFX	DXCC DRŽAVA	WAC	ITU	WAZ	GMT	LAT	LON
9Q	Dem Rep Congo (Zaire)	AF	52	36	+1	4S	15E
9U	Burundi	AF	52	36	+3	3S	29E
9V	Singapore	AS	54	28	+7.5	1N	104E
9X	Rwanda	AF	52	36	+3	2S	30E
9Y	Trinidad & Tobago	SA	11	09	-4	11N	62W
A2	Botswana	AF	57	38	+2	25S	26E
A3	Tonga	OC	62	32	+13	21S	175W
A4	Oman	AS	39	21	+4	24N	59E
A5	Bhutan	AS	41	22	+5.5	28N	90E
A6	United Arab Emirates	AS	39	21	+4	24N	54E
A7	Qatar	AS	39	21	+4	25N	52E
A9	Bahrain	AS	39	21	+4	26N	51E
AP	Pakistan	AS	41	21	+5	34N	73E
BS7	Scarborough Reef	AS	50	27	+8	15N	118E
BV	Taiwan	AS	44	24	+8	25N	122E
BV9	Pratas Is	AS	44	24	+8	21N	116E
BY	China	AS	33,42-44	23,24	+8	40N	116E
C2	Nauru	OC	65	31	+11.5	1S	167E
C3	Andorra	EU	27	14	+1	43N	2E
C5	Gambia	AF	46	35	+0	13N	17W
C6	Bahamas	NA	11	08	-5	25N	77W
C9	Mozambique	AF	53	37	+2	26S	33E
CE	Chile	SA	14,16	12	-4	33S	71W
CE0X	San Felix	SA	14	12	-5	26S	80W
CE0Y	Easter Is	SA	63	12	-7	27S	109W
CE0Z	Juan Fernandez	SA	14	12	-4	34S	79W
CE9	Antarctica	AN	67,69-74	12, 13, 29, 30, 32, 38, 39	+0	90S	0W
CN	Morocco	AF	37	33	+0	34N	7W
CO	Cuba	NA	11	08	-5	23N	82W
CP	Bolivia	SA	12,14	10	-4	17S	68W
CT	Portugal	EU	37	14	+0	39N	9W
CT3	Madeira Is	AF	36	33	-1	33N	17W
CU	Azores	EU	36	14	-1	38N	26W
CX	Uruguay	SA	14	13	-3	35S	56W
CY0	Sable Is	NA	09	05	-5	44N	60W
CY9	St Paul Is	NA	09	05	-5	47N	60W
D2	Angola	AF	52	36	+1	9S	13E
D4	Cape Verde	AF	46	35	-2	15N	23W
D6	Comoros	AF	53	39	+3	12S	43E
DL	Germany	EU	28	14	+1	53N	13E
DU	Philippines	OC	50	27	+8	15N	121E
E3	Eritrea	AF	48	37	+3	15N	39E
E4	Palestine	AS	39	20	+2	32N	34E
EA	Spain	EU	37	14	+1	40N	4W
EA6	Balearic Is	EU	37	14	+1	38N	3E
EA8	Canary Is	AF	36	33	+0	28N	15W
EA9	Ceuta & Melilla	AF	37	33	+1	36N	5W
EI	Ireland	EU	27	14	+0	53N	6W
EK	Armenia	AS	29	21	+4	40N	45E
EL	Liberia	AF	46	35	-0.75	6N	11W
EP	Iran	AS	40	21	+3.5	36N	51E
ER	Moldova	EU	29	16	+3	47N	29E
ES	Estonia	EU	29	15	+2	59N	25E

PFX	DXCC DRŽAVA	WAC	ITU	WAZ	GMT	LAT	LON
ET	Ethiopia	AF	48	37	+3	9N	39E
EV	Belarus	EU	29	16	+2	54N	28E
EX	Kyrgyzstan	AS	30,31	17	+6	43N	75E
EY	Tajikistan	AS	30	17	+6	39N	69E
EZ	Turkmenistan	AS	30	17	+5	38N	58E
F	France	EU	27	14	+1	49N	2E
FG	Guadeloupe	NA	11	08	-4	16N	62W
FH	Mayotte	AF	53	39	+3	13S	45E
FK	Chesterfield Is	OC	55	30	+11	20S	158E
FK	New Caledonia	OC	56	32	+11	22S	167E
FM	Martinique	NA	11	08	-4	15N	61W
FO	French Polynesia	OC	63	32	-10	18S	150W
FO0	Austral Is	OC	63	32	-10	23S	149W
FO0	Clipperton Is	NA	10	07	-7	10N	109W
FO0	Marquesas Is	OC	63	31	-10	9S	140W
FP	St Pierre & Miquelon	NA	09	05	-4	47N	56W
FR	Reunion	AF	53	39	+4	21S	55E
FR/G	Glorioso Is	AF	53	39	+3	12S	47E
FR/J	Juan de Nova, Europa	AF	53	39	+3	17S	43E
FR/T	Tromelin	AF	53	39	+4	16S	54E
FS	St Martin	NA	11	08	-4	18N	63W
FT W	Crozet	AF	68	39	+3	46S	52E
FT X	Kerguelen Is	AF	68	39	+5	50S	70E
FT Z	Amsterdam & St Paul Is	AF	68	39	+5	38S	78E
FW	Wallis & Futuna Is	OC	62	32	-10.5	14S	172W
FY	French Guiana	SA	12	09	-4	5N	52W
G	England	EU	27	14	+0	52N	0W
GD	Isle of Man	EU	27	14	+0	54N	4W
GI	No Ireland	EU	27	14	+0	55N	6W
GJ	Jersey	EU	27	14	+0	49N	2W
GM	Scotland	EU	27	14	+0	57N	2W
GU	Guernsey	EU	27	14	+0	49N	3W
GW	Wales	EU	27	14	+0	52N	3W
H4	Solomon Is	OC	51	28	+11	9S	160E
H40	Temotu	OC	51	28	+11	11S	166E
HA	Hungary	EU	28	15	+1	48N	19E
HB	Switzerland	EU	28	14	+1	47N	7E
HB0	Liechtenstein	EU	28	14	+1	47N	10E
HC	Ecuador	SA	12	10	-5	0N	79W
HC8	Galapagos Is	SA	12	10	-6	1S	90W
HH	Haiti	NA	11	08	-5	19N	72W
HI	Dominican Rep	NA	11	08	-5	18N	70W
HK	Colombia	SA	12	09	-5	5N	74W
HK0	Malpelo Is	SA	12	09	-5	4N	82W
HK0	San Andres & Providencia	NA	11	07	-6	13N	82W
HL	So Korea	AS	44	25	+9	38N	127E
HP	Panama	NA	11	07	-5	9N	80W
HR	Honduras	NA	11	07	-6	14N	87W
HS	Thailand	AS	49	26	+7	14N	101E
HV	Vatican	EU	28	15	+1	42N	13E
HZ	Saudi Arabia	AS	39	21	+3	25N	47E
I	Italy	EU,AF	28,37	15,33	+1	42N	12E
IS	Sardinia	EU	28	15	+1	39N	9E
J2	Djibouti	AF	48	37	+3	12N	43E
J3	Grenada	NA	11	08	-4	12N	62W

PFX	DXCC DRŽAVA	WAC	ITU	WAZ	GMT	LAT	LON
J5	Guinea-Bissau	AF	46	35	-1	12N	16W
J6	St Lucia	NA	11	08	-4	14N	61W
J7	Dominica	NA	11	08	-4	15N	61W
J8	St Vincent	NA	11	08	-4	13N	61W
JA	Japan	AS	45	25	+9	36N	140E
JD	Minami Torishima	OC	45/90	27	+10	24N	154E
JD	Ogasawara	AS	45	27	+10	28N	142E
JT	Mongolia	AS	32,33	23	+7.5	48N	107E
JW	Svalbard	EU	18	40	+1	78N	16E
JX	Jan Mayen	EU	18	40	-1	71N	9W
JY	Jordan	AS	39	20	+2	32N	36E
K	United States	NA	06-08	03-05	-5	39N	77W
KG4	Guantanamo Bay	NA	11	08	-5	20N	75W
KH0	Mariana Is	OC	64	27	+10	15N	146E
KH1	Baker & Howland Is	OC	61	31	-12	0N	176W
KH2	Guam	OC	64	27	+10	13N	145E
KH3	Johnston Is	OC	61	31	-11	17N	170W
KH4	Midway Is	OC	61	31	-11	28N	177W
KH5	Palmyra, Jarvis Is	OC	61,62	31	-11	6N	162W
KH5K	Kingman Reef	OC	61	31	-11	6N	162W
KH6	Hawaii	OC	61	31	-10	21N	158W
KH7K	Kure Is	OC	61	31	-11	29N	178W
KH8	Am Samoa	OC	62	32	-11	14S	171W
KH9	Wake Is	OC	65	31	+12	19N	167E
KL	Alaska	NA	01,02	01	-8	58N	134W
KP1	Navassa Is	NA	11	08	-5	18N	75W
KP2	Virgin Is	NA	11	08	-4	18N	65W
KP4	Puerto Rico	NA	11	08	-4	18N	66W
KP5	Desecheo Is	NA	11	08	-4	18N	68W
LA	Norway	EU	18	14	+1	60N	11E
LU	Argentina	SA	14,16	13	-3	35S	58W
LX	Luxembourg	EU	27	14	+1	50N	6E
LY	Lithuania	EU	29	15	+2	55N	25E
LZ	Bulgaria	EU	28	20	+2	43N	23E
OA	Peru	SA	12	10	-5	12S	78W
OD	Lebanon	AS	39	20	+2	34N	36E
OE	Austria	EU	28	15	+1	48N	16E
OH	Finland	EU	18	15	+2	60N	25E
OH0	Aland Is	EU	18	15	+2	60N	20E
OJ0	Market Reef	EU	18	15	+2	60N	19E
OK	Czech Republic	EU	28	15	+1	50N	15E
OM	Slovakia	EU	28	15	+1	48N	17E
ON	Belgium	EU	27	14	+1	51N	4E
OX	Greenland	NA	05,75	40	-3	64N	52W
OY	Faroe Is	EU	18	14	+0	62N	7W
OZ	Denmark	EU	18	14	+1	56N	13E
P2	Papua New Guinea	OC	51	28	+10	10S	147E
P4	Aruba	SA	11	09	-4	13N	70W
P5	No Korea	AS	44	25	+9	39N	126E
PA	Netherlands	EU	27	14	+1	52N	5E
PJ2	Neth Antilles	SA	11	09	-4	12N	69W
PJ5	St Maarten, Saba, St Eus	NA	11	08	-4	18N	63W
PY	Brazil	SA	12,13,15	11	-3	16S	48W
PY0F	Fernando de Noronha	SA	13	11	-2	4S	32W
PY0P	St Peter & St Paul Rocks	SA	13	11	-2	1N	29W

