

OSOBI NE LOOP-YAGI ANTENA

Toni BROZIC, YU3BA

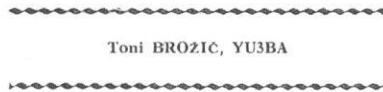
Poslednjih nekoliko godina izvršeno je mnogo eksperimenata sa loop-Yagi antenama za opsege 2 m, 70 cm i 23 cm, s namerom da se pronađe optimalna dužina antene za određeni broj elemenata i povećanje dobiti (gain) s povećanjem broja elemenata i dužine antene. Snimljeni su dijagrami zračenja za svaki sistem u obe (E i H) ravni. Izvršen je pokušaj da se pronađe optimalna impedansa napajanja za sve sisteme i to ne za optimalno moguće pojačanje, nego za optimalni dijagram zračenja u što širem opsegu frekvencija. (Standardni metod za prilagođenje je da se izvrši promena dužine pobudnog elementa, a zatim doda odsečak voda da bi se izvršila kompenzacija reaktanse, s tim da preostali, realni deo impedanse bude jednak impedansi napojnog voda. Ovaj metod se može primeniti i kod loop antena, ali se time smanjuje površina loop-a, a time i pojačanje — Ur).

POJAČANJE I DIJAGRAM ZRAČENJA

Rezultati koji su dobijeni merenjem upotrebljeni su za izradu dijagrama na sl. 1. U svim slučajevima upotrebljeni su okrugli loop-ovi čija je ekscentričnost bila manja od 1%. U svim slučajevima radijatori su bili dugi 1 λ (±0,5%), a nosač elementa (»boom«) se nalazio u središtu elementa i bio je montiran prema sl. 6. Debljina elemenata je iznosila 0,00145 λ (Al Ø 3 mm za 145 MHz).

Uočena je osnovna razlika između dipol-Yagi i loop-Yagi antena u pogledu širine glavnog snopa (ugao θ za -3 dB): kod loop-Yagi antena ona je skoro jednaka u E-i H-ravni za sve sisteme od 2—10 elemenata. Iako su uočene razlike od nekoliko stepeni kod pojedinih sistema, njih treba pripisati greškama u merenju. Zatim je izvršeno merenje više dipol-Yagi antena kako bi se moglo izvršiti upoređivanje i utvrditi razlike. Dipol-Yagi antena sa 6 elemenata, dugačka 0,72 λ, imala je $\theta_E = 55^\circ$ i $\theta_H = 70^\circ$. Poznata dipol-Yagi antena sa tri reflektora, s ukupno 10 elemenata, i dužine 1,74 λ imala je $\theta_E = 37^\circ$ i $\theta_H = 70^\circ$. Fabrička antena sa 4 elementa, dužine 0,5 λ, imala je čak $\theta_E = 60^\circ$ i $\theta_H = 100^\circ$!

Iako i kod loop-antena postoji razlika između horizontalnog i vertikalnog dijagrama zračenja (narocito u pogledu potiskivanja bočnih snopova), te razlike su mnogo manje nego kod dipol-Yagi an-



tena (uporediti dijagrame zračenja sa sl. 2, 3 i 4!).

Usput je bio ispitan i quagi pristup. Quagi predstavlja hibridni sistem kod koga su radijator i reflektor u obliku kvadratne petlje čiji je obim reda 1 λ, a direktori su u obliku dipola. Odnos širine glavnog snopa kod sistema sa dva loop-a i dva dipola u E— i H-ravni iznosio je $\theta_E = 52^\circ$, $\theta_H = 54^\circ$, a kod sistema sa dva loop-a i četiri dipola izmereno je $\theta_E = 48^\circ$ i $\theta_H = 54^\circ$. Izgleda da je kod quagi antene samo dva loop-elementa premalo. Tri loop-a (pored reflektora i radijatora, još i prvi direktor) sa još dva dipola kao direktora pokazuju odnos 50/50°, a sistem sa tri loop-a i pet dipola imao je 43/44°. Poslednji sistem je bio dug 1,33 λ što već predstavlja sasvim zanimljivu antenu.

Za dijagram prikazan na sl. 1 nije vršena detaljna analiza niti upoređivanje sa sličnim već objavljenim dijagramima (Lindsay i drugi). Pojačanje antene je izraženo preko uglova θ . Izrazi za izračunavanje pojačanja iz ovih uglova navode se u literaturi. Proračuni su bili veoma blizu stvarnom pojačanju, naročito kod sistema do 5 elemenata, kod kojih je dijagram zračenja dosta »čist« (vid. sl. 2). Pojačanje u dBd (decibel u odnosu na dipol) sa sl. 1 može biti sporno. Vrednosti navedene u dBd određene su direktnim upoređivanjem sa 0,5 λ dipolom, ali je ovakav način upoređivanja, barem teorijski, uvek sporan.

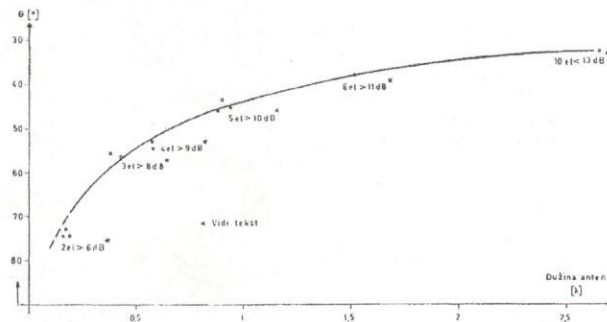
Dijagrami zračenja kod dužih loop-Yagi antena nisu tako

čisti kao kod onih do 5 elemenata. Dijagram zračenja za loop-Yagi antenu sa 10 elemenata prikazan je na sl. 3. Sistem je dug 2,66 λ i izgleda da povećavanjem dužine loop-Yagi antene pojačanje ne raste adekvatno u odnosu na povećanje dobiti kod produžavanja dipol-Yagi antene. (Prema podacima od Shoamaneh-a i Shafai-ja koji su preneti u članku »The Quad antenna«, Part 3: Circular loops and Octagonal Arrays, Ham Radio, August 1988, sa povećanjem dužine »boom-a« raste i pojačanje loop-Yagi antene skoro na isti način kao kod dipol-Yagi antena, s tim što je iznos dobiti zavisao od rastojanja među elementima. Odnos napred/nazad varira od 10 do preko 25 dB, u zavisnosti od rastojanja, a pri tom se verovatno menja propusni opseg antene. — Ur).

Ovaj zaključak, jednakost uglova θ u E— i H-ravni, kao i neke druge osobine, navode na zaključak da je loop-Yagi antena samo specijalan slučaj dve dipol-Yagi antene koje su složene (stacked) na malom rastojanju. Sistem je duži, manje je relativno međusobno rastojanje, te je i manje pojačanje koje se dobija iz takvog slaganja (stacking gain). Modeliranje sistema sa dve stekirane (složene) antene (koje, uzgred, nije novo) očito preovlađuje, iako i ovde postoje problemi u numeričkim analizama.

POLARIZACIJA I NAPAJANJE

Nema sumnje da je loop-Yagi antena striktno linearno polarizovana. Odnos E/H kod pravilno napajnog i prilagođenog loop-radijatora (narocito kada se napaja u dve tačke — o ovom napajanju kasnije) je veći od 35 dB. To znači da se signal od skoro S9 ne bi čuo ukoliko nije odabrana pra-



Sl. 1 — Dobit (gain) loop-Yagi antene u zavisnosti od dužine nosača, u odnosu na dipol

2

va polarizacija u odnosu na dolazeći talas. Kod svih ispitivanih loop-antena odnos E/H bio je veći od 25 dB (najčešće 25 dB). Ukoliko bi merenje bilo vršeno u idealnim uslovima taj odnos bi bio isti kao i kod samog loop-radijatora.