PFX	DXCC DRŽAVA	WAC	ITU	WAZ	GMT	LAT	LON
PY0T	Trindade & Martin Vaz Is	SA	15	11	-2	21S	29W
PZ	Surinam	SA	12	09	-3.5	6N	55W
R1FJ	Franz Josef Land	EU	75	40	+3	81N	48E
R1MV	Malyj Vysotskij Is	EU	29	16	+3	61N	29E
S0	Western Sahara	AF	37	33	+0	27N	13W
S2	Bangladesh	AS	41	22	+6	24N	90E
S5	Slovenia	EU	28	15	+1	46N	15E
S7	Seychelles	AF	53	39	+4	5S	55E
S9	Sao Tome & Principe	AF	47	36	+0	0N	7E
SM	Sweden	EU	18	14	+1	59N	18E
SP	Poland	EU	28	15	+1	52N	21E
ST	Sudan	AF	48	34	+2	16N	33E
SU	Egypt	AF,AS	38	34	+2	31N	31E
SV	Greece	EU	28	20	+2	38N	24E
SV5	Dodecanese	EU	28	20	+2	36N	28E
SV9	Crete	EU	28	20	+2	36N	24E
SY2	Mt Athos	EU	28	20	+2	40N	24E
T2	Tuvalu	OC	65	31	+12	9S	179E
T30	West Kiribati	OC	65	31	+12	1S	173E
T31	Central Kiribati	OC	62	31	+12	4S	171W
T32	East Kiribati	OC	61,63	31	+12	2N	158W
T33	Banaba	OC	65	31	+11.5	1S	170E
T5	Somalia	AF	48	37	+3	2N	46E
T7	San Marino	EU	28	15	+1	44N	12E
T8	Palau	OC	64	27	+10	7N	134E
T9	Bosnia-Hercegovina	EU	28	15	+1	44N	18E
TA	Turkey	AS,EU	39	20	+2	40N	33E
TF	Iceland	EU	17	40	+0	64N	22W
TG	Guatemala	NA	11	07	-6	16N	92W
TI	Costa Rica	NA	11	07	-6	10N	84W
TI9	Cocos Is	NA	11	07	-6	6N	87W
TJ	Cameroon	AF	47	36	+1	4N	12E
TK	Corsica	EU	28	15	+1	42N	9E
TL	Central African Rep	AF	47	36	+1	5N	19E
TN	Congo	AF	52	36	+1	4S	15E
TR	Gabon	AF	52	36	+1	1N	10E
TT	Chad	AF	47	36	+1	12N	15E
TU	Ivory Coast	AF	46	35	+0	7N	5W
TY	Benin	AF	46	35	+0	6N	3E
TZ	Mali	AF	46	35	+0	13N	8W
UA	Russia	EU	19,20,29,30	16	+3	56N	37E
UA2	Kaliningrad	EU	29	15	+2	55N	21E
UA9	Russia (Asiatic)	AS	20-26,30-35,75	16-19,23	+7	52N	104E
UK	Uzbekistan	AS	30	17	+6	41N	69E
UN	Kazakhstan	AS	29-31	17	+5.5	43N	77E
UR	Ukraine	EU	29	16	+2	50N	30E
V2	Antigua, Barbuda	NA	11	08	-4	17N	62W
V3	Belize	NA	11	07	-5.5	17N	89W
V4	St Kitts, Nevis	NA	11	08	-4	17N	63W
V5	Namibia	AF	57	38	+2	22S	17E
V6	Micronesia	OC	65	27	+11	7N	158E
V7	Marshall Is	OC	65	31	+12	7N	171E
V8	Brunei	OC	54	28	+8	5N	115E
VE	Canada	NA	02-04,09,75	01-05	-5	45N	76W
VK	Australia	OC	55,58,59	29,30	+10	35S	149E

PFX	DXCC DRŽAVA	WAC	ITU	WAZ	GMT	LAT	LON
VK0	Heard Is	AF	68	39	+5	53S	73E
VK0	Macquarie Is	OC	60	30	+11	54S	159E
VK9C	Cocos-Keeling Is	OC	54	29	+6.5	12S	97E
VK9L	Lord Howe Is	OC	60	30	+10	31S	159E
	Mellish Reef	OC	55	30	+10	17S	156E
VK9N	Norfolk Is	OC	60	32	+11.5	29S	168E
	Willis Is	OC	55	30	+10	16S	150E
VK9X	Christmas Is	OC	54	29	+7	10S	106E
VP2E	Anguilla	NA	11	08	-4	18N	63W
VP2M	Montserrat	NA	11	08	-4	17N	62W
VP2V	Br Virgin Is	NA	11	08	-4	18N	65W
VP5	Turks & Caicos Is	NA	11	08	-5	22N	71W
VP6	Pitcairn Is	OC	63	32	-8.5	25S	128W
VP6	Ducie Is	OC	63	32	-8.5	25S	125W
VP8	Falkland Is	SA	16	13	-4	52S	58W
VP8	So Georgia Is	SA	73	13	-1.5	54S	37W
VP8	So Orkney Is	SA	73	13	-3	61S	45W
VP8	So Sandwich Is	SA	73	13	-3	59S	27W
VP8	So Shetland Is	SA	73	13	-4	62S	58W
VP9	Bermuda	NA	11	05	-4	32N	65W
VQ9	Chagos	AF	41	39	+5	7S	72E
VR2	Hong Kong	AS	44	24	+8	22N	114E
VU	India	AS	41	22	+5.5	29N	77E
VU4	Andaman & Nicobar Is	AS	49	26	+5.5	12N	93E
VU7	Lakshadweep Is	AS	41	22	+5.5	11N	73E
XE	Mexico	NA	10	06	-6	20N	99W
XF4	Revilla Ggedo	NA	10	06	-7	18N	113W
XT	Burkina Faso	AF	46	35	+0	12N	2W
XU	Cambodia	AS	49	26	+8	12N	105E
XW	Laos	AS	49	26	+7	20N	102E
XX9	Macao	AS	44	24	+8	22N	114E
XZ	Myanmar (Burma)	AS	49	26	+6.5	17N	96E
YA	Afghanistan	AS	40	21	+4.5	35N	69E
YB	Indonesia	OC	51,54	28	+7.5	6S	107E
YI	Iraq	AS	39	21	+3	32N	45E
YJ	Vanuatu	OC	56	32	+11	18S	168E
YK	Syria	AS	39	20	+2	34N	36E
YL	Latvia	EU	29	15	+2	57N	24E
YN	Nicaragua	NA	11	07	-6	12N	87W
YO	Romania	EU	28	20	+2	45N	26E
YS	El Salvador	NA	11	07	-6	14N	89W
YU	Serbia & Montenegro	EU	28	15	+1	45N	21E
YV	Venezuela	SA	12	09	-4	10N	67W
YV0	Aves Is	NA	11	08	-4	16N	64W
Z2	Zimbabwe	AF	53	38	+2	18S	31E
Z3	The Former Yugoslav Republic of Macedonia	EU	28	15	+1	42N	22E
ZA	Albania	EU	28	15	+1	41N	20E
ZB	Gibraltar	EU	37	14	+1	37N	5W
ZC	Cyprus SBA	AS	39	20	+2	35N	33E
ZD7	St Helena	AF	66	36	+0	16S	6W
ZD8	Ascension Is	AF	66	36	+0	8S	14W
ZD9	Tristan da Cunha & Gough Is	AF	66	38	+0	37S	12W
ZF	Cayman Is	NA	11	08	-5	19N	81W
ZK1	North Cook Is	OC	62,63	32	-10.5	10S	161W