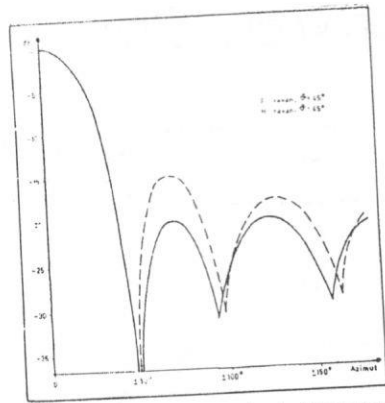
Problem napajanja loop-Yagi antena je složeniji nego što se pretpostavlja. Nije, na primer, problem izraditi loop-Yagi antenu sa 3 elementa i impedansom u tački napajanja od 30 oma, ali će ovakva antena raditi dobro samo u uzanom opsegu frekvencija. Nađeno je da je optimalna impedansa napajanja kod svih sistema do 5 elemenata mnogo veća od 50 oma. (Prema podacima iz članka »The Quad antenna« za sisteme sa 2-8 direktora impedansa u tački napajanja se kretala između $(58,5 + j156,7)$ oma i $(63,6 + j163,3)$ oma. Pri tom su obimi reflektora, radijatora i svih direktora iznosili 1,1; 1,2 i 0,9 talasnih dužina, respektivno. Reflektor se nalazio na rastojanju od $5,15 \lambda$ a razmak između direktora $0,3 \lambda$. — Ur.)

Ovaj podatak se odnosi na sisteme koji su građeni tako da imaju što »čistiji« dijagram zračenja u što širem frekventijskom opsegu, što, opet, ne znači da je kod takvih antena postignuto i maksimalno moguće pojačanje — ono je obično nekoliko desetih delova decibela ispod ove vrednosti. Da bude jasnije: gore spomenuta loop-Yagi antena sa tri elementa i impedansom u tački napajanja 30 oma teško da će pokriti 2-metarsko područje uz SWR manji od 1:1,5, dok će optimalno sagrađena antena iste vrste sa 10 elemenata to učiniti, uz SWR od 1:1,2 i možda sa 0,1 dB manjim pojačanjem od mogućeg za ovakav sistem.

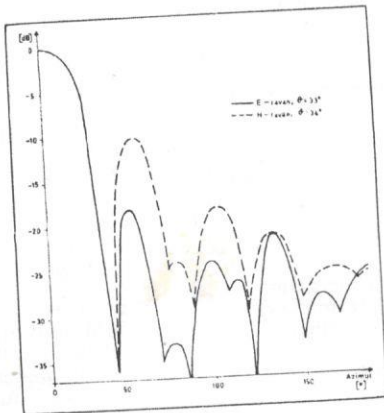
Problemi napajanja — Amateri, pa čak i proizvođači antena, obično ne brinu mnogo oko napajanja loop-Yagi antena, kako na KT, tako i na UKT. Postoji pogrešno uverenje da su loop-Yagi antene neproblematične u tom pogledu, tako da se napajanje obično vrši direktno, koaksijalnim kablom.

Potrebno je istaći barem dva problema do kojih dolazi ako se loop-antena napaja u jednoj tački koaksijalnim vodom: dolazi do dve vrste nesimetrije. Do jedne dolazi zbog toga što se **simetrična** antena napaja **nesimetričnim** vodom, a do druge zbog razlika u strujama između napajane polovine loop-a i one na suprotnoj strani, jer se ova poslednja napaja samo onom VF strujom koja još nije izražena napajanjem polovinom.

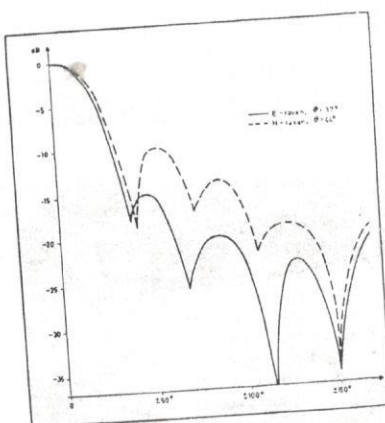
Posledice ove dve nesimetrije se odražavaju u otklonu glavnog snopa zračenja od ose antene za nekoliko (pa čak i do 10°) ste-



Sl. 2 — Tipičan (polu)dijagram zračenja loop-Yagi antene sa 5 elemenata



Sl. 3 — Tipičan (polu)dijagram zračenja loop-Yagi antene



Sl. 4 — (Polu)dijagram zračenja dipol-Yagi antene sa 10 elemenata (tri reflektora)

peni. Kod dužih loop-Yagi antena ovo odstupanje može biti manje nego kod kraćih, ali se obavezno pojavljuju razlike u potiskivanju bočnih snopova na levoj i desnoj (ili, donjoj i gornjoj) strani glavnog snopa.

Otklon glavnog snopa nastupa u obe ravni, E i H. Čak ni simetriranje u napojnoj tački ne otklanja one druge asimetrije: u H-ravni kada se upotrebljava horizontalna polarizacija i obrnuto.

Neka rešenja — Učinjeno je više pokušaja da se eliminišu anomalije u dijagramu zračenja loop-Yagi antena kada se one napajaju u jednoj tački i nesimetričnim vodom. Nekoliko rešenja je prikazano na sl. 5. Prikazana su samo rešenja sa »direktnim« napajanjem.

Na sl. 5a prikazan je način napajanja loop-a koji se najčešće koristi u praksi kod radio-amatera, pa i proizvođača. Njegovi su defekti upravo objašnjeni. Na sl. 5b je dvojno napajani loop, naravno, u fazi. Obe napojne tačke povezane su sa deonicama koaksijalnog voda dužine $0,5 \lambda$ i bilo koje impedanse. Moguća su merenja (impedanse, SWR-a itd.), kada su obe deonice spojene. U ovom slučaju simetriranje napajanja nije postignuto, ali takav radijator radi znatno bolje od onoga koji je napajan u jednoj tački. Zajednička impedansa takvog radijatora je niža za više od dva puta.

Situacija sa sl. 5c je slična onoj sa sl. 5b. Zajednička impedansa je ista kao kod slučaja sa sl. 5b, ali je postignuto izvesno simetriranje napajanja. Koaks koji povezuje obe napojne tačke može biti bilo koje impedanse, ali mora biti dug $0,5 \lambda$ i suprotno polariziran na suprotnoj strani od one koja se napaja. Spoj sa sl. 5c (i 5b) može dobro poslužiti za eksperimentisanje i merenja. Kada je takav radijator upotrebljen kod anteni čija impedansa napajanja ne odgovara impedansi napojnog voda onda, naravno, treba između radijatora i napojnog voda upotrebiti nekakav prilagođeni član. Na 2 m opsegu to može biti pi-filtar, dok na 70 cm, i naročito na 23 cm, to mora biti član koaksijalnog tipa (»stub tuner«, na primer).

Situacija na sl. 5d slična je onoj sa 5b, ali su deonice koaksijalnog voda dužine $0,25 \lambda$ (Q-sekcije) i one služe za transformaciju impedanse od zajedničke tačke napajanja do obe tačke napajanja na loop-u. Kada bi pomoću spoja sa sl. 5c (ili 5b) bila izmerena impedansa od 25 oma, zadovoljavajuće dve Q-sekcije po 70 (75) oma. Rešenje sa sl. 5d je sasvim zadovoljavajuće, iako simetriranje napajanja nije postignuto. Praktički uzeto: Q-sekcije od po 70 (75) oma mogu se upotrebiti kod antena sa 3 do 5 elemenata, a 50 oma kod antena sa više elemenata (7 do 10). Najkompletnije je rešenje sa sl. 5e. Potrebna transformacija i simetriranje je postignuto.

3.