PFX	DXCC DRŽAVA	WAC	ITU	WAZ	GMT	LAT	LON
ZK1	South Cook Is	OC	63	32	-10.5	22S	158W
ZK2	Niue	OC	62	32	-11	19S	170W
ZK3	Tokelau Is	OC	62	31	-11	9S	171W
ZL	New Zealand	OC	60	32	+12	41S	175E
ZL7	Chatham Is	OC	60	32	+12.75	44S	177W
ZL8	Kermadec Is	OC	60	32	+12	29S	178W
ZL9	Auckland, Campbell Is	OC	60	32	+12	51S	166E
ZP	Paraguay	SA	14	11	-4	26S	57W
ZS	Soouth Africa	AF	57	38	+2	26S	28E

Opombe:

Osnova za tabelo so bili podatki, ki jih ureja Bill Brelsford, K2DI, in so bili nazadnje posodobljeni aprila 2003. Novejše lahko najdete na sledečem naslovu: <http://www.arrl.org/files/infoserv/tech/dxccck2di.txt>

8. GRŠKA ABECEDA

A	α	alfa
B	β	beta
Γ	γ	gama
Δ	δ	delta
E	ε	epsilon
Z	ζ	zeta
H	η	eta
Θ	θ	theta
I	ι	jota
K	κ	kapa
Λ	λ	lambda
M	μ	mi
N	ν	ni
Ξ	ξ	ksi
O	ο	omikron
Π	π	pi
P	ρ	rho
Σ	σ	sigma
T	τ	tau
Υ	υ	ipsilon
Φ	φ	fi
X	χ	hi
Ψ	ψ	psi
Ω	ω	omega

9. 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	$10^{-24} = 0.000000000000000000000001$

10. 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 (str)

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
Delo, energija	joule	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
Magnetomotorna sila	amper	A
Svetlobni pretok	lumen	lm
Sijaj	sveča na kvadratni meter (ali nit)	cd/m ² (nt)
Osvetljenost	luks	lx

11. NEKATERE ENOTE ANGLOAMERIŠKEGA SISTEMA ENOT

Veličina	Merska enota	Oznaka
Dolžina	inch (cola)	in
	foot (čevelj)	ft
	yard (seženj, vatelj)	yd
	rod (palica)	rod
	mile (kopenska milja)	mi
	nautical mile (navtična milja)	
	London mile (Londonska milja)	
Površina	squere foot	ft ²
	squere yard	yd ²
	squere rod	rod ²
	acre	acre
	squere 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

12. 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 statute mile =	1760 yd	=	5280 ft
1 London mile =	5000 ft		
1 nautical mile =	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

13. PRETVORBA MED SI IN AMERIŠKIM SISTEMOM ENOT

Dožina

1 mm =	0.03937 in	1 in =	25.4 mm
1 cm =	0.39370 in	1 in =	2.54 cm
1 cm =	0.32808 ft	1 ft =	30.48 cm
1 m =	3.2808 ft	1 ft =	0.3048 m
1 m =	1.0936 yd	1 yd =	0.9144 m
1 km =	0.6215 mi	1 mi =	1.609 km
1 km =	0.5399 nmi	1 nmi =	1.852 km

Površina

1 mm ² =	0.00155 in ²	1 in ² =	645.16 mm ²
1 cm ² =	0.15500 in ²	1 in ² =	6.4516 cm ²
1 cm ² =	0.00107 ft ²	1 ft ² =	929.03 cm ²
1 m ² =	10.7642 ft ²	1 ft ² =	0.0929 m ²
1 cm ² =	0.00012 yd ²	1 yd ² =	8361.3 cm ²
1 m ² =	1.19598 yd ²	1 yd ² =	0.83613 m ²
1 km ² =	0.39062 mi ²	1 mi ² =	2.59 km ²

Teža

1 g =	15.4321 gr (ga)	1 gr (ga) =	0.0648 g
1 g =	0.03527 oz	1 oz =	28.349 g
1 g =	0.00220 lb	1 lb =	453.59 g
1 kg =	2.20463 lb	1 lb =	0.45359 kg
1 t =	1.10253 short ton	1 short ton =	0.907 t
1 t =	0.98425 long ton	1 long ton =	1.016 t

Volumen

1 mm ³ =	0.00006 in ³	1 in ³ =	16387.064 mm ³
1 cm ³ =	0.06102 in ³	1 in ³ =	16.387 cm ³
1 m ³ =	35.3157 ft ³	1 ft ³ =	0.028316 m ³
1 m ³ =	1.30795 yd ³	1 yd ³ =	0.764555 m ³
1 ml =	0.06102 in ³	1 in ³ =	16.387 ml
1 ml =	0.03382 fl oz	1 fl oz =	29.57 ml
1 ml =	0.00211 pt	1 pt =	473 ml
1 ml =	0.00106 qt	1 qt =	946.333 ml
1 l =	0.03531 ft ³	1 ft ³ =	28.32 l
1 l =	1.05674 qt	1 qt =	0.9463 l
1 l =	0.26420 gal	1 gal =	3.785 l
1 l =	0.90826 dry qt	1 dry qt =	1.101 l
1 l =	0.11352 peck	1 peck =	8.809 l
1 l =	0.02838 bushel	1 bushel =	35.238 l

14. 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
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

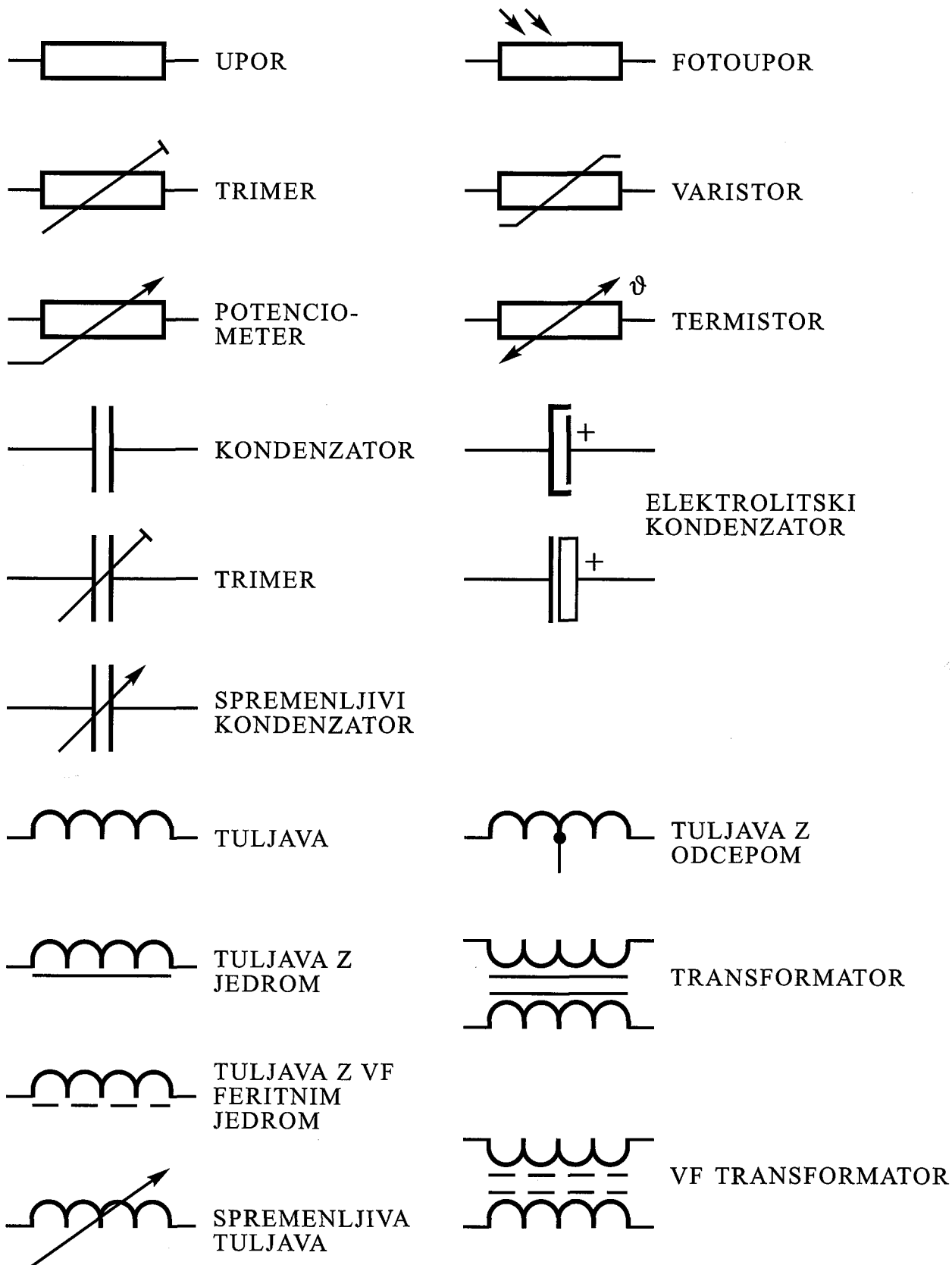
15. SPECIFIČNA UPORNOST IN TEMPERATURNI KOEFICIENTI

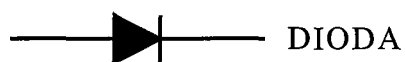
Material	Specifična upornost (ρ) v $\Omega\text{mm}^2\text{m}^{-1}$	Temperaturni koeficient (α)
Srebro	0.01600	0.00400
Baker	0.01800	0.00440
Zlato	0.02300	-
Aluminij	0.02700	0.00420
Molibden	0.05700	-
Volfram	0.05480	0.00460
Cink	0.05920	0.00370
Nikel	0.07230	-
Jeklo	0.14000	0.00620
Medenina	0.07700	0.00200
Kositer	0.14000	0.00400
Železo	0.09200	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	35	-0.0005
Razstopine soli	-	-0.0250
Razstopine kislin	-	-0.0250

16. RELATIVNE DIELEKTRIČNE KONSTANTE IN PREBOJNE NAPETOSTI

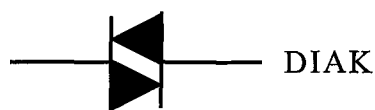
Material	Relativna dielektrična konstanta - ϵ_r	Prebojna napetost kV/mm
Zrak	1.0	3
Bakelit	4.5 - 5.4	12
Celulozni acetat	3.3 - 3.9	10 - 24
Amorfni kvarc	3.8	40
Mikaleks	7.4	10
Papir	3.0	8
Pleksi	2.8	40
Polietilen	2.3	48
Polistirol	2.6	20 - 28
Porcelan	5.1 - 5.9	1.6 - 4
Steklo (okensko)	7.6 - 8.0	8 - 10
Steatit	5.8	6 - 12
Teflon	2.1	40 - 80
Sljuda	4.0 - 7.5	120 - 240

17. ELEKTROTEHNIČNI SIMBOLI

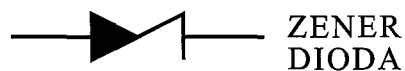




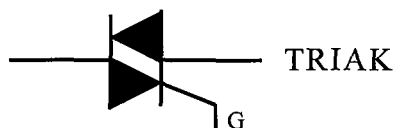
DIODA



DIAK



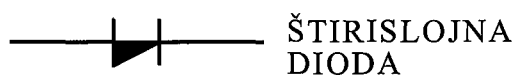
ZENER
DIODA



TRIAK



TUNEL
DIODA



ŠTIRISLOJNA
DIODA

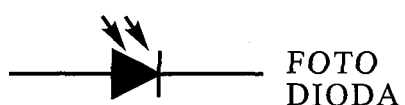
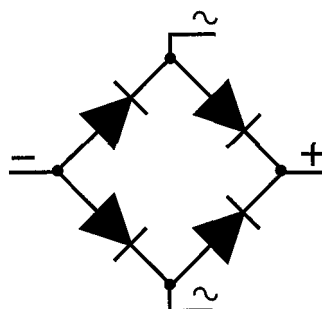
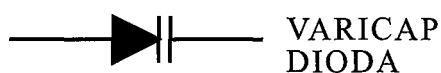


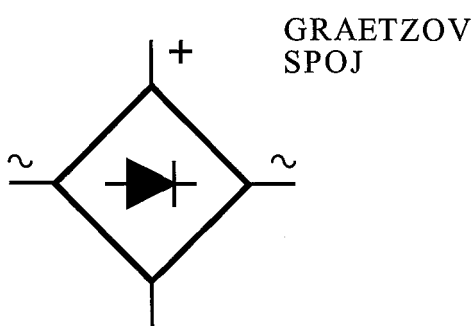
FOTO
DIODA



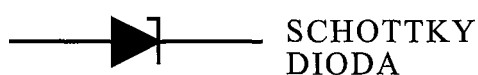
LED



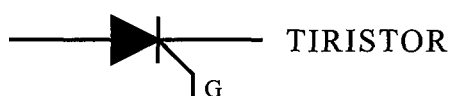
VARICAP
DIODA



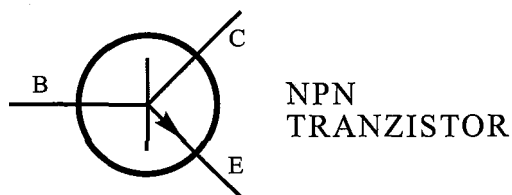
GRAETZOV
SPOJ



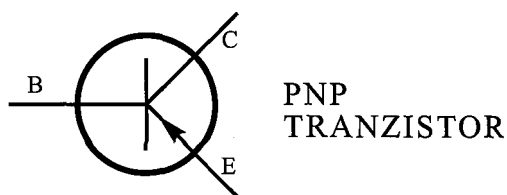
SCHOTTKY
DIODA



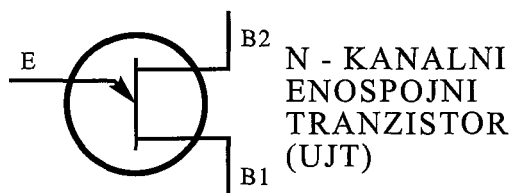
TIRISTOR



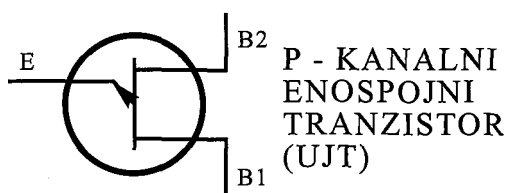
NPN
TRANZISTOR



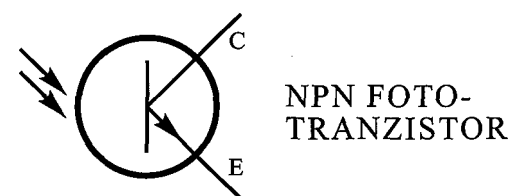
PNP
TRANZISTOR



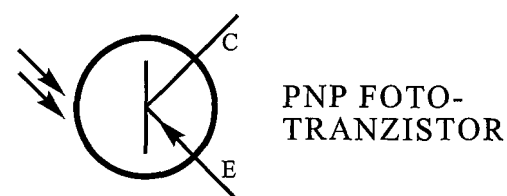
N - KANALNI
ENOSPOJNI
TRANZISTOR
(UJT)



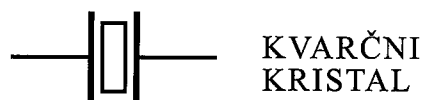
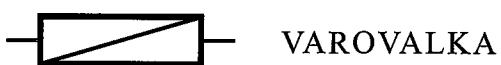
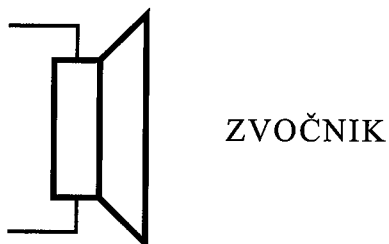
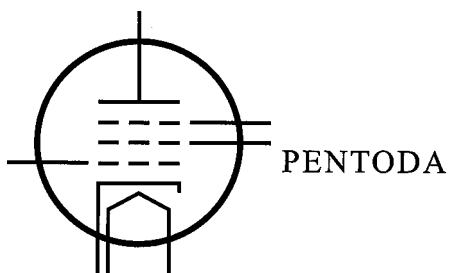
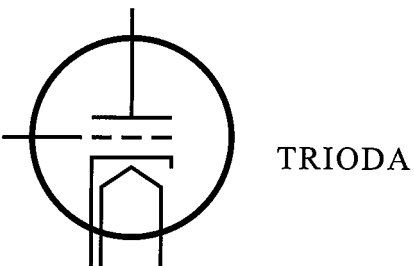
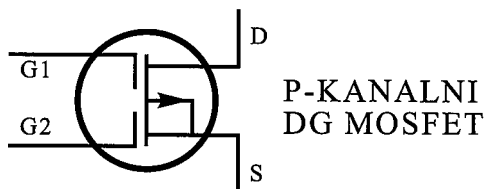
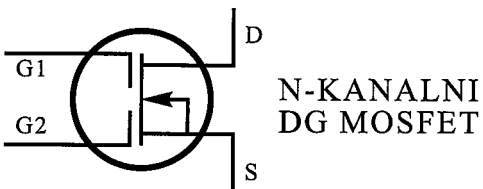
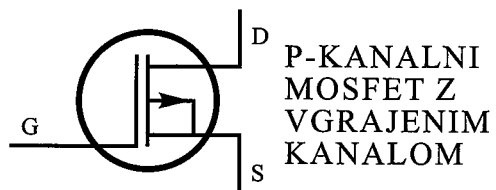
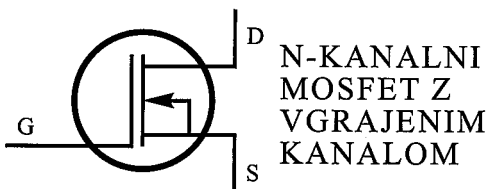
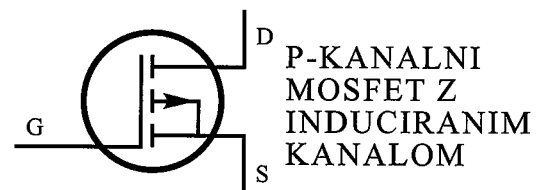
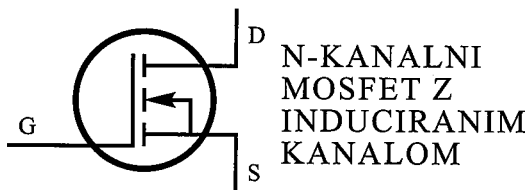
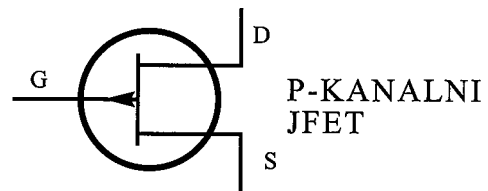
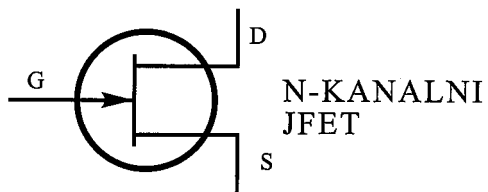
P - KANALNI
ENOSPOJNI
TRANZISTOR
(UJT)