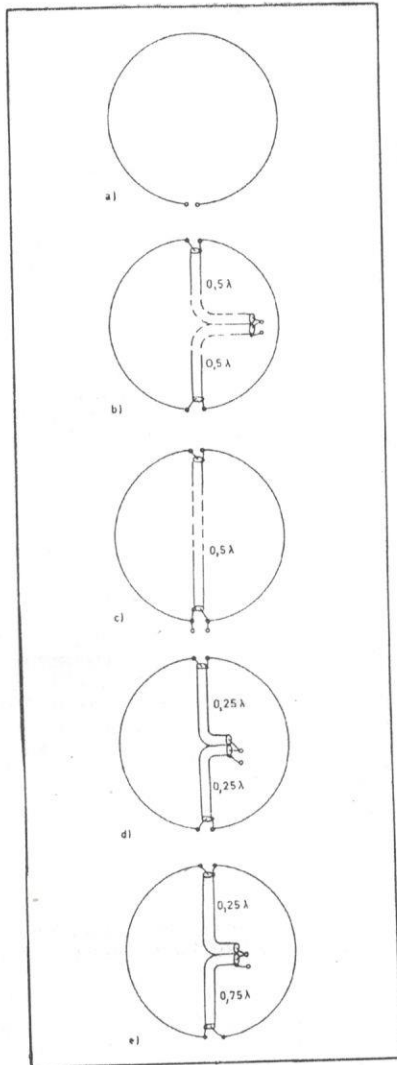
Napajanje prema sl. 5d (i 5e) veoma je efikasno. U svim sistemima gde je upotrebljen takav način napajanja loop-Yagi antena znatno se proširio frekvencijski opseg, simetrija glavnog snopa i potiskivanje bočnih snopova je neuporedivo bolja, a poboljšale su se i sve druge karakteristike antene. Loop-Yagi antena sa 10 elemenata, na primer, pokazuje SWR manji od 1:1,2 u opsegu od 430 do 438 MHz i samo nešto više od 1:1,2 na 440 MHz.

DVE ANTENE NA ISTOM BOOM-U

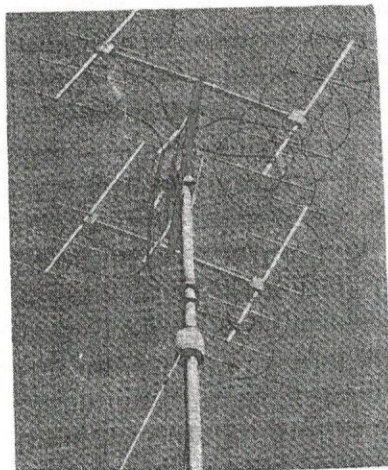
Problem napajanja pojavio se sa idejom o dve antene na jednom boom-u: jedna za 2 m i druga za 70 cm. Izgledalo je da treba najpre eliminisati anomalije (nesimetričnosti) u dijagramu zračenja. Potajna želja bila je i mogućnost rotacije boom-a, pa time i antene, kako bi se mogla po želji birati polarizacija od horizontalne do vertikalne. Oba su zahteva na kraju rešena potpuno zadovoljavajuće. Dijagrami zračenja (sl. 2 i 3) obe antene (5 elemenata za 2 m i 10 elemenata za 70 cm) ostali su praktički nepromenjeni, s tim da su neznatno promenjene dužine elemenata antene za 2 m opseg. Pokušaji da se takva kombinacija postigne sa dipol-Yagi antenama srednje velikog pojačanja propali su već kod horizontalne polarizacije. Gubici obe dipol-Yagi antene bili su preveliki da bi se to isplatilo.

Dipol-Yagi antena mora biti montirana na jarbolu (mast) od izolacionog materijala ako je on paralelan sa E-komponentom polja antene (vertikalna polarizacija), a napojni vod mora biti vertikalan u odnosu na E-komponentu ili mora izlaziti iz polja antene prilično daleko iza reflektorskog elementa. Kod montaže loop-Yagi antene takve mere nisu potrebne. Kada prečnik jarbola nije veći od oko $0,02 \lambda$ on može biti od metala. On neće bitno uticati na performanse antene, iako prolazi između elemenata. Ni prisutnost napojnog voda neće mnogo uticati, naročito ako izlazi iz antenskog polja u određenim lokacijama. Jedna od takvih lokacija je sredina razmaka između radiatora i prvog direktora. Ipak, do određene degradacije osobina antene dolazi kada je napojni vod i/ili metalni jarbol paralelan sa E-poljem antene. Delimično će se proširiti glavni snop, a time smanjiti pojačanje. Gubici su reda 0,1 do 0,2 dB. Isto tako će porasti SWR za 0,1 do 0,2.