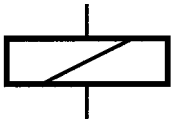
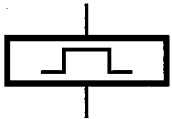
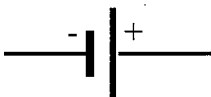

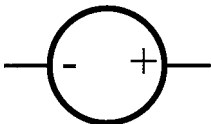
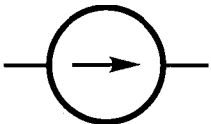


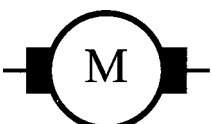
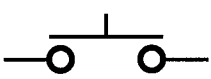


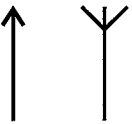
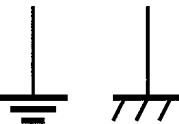
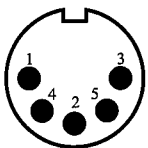
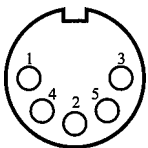






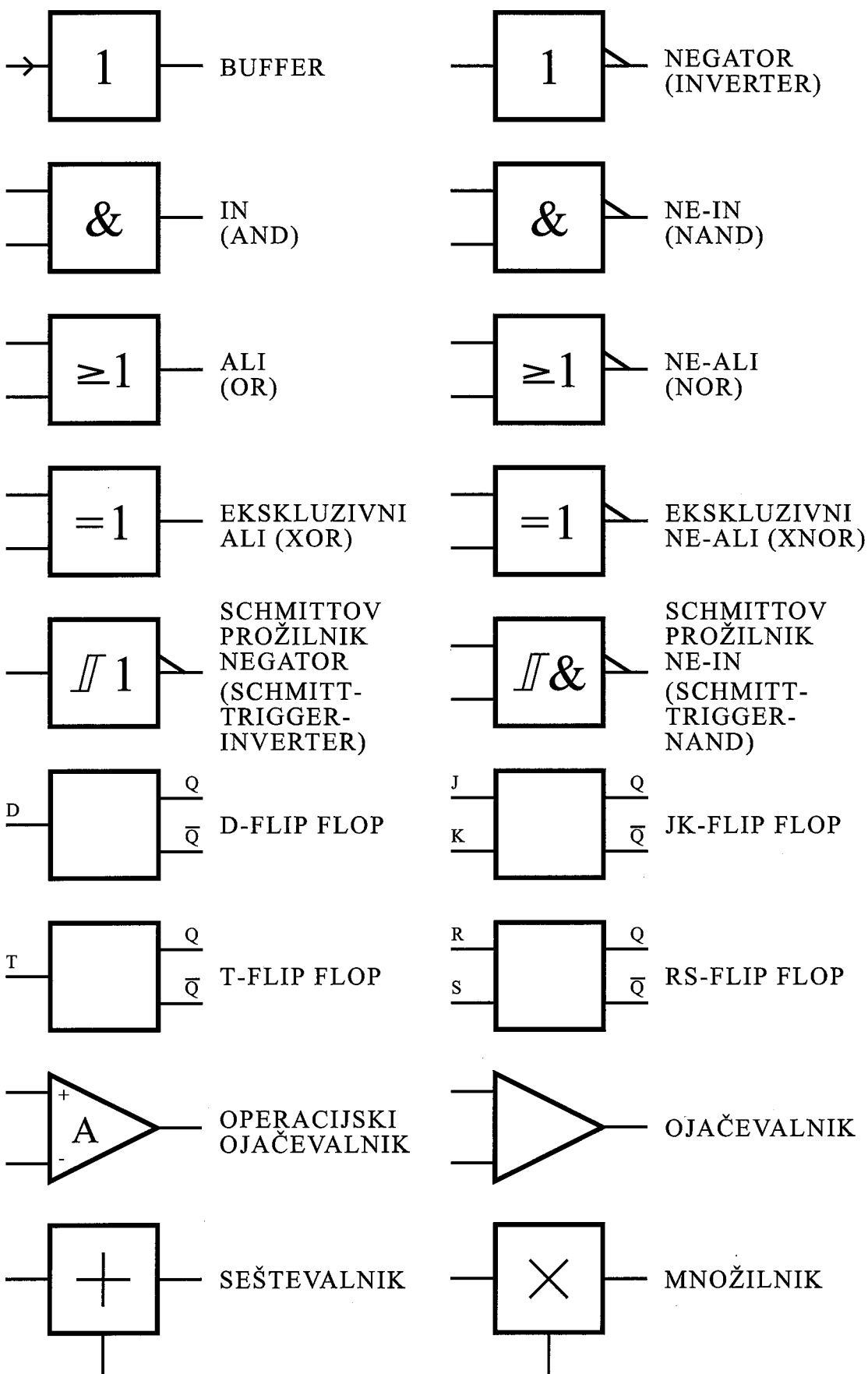
NPN FOTO-
TRANZISTOR

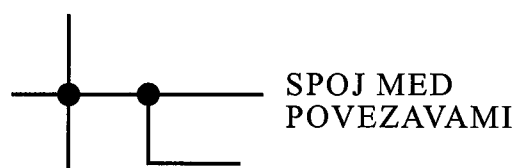
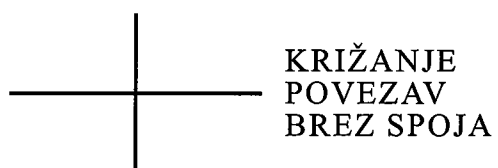
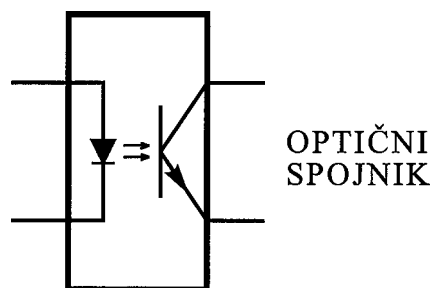
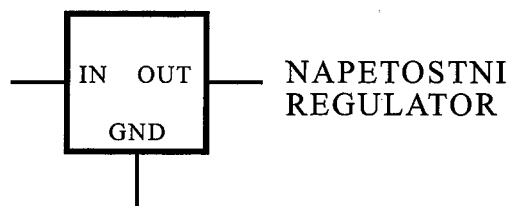


PNP FOTO-
TRANZISTOR



	RELE		TERMIČNI RELE
	BATERIJA		IZMENIČNI GENERATOR
	NAPETOSTNI VIR		TOKOVNI VIR
	AMPERMETER		VOLTMETER
	MOTOR		TIPKA
	STIKALO		PREKLOPNIK
	ANTENA		OZEMLJITEV
	PETPOLNI DIN VTIKAČ		PETPOLNA DIN VTIČNICA
	TROPOLNI VTIKAČ		TROPOLNA VTIČNICA
	DVOPOLNI VTIKAČ		DVOPOLNA VTIČNICA





18. 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	1.2	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	1.5	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		1.8	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				

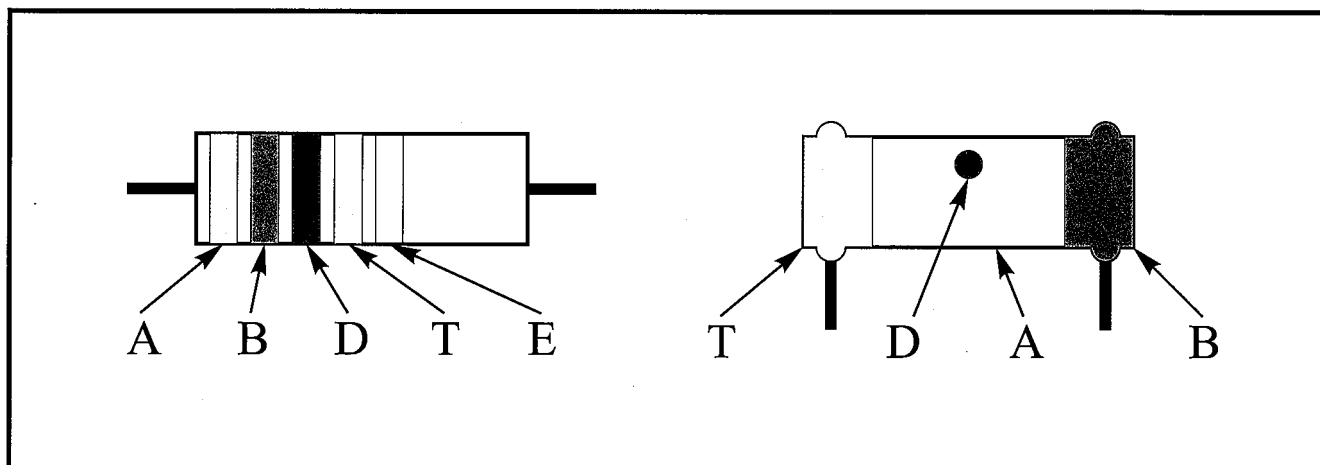
TOLERANCA					
20%	10%	5%	2%	1%	
RAZRED					
E6	E12	E24	E48	E96	
2.2	2.2	2.2	2.15	2.15	
				2.21	
			2.26	2.26	
			2.32		
		2.4	2.37	2.37	
				2.43	
			2.49	2.49	
			2.55		
		2.7	2.7	2.61	2.61
				2.67	
	2.74			2.74	
			2.80		
	3.0		2.87	2.87	
				2.94	
		3.01	3.01		
		3.09			
	3.3	3.3	3.3	3.16	3.16
					3.24
3.32				3.32	
			3.40		
3.6			3.48	3.48	
				3.57	
		3.65	3.65		
		3.74			
3.9		3.9	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	
			5.49		
		5.6	5.6	5.62	5.62
				5.76	
	5.90			5.90	
			6.04		
	6.2		6.19	6.19	
				6.34	
		6.49	6.49		
		6.65			
	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		
		8.06			
8.2		8.2	8.25	8.25	
				8.45	
			8.66	8.66	
			8.87		
	9.1	9.09	9.09		
			9.31		
9.53		9.53			
	9.76				

19. OZNAČEVANJE UPOROV Z BARVAMI

Pomen barv pri označevanju uporov z barvami.

Barva	Cifra A,B	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%	-



Označevanje uporov z barvami.

Sprememba upornosti E nam pove relativno spremembo upornosti v 1000 urah obratovanja.

20. OZNAČEVANJE KONDENZATORJEV

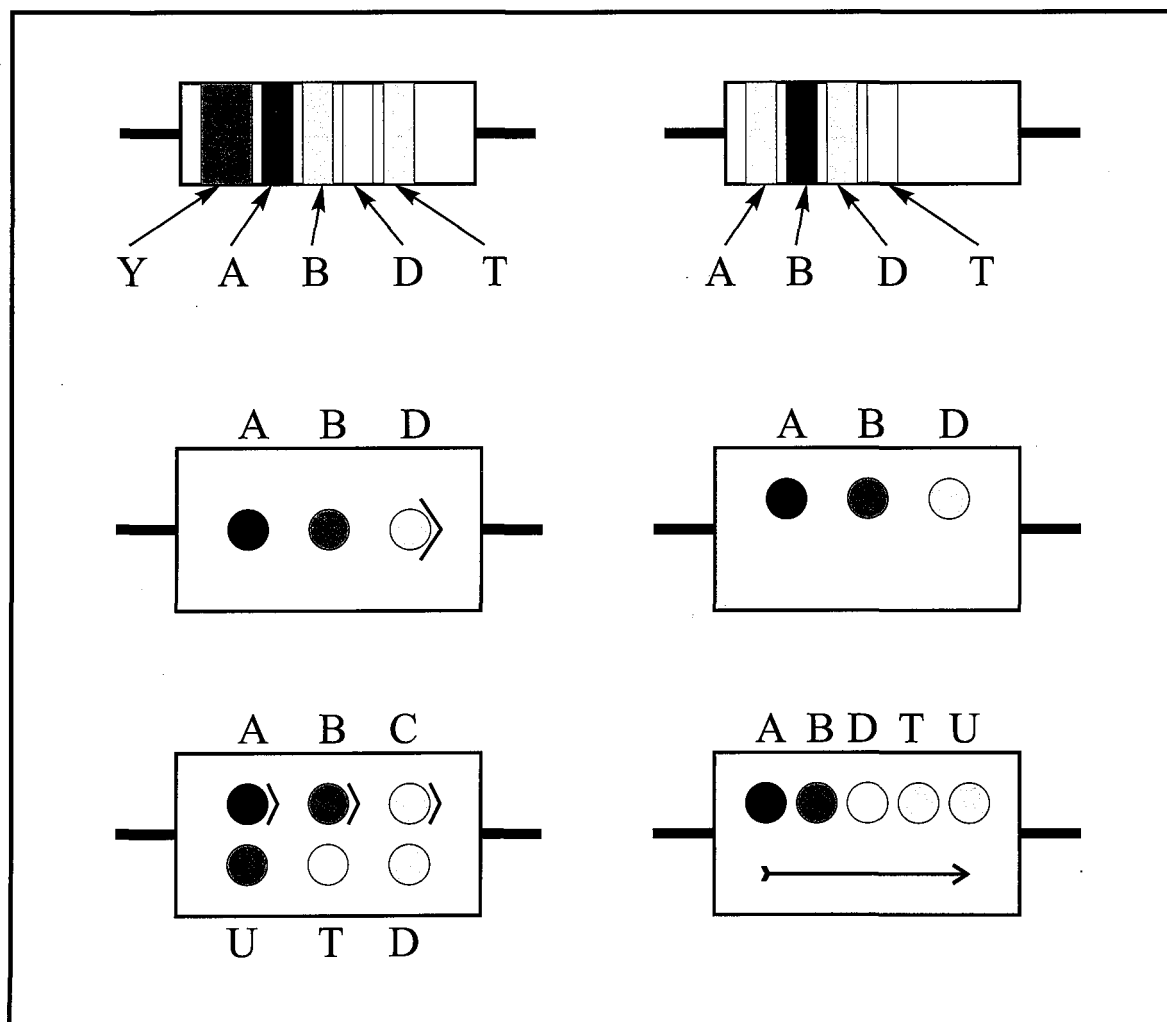
OZNAČEVANJE KONDENZATORJEV Z BARVAMI

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

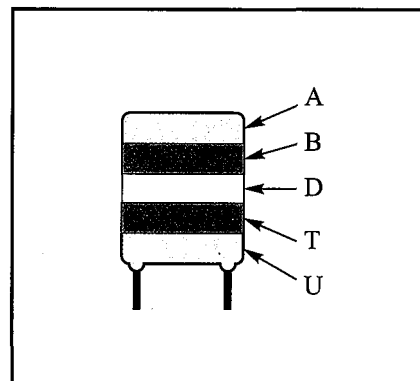
Barva	Cifra A,B	Množitelj D	Toleranca T		Temperaturni koeficient 10 ⁻⁶ / °C Y
			>10pF	<10pF	
Črna	0	1	±20%	2.0pF	0
Rjava	1	10	±1%	-	-30
Rdeča	2	10 ²	±2%	-	-80
Oranžna	3	10 ³	-	-	-150
Rumena	4	-	-	-	-220
Zelena	5	-	±5%	0.5pF	-330
Modra	6	-	-	-	-470
Vijolična	7	-	-	-	-750
Siva	8	10 ⁻²	-	0.25pF	+30
Bela	9	10 ⁻¹	±10%	1.0pF	+500

Označevanje kondenzatorjev z barvami. Kapacitivnosti so podane v pikofaradih (pF).



OZNAČEVANJE POLIESTERSKIH KONDENZATORJEV Z BARVAMI

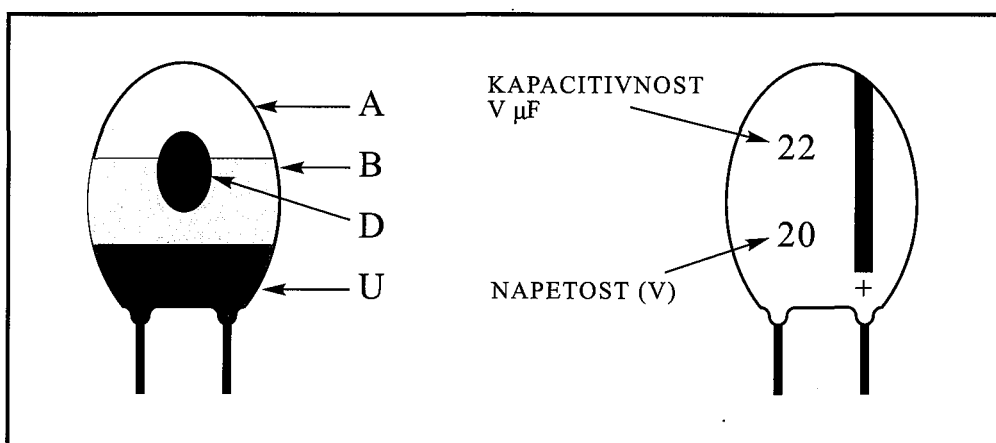
Barva	Cifra A,B	Množitelj D	Toleranca T	Napetost (V) U
Črna	0	1	±20%	100
Rjava	1	10	-	-
Rdeča	2	10 ²	-	250
Oranžna	3	10 ³	-	-
Rumena	4	10 ⁴	-	400
Zelena	5	10 ⁵	±5%	-
Modra	6	10 ⁶	-	-
Vijolična	7	10 ⁷	-	-
Siva	8	10 ⁸	-	-
Bela	9	10 ⁹	±10%	-
Zlata	-	10 ⁻¹	-	-
Srebrna	-	10 ⁻²	-	-
Brez barve	-	-	-	-



Označevanje poliesterskih kondenzatorjev z barvami. Kapacitivnosti so podane v pikofaradih (pF).