Dve antene na jednom boom-u prikazane su na sl. 6 sa svim pojednostavljiva potrebim za reprodukciju. Način napajanja sistema



Sl. 5 — Nekoliko načina napajanja loop-radijatora (vid. tekst)



Grupa od 4×5 el za 2 m i 4×10 el za 70 cm, horizontalno polarizovana i s velikom elevacijom

za opseg 2 m izveden je prema sl. 5d, a za 70 cm prema sl. 5e. Grupa od četiri takve antene sa sl. 6 podignuta je pre četiri godine sa međusobnim odstojanjem (stacking distance) od 150 cm. Sve se mogu istovremeno okretati po azimutu, elevaciji i za polarizaciju od 0 (E) do $+90^\circ$ (H). Vrtljivi antenski konektori su za ovu namenu prepravljani iz BNC-a, a klizne površine su pozlaćene.

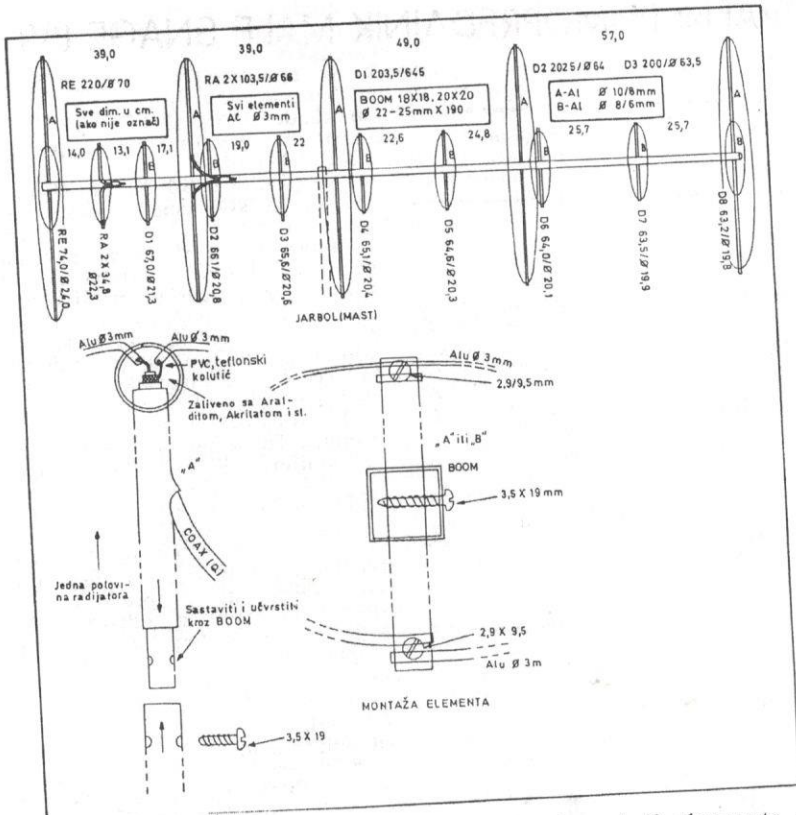
Ugao zračenja (θ ove grupe je 28° u obe ravne na 145 MHz i 13° na 432 MHz. Prvi bočni snopovi na 145 MHz su -21 dB u horizontali i -17 dB u vertikali. Svi su drugi snopovi na nivou ispod -20 dB, što naravno važi i za odnos napred/nazad, kako na 145, tako i na 435 MHz.