OZNAČEVANJE TANTALOVIH KONDENZATORJEV Z BARVAMI

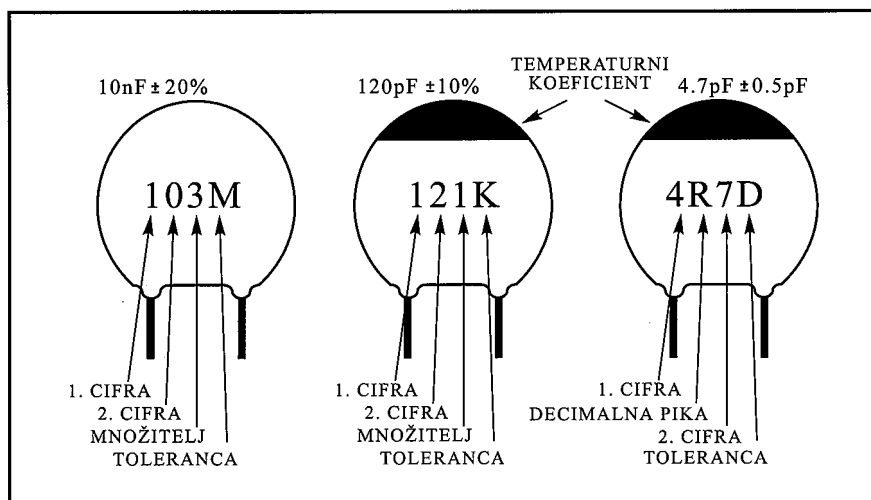
Barva	Cifra A,B	Množitelj D	Napetost (V) U
Črna	0	1	10
Rjava	1	10	-
Rdeča	2	100	-
Oranžna	3	-	-
Rumena	4	-	6.3
Zelena	5	-	16
Modra	6	-	20
Vijolična	7	-	-
Siva	8	0.01	25
Bela	9	0.1	3
Roza	-	-	35



Označevanje tantalovih kondenzatorjev. Kapacitivnosti so podane v mikrofaradih (μF).

OZNAČEVANJE KERAMIČNIH KONDENZATORJEV S ČRKAMI, ŠTEVILKAMI IN BARVAMI

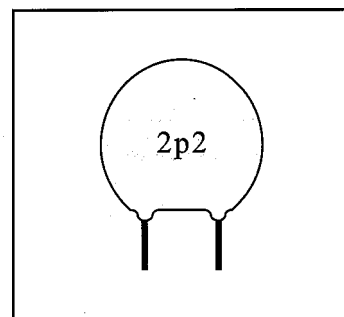
MNOŽITELJ		TOLERANCA			TEMPERATURNI KOEFICIENT	
Številka	Množitelj	Črka	<10pF	>10pF	Barva	Koeficient
0	1	B	±0.1pF	-	Črna	NP0
1	10	C	±0.25pF	-	Rjava	N030/N033
2	100	D	±0.5pF	-	Rdeča	N075/N080
3	1000	E	-	±25%	Oranžna	N150
4	10000	F	±1pF	±1%	Rumena	N220
-	-	G	-	±2%	Zelena	N330
-	-	H	-	±2.5%	Modra	N470
-	-	J	-	±5%	Vijolična	N750
-	-	K	-	±10%	Bela	P100
-	-	M	-	±20%	Rdeča in vijolična	P100
-	-	P	-	-0+100%	-	-
-	-	S	-	-20+50%	-	-
-	-	W	-	-0+200%	-	-
-	-	X	-	-20+40%	-	-
-	-	Z	-	-20+80%	-	-



Označevanje keramičnih kondenzatorjev z barvami, črkami in številkami. 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



Označevanje keramičnih kondenzatorjev s številkami.

21. KOAKSIALNI VODI

VRSTA IZOLACIJE

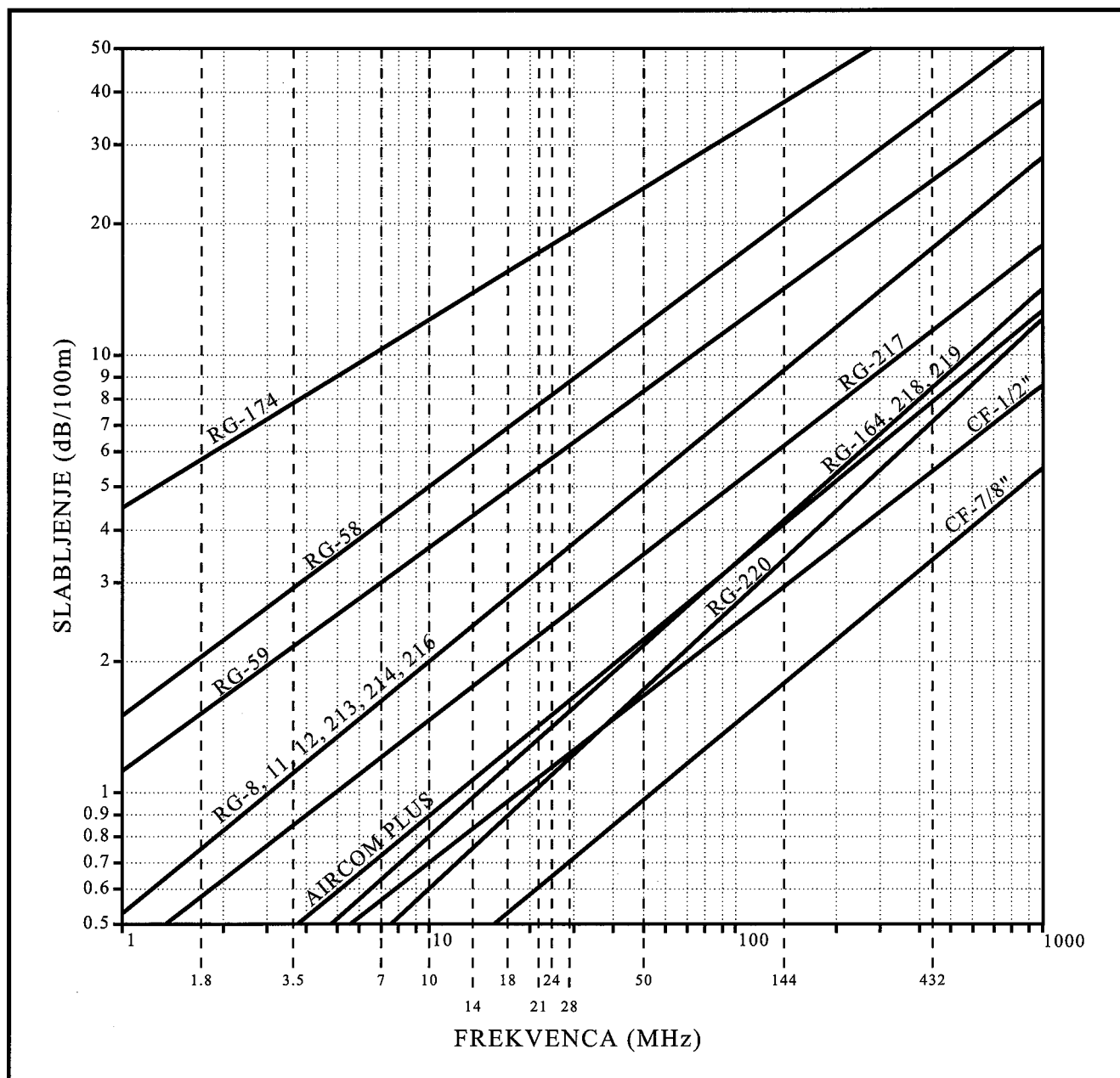
Naziv	Oznaka	Relativna dielektrična konstanta	Skrajševalni faktor	Temperaturno območje (°C)
Polietilen	PE	2.3	0.66	-50 do +80
Penasti polietilen	PES	1.5	0.82	-50 do +80
Poleitelen z zračnimi prostori		1.35	0.86	-40 do + 80
Teflon	PTFE	2.1	0.69	-250 do +250

OSNOVNI PODATKI O NEKATERIH KOAKSIALNIH VODIH

Oznaka	Z ₀ (Ω)	v _r (%)	C pF/m	Dielektrik	Premer (mm)	Napetost (Uef)
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	-

Relativne dielektrične konstante in s tem skrajševalni faktor se nekoliko razlikujejo od proizvajalca do proizvajalca. Navedene vrednosti so le orientacijske.

SLABLJENJE NEKATERIH KOAKSIALNIH KABLOV



V diagramu na sliki je prikazano slabljenje koaksialnih kablov v odvisnosti od frekvence v dB/100m.

22. MONTAŽA KOAKSIALNIH KONEKTORJEV

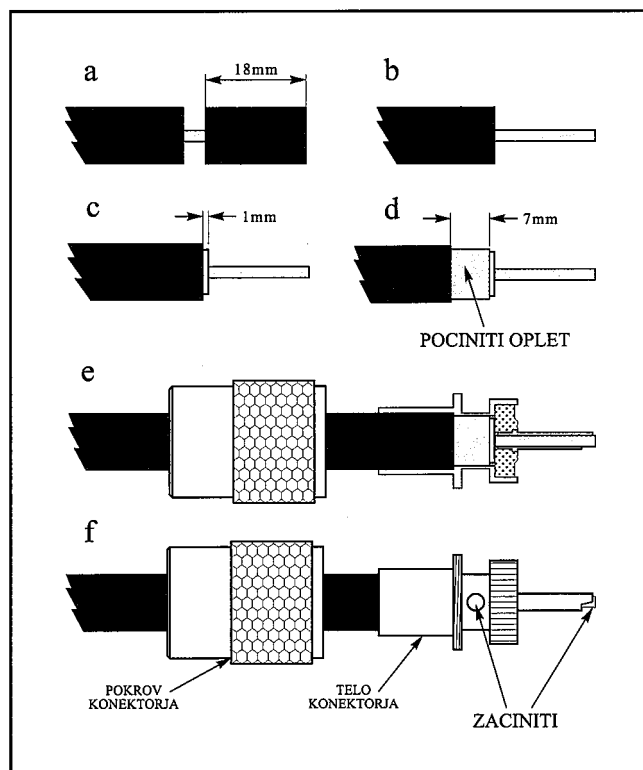
Slabo montiran antenski konektor nam lahko povzroči precej težav. Slabi spoji so lahko vzrok za nastanek motenj; skozi konektor, ki ni kvalitetno nameščen in ustrezno zaščiten, lahko v koaksialni vod pride voda; zaradi nepazljivosti lahko v konektorju pride do stika med srednjo žilo in opletom in še 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.

- Z nožem zarezimo 18mm od konca kabla tako, da prerežemo zunanjo izolacijo, oplet in dielektrik okoli srednje žile, katere ne smemo poškodovati.
- Odstranimo odrezani del. Če je srednja žila sestavljena (zvita) iz več tanjših žičk, pazimo, da jih ne potrgamo ali razpletemo.
- Odrežemo 1mm zunanje izolacije in opleta. Pazimo, da ne poškodujemo dielektrika, ki obdaja srednjo žilo.
- Odstranimo zunanjo izolacijo v dolžini 7mm. Pazimo, da ne prerežemo ali razpletemo opleta. Oplet in srednjo žilo kabla pospajkamo.
- 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.
- Oplet prispajkamo 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.



Montaža UHF konektorja

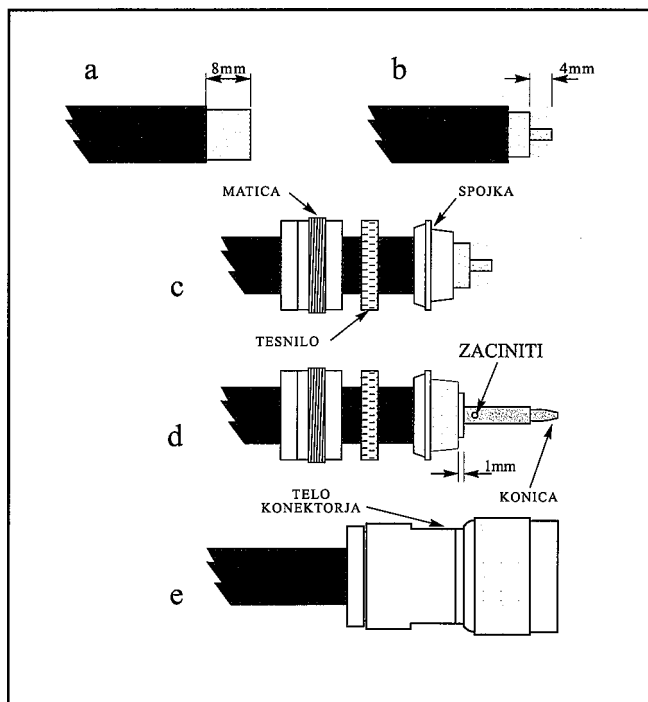
N KONEKTOR

Konektorjev N je več vrst. Med seboj se nekoliko razlikujejo po mehanski zgradbi. Osnovni princip sestavljanja je pri vseh podoben. N konektorji se uporabljajo predvsem na UKV in višjih frekvenčnih področjih. Slika prikazuje namestitev N konektorja namenjenega kablom premera 10 -11mm.

- Odstranimo 8mm dolg kos zunanje izolacije. Pazimo, da ne prerežemo opleta.
- Oplet pazljivo razpletemo. Odrežemo 4mm dielektrika, ki obdaja srednjo žilo. Pazimo, da ne poškodujemo žile.
- 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.
- Oplet zavijemo nazaj in ga enakomerno razporedimo preko spojke. Če so žičke predolge, jih porežemo. To najlepše opravimo s 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 morebitne ostanke cina. To naj-

lepše naredimo z ostrim nožem (pazi na prste) ali 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 sesti na dno konektorja. Namestimo tesnilo in privijemo matico. Na začetku naredimo to z rokami, nato si pomagamo z dvema viličastima ključema primernih dimenzij.



Montaža N konektorja

BNC KONEKTOR

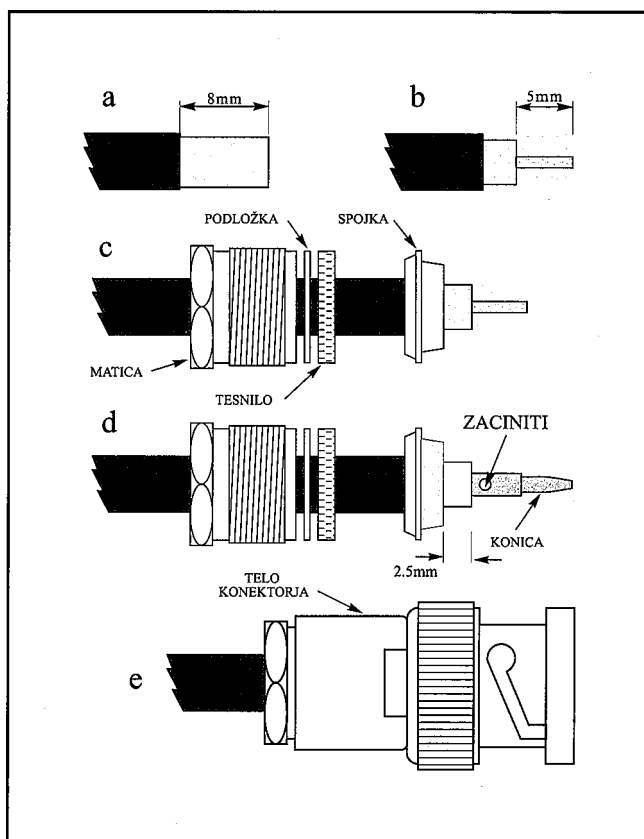
V radioamaterski praksi BNC konektor srečamo predvsem v povezavi s koaksialnim vodom tipa RG-58. Princip montaže je dokaj podoben N konektorju, le dimenzije so ustrezno manjše. Spodnja slika prikazuje montažo BNC konektorja, ki jo lahko opišemo v nekaj točkah.

- a) Odstranimo 8mm dolg kos zunanje izolacije. Pazimo, da ne prežemo opleta.
- b) Oplet pazljivo razpletemo. Odstranimo 5mm dielektrika, ki obdaja srednjo žilo. Pazimo, na srednjo žilo, saj je sestavljena iz tankih žičk.

c) Na koaksialni vod po vrsti namestimo matico, podložko, tesnilo in spojko. Spojka zdrsne na kabel le do mesta, kjer smo odstranili zunanjo PVC zaščito.

d) Oplet zavijemo nazaj in ga enakomerno razporedimo preko spojke. Če so žičke predolge, jih 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 ga hitro pregrejemo in s tem deformiramo. S konice odstranimo morebitne ostanke odvečnega cina. To storimo z nožem ali pilico.

e) Namestimo telo konektorja. Spojka mora sesti na dno konektorja. Namestimo tesnilo in podložko ter privijemo matico. Vse skupaj pritegnemo s pomočjo dveh viličastih ključev ustreznih dimenzij.



Montaža BNC konektorja

23. 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 mW	-28.93
10.0 mV	28.28 mV	20.00	2.0 mW	-26.99
20.0 mV	56.57 mV	26.02	8.0 mW	-20.97
40.0 mV	113.1 mV	32.04	32.0 mW	-14.95
80.0 mV	226.3 mV	38.06	128.0 mW	-8.93
100.0 mV	282.8 mV	40.00	200.0 mW	-6.99
200.0 mV	565.7 mV	46.02	800.0 mW	-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
1.0 V	2.828 V	60.00	20.0 mW	13.01

NAPETOST			MOČ	
U_{ef}	U_{v-v}	dBmV	P	dBm
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

$$U_{v-v} = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot U_{ef}$$

Napetost:

$$dBmV = 20 \cdot \lg \left[\frac{U_{ef}}{0.001V} \right]$$

Moč:

$$P = \frac{(U_{ef})^2}{50\Omega}$$

$$dBm = 10 \cdot \lg \left[\frac{P}{0.001W} \right]$$

24. ODBOJNOST, VALOVITOST IN IZGUBE

Γ	SWR	α
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	α
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

$$\text{Odbojnost: } \Gamma = \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0}$$

$$\text{Valovitost: } SWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

$$\text{Izgube: } \alpha = -10 \cdot \lg(1 - |\Gamma|^2)$$

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. \.: 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. erwitetre Auflage, Militarvelarg der DDR)
- Slurzberg, 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
- CQ ZRS Posebna številka: Zveza radioamaterjev Slovenije, Ljubljana, 1996
- Elektor Electronics: Elektor Electronics Publishing, England, 1990-1995, ISSN 0268-4519
- HF Managers' Handbook, IARU Region 1, 5th edition, 2003
- International Amateur Radio Study Guide, IARU, Newington, 1991, ISBN 0-87259-340-1
- ITU Radio Regulations - Edition 2001, ITU Geneva, s spremembami WRC 03
- Now You're talking, ARRL, Newington, 1993, ISBN 0-87259-417-3
- Program EZNEC 3.0, © 2000-2004 Roy W. Lewallen, W7EL
- Program HFTA 1.0, © 2003 ARRL, by N6BV

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

VHF Managers' Handbook, IARU Region 1, 4th edition, 3rd upgrade, 2002