Potiskivanje prvih bočnih snopova na 435 MHz manje je povoljno. Oni su samo 7 i 8 dB ispod glavnog snopa, što donekle degradira kvalitet grupe na 435 MHz. Ovu degradaciju treba pripisati prevelikom rastojanju između antena (stacking distance). Ovim antenama bi odgovaralo odstojanje od 110 cm, što bi doprinelo potisnutosti prvih bočnih snopova na -17 dB i -12 dB (u H-ravni). Glavni snop se kod ovog odstojanja proširuje na $\theta = 16^\circ$. Kod odstojanja od 150 cm, antene za 435 MHz trebalo bi produžiti dodavanjem 3 ili 4 elemenata (direktora). No, uzrok za manje ugodan dijagram zračenja na 70 cm treba pripisati i tome što ove antene (10 elemenata) u osnovi nemaju najugodniji dijagram zračenja (vidi sl. 3).

Rezultati — Kada je jednom antena takvih mogućnosti (promena azimuta, elevacije i polarizacije) podignuta, onda vas samo veći sistem ovakvih mogućnosti može zadovoljiti. Iznenađuje već otkriće, da možete otvarati desetine FM repetitora za koje uopšte niste znali da postoje dok ste radili samo sa horizontalno polarizovanim antenama. Sistem odlično radi preko satelita. Veze preko Oscara 10, FUJI — OSCAR 12 i Oscara 13 ni u trenutku nisu problematične sa samo 10 W izlazne snage. Pretpojačavači uopšte nisu potrebni jer se može uvek čuti šum transpondera na satelitu (Oscar 13, na primer), koji je barem 1 dB, a obično 3 dB iznad šuma banda. Većina stanica koje rade preko satelita raspolažu sa 50 W i više, te antenskim pretpojačavačima.

Urađeno je više od 30 veza preko Meseca sa nekoliko različitih stanica, a sa predajnom snagom od 250 W. Uvek se može bez problema uraditi veza sa W5UN, čak i za vreme mesečevog apogeja. Njegov je signal redovno 2 do 6 dB iznad šuma (ponekad i više), mereno na NF iz-

4.



Sl. 6 — Loop-Yagi antena od 5 elemenata za 2 m i 10 elemenata za 70 cm na zajedničkom nosaču

lazu IC-290 bez pretpojačavača, uz širinu propusnog opsega od 2,4 kHz i 13 metara RG-213 koaksa. Dešava se, da je njegov signal nečitljiv sa horizontalnom i potpuno čitljiv sa vertikalnom polarizacijom antene. Čak i više. U dva slučaja (19. 10. 86. i 2. 7. 88) veza sa W5UN bila je moguća samo sa vertikalno polarizovanim antenama na ovoj strani.

Iako je antena sa sl. 6 izgrađena od najlakših mogućih Al profila i teška je manje od 1,5 kg, njene su mehaničke osobine izuzetne. Pruža izuzetno mali otpor na vetar. Zaleđena do debljine leda od oko 3 cm nije bila ni oštećena ni deformirana, iako na prvi pogled izgleda da elementi debljine 3 mm ne bi mogli podneti veća opterećenja.

Veoma je važno da se zaštite od oksidacije svi spojevi na elementima i konektori. Kod nekih dipol-Yagi antena dolazi do osetnih odstupanja performansi za vreme kiše (Wet-weather-effect). Kod opisane antene ne dolazi do nikakvih izmerivih promena zbog vlažnosti. Ali zaleđena antena sa nekoliko mm debelim ledenim pokrivačem bitno se menja. VSWR prelazi odnos od 5:1 i antena privremeno postaje neupotrebljiva za bilo kakav ozbiljan rad. Na sreću, u našim klimatskim uslovima nema mnogo takvih dana u godini.

ve distorzije na mestu reza. Na ovoj mašini, takođe, postoji mogućnost nalaženja mesta montažnog spoja pomoću velikog obrtnog »jog« dugmeta, što omogućava veoma precizno određivanje tačaka elektronskog reza.

Obe pomenute mašine (S610 E i S810 E) mogu se vezivati u montažni sistem pomoću montažne konzole RM-G810.

Sve tri pomenute mašine nose oznaku S-VHS 625 PAL. Iako su to S-VHS mašine, one su sposobne da reprodukuju i postojeći VHS materijal snimljen na konvencionalnim VHS mašinama (naravno sa kvalitetom konvencionalnih VHS mašina), a i da snimaju na konvencionalne VHS kasete na stari način.

Kao što je već više puta rečeno, S-VHS obezbeđuje snimke s rezolucijom od preko 400 linija. Da bi postigli ovako visoki kvalitet, ove mašine poseduju sisteme za obradu video-signala i to posebno za luminentni (Y) deo signala a posebno za hrominentni (C) deo signala. Zbog toga je u najvećoj meri smanjena interferencija između ovih komponenti signala. Osim toga, i S610 E i S810 E opremljeni su sa Y/C 443 separatnim ulazno/izlaznim priključcima i sa Y/C 627 izlazom koji je posebno predviđen za presnimavanje tokom montaže (dubbing). Preko ovog priključka se direktno prebacuje na drugu mašinu nadole konvertovani hrominentni signal smanjujući na taj način još više mogućnost nepotrebnog opadanja kvaliteta slike tokom montaže i presnimavanja. — (Ing. R. K.)

VIDEO NOVOSTI

PROFESIONALNI S-VHS RIKORDERI ZA EVROPU

Posle najavu specifikacija za evropsku verziju S-VHS-a, JVC je ubrzano nastavio da radi i na ispunjenju datih obećanja. Tako smo nedavno bili svedoci prikazivanja prvih modela za tržište široke potrošnje. Sada JVC najavljuje tri modela S-VHS Evro sistemskih rikordera sagrađenih prema profesionalnim standardima, kao i sav potreban pribor za ove mašine.

Prva mašina koju pominjemo iz ove porodice je prenosni S-VHS rikorder BR-S 410E koji je predviđen u konfiguraciji sa kamerom, a može da radi i samostalno. Osim toga, tu su i dve rotirajuće tonske glave koje su predviđene za snimanje Hi-Fi tonskog signala. Ovo omogućuje dobijanje tonskog snimka sa dinamikom od preko 80 dB, tako da audio-snimak postaje odgovarajući pratilac S-VHS slike.

Na S410 E postoje odgovarajući priključci koji omogućuju vezivanje JVC video-kamere. Za ovu svrhu nudi se kamera s tri CCD čipa KY-15, tako da se omogućuje formiranje kompaktne konfiguracije kamkordera.

Sledeći model je BR-S610 E koji je stacionarni rikorder koji omogućuje snimanje i reprodukciju i koji je predviđen da služi kao reproduktor u montažnom sistemu. U ovu mašinu su ugrađena novo razvijena elektronska kola za video-signal koja su neophodna za S-VHS

tehnologiju, tako da su osigurane najviše osnovne performanse. Sistem za snimanje se može uključiti i za snimanje konvencionalnih VHS kaset. On, takođe, poseduje rotirajuće audio-glave, tako da može da obezbedi Hi-Fi tonski snimak sa dinamikom od preko 87 dB. Međutim, ako vam nije potreban Hi-Fi sistem, možete ga i isključiti i tada se audio-signal snima na uobičajenom longitudinalnom tragu na ivici trake. I ovaj snimak je stereo, a postoji mogućnost korišćenja Dolby sistema za potiskivanje šuma.

Na prednjoj ploči mašine pada nam u oči veliko obrtno dugme koje omogućuje pretraživanje snimka i to promenljivom brzinom počev od zamrznute slike pa do 10 puta veće brzine od normalne.

Osim opisanih mogućnosti, ovaj model uključuje i mehanizam za precizno vraćanje trake na odabrano mesto montažnog spoja, što je veoma važno prilikom uključivanja u profesionalni montažni sistem. S610 E uključuje i mogućnost ručnog podešavanja nivoa audio i video-signala, kao i novo razvijeni sistem za automatsko čišćenje video-glava.

Rikorder BR-S 810 E je treći član ove porodice. To je stacionarna mašina s punim montažnim mogućnostima. Osim navedenih osobina S610, ona poseduje i jedan par letćih glava za brisanje, što zajedno s odgovarajućim elektronskim kolutima omogućuje dobijanje veoma čistih profesionalnih montažnih spojeva bez ikak-