

# MODIFIKOVANA KRATKO TALASNA KJUBIKAL KVAD ANTENA

Dipl.ing. Živko Bandobranski YT7CO

Kada je inženjer Klarens Mur ( Clarence Moore W9LZX ) tokom leta 1942 u Kvitu, glavnom gradu Ekvadora, napravio prvu usmerenu antenu za zatvorenim jednotalasnim petljama imao je na umu samo da reši problem korona efekta koji se javljao na krajevima četvoroelementne yagi antene kratkotalasne misionarske radio stanice HCJB (*lit 4*). Velika nadmorska visina, tropski uslovi sa povećanom relativnom vlagom vazduha, česta pojava atmosferskih statičkih pražnjenja uslovlila su jonizaciju vazduha te pojavu korone na krajevima postojeće yagi antene koje je topila aluminijske cevi od koga je bila napravljena antena. Izradom antene sa zatvorenim jednotalasnim petljama ovaj problem je rešen i nastala je preteča kjubikal kvad antene. Vrlo brzo ova antena se proširila među radio amaterima i bila vrlo popularna naročito do prve polovine sedamdesetih godina prošlog veka. Na to su uticale pre svega njene dobre karakteristike: manja osetljivost na uticaj tla, plići ugao zračenja, manja osetljivost na atmosferske smetnje kao i generalno bolji prijem signala kod koga je došlo do promena polarizacije sve ovo u odnosu na yagi ( bim ) antene u isto vreme kvad antena je imala veće pojačanje u odnosu na yagi antene sa istim brojem elemenata. Ne trebamo zaboravimo i mogućnost da se na jednom bumu postave antene za 14, 21 i 28MHz. Sve je to uslovlilo da se kjubikal kvad proglaši za kraljicu DX antena.

Od nastanka kvad antene nju prate kontraverze. Jedna od njih je pojačanje kvad antene. Prema starijoj publikaciji ( pre pojave računarskog modeliranja antena ) max pojačanja 2 elementne kvad antene je 7.2dBd (*lit 4*) pri tome antena ima impedacu od oko 75  $\Omega$ , dok prema novijoj publikaciji max pojačanje 2 elementne kvad antene je 5,5dBd (*lit 2*) i antena pri tom pojačanju ima impedacu od 102  $\Omega$ . Prema matematičkom modeliranju 2 elementnih kvad antena (*lit 4*) imedace 50 $\Omega$ , antena za 14MHz ima dužinu buma od 2,546m ( Ref=22,01m, P.El=21,382m ) i pojačanje od 5,8dBd pri 14,175MHz ima SWR 1:1,1 no širina opsega tako projektovane antene je 100KHz pri SWR $\leq$ 1:1,5. Praktično ne upotrebljiva za radio amatere jer je opseg tako projektovane antene 0,857% od radne frekvencije dok je nama potreban opseg od barem 2,5% od radne frekvencije. Slično predhodnim simulacijama 3 elementna kvad antena (*lit 2*) dimezija Ref-P.El=3,364m, P.El-Dir=3,977m, Ref=22,163m, P.El=21,773m i Dir=21,043m ima pojačanje G=7,44dBd na 14.15MHz ali i širinu frekventnog opsega od 100KHz uz uslov SWR $\leq$ 1:1,5. Prema mnogim simulacijama kvad antena L.B. Cebrik je ustanovio da postoji zavisnost pojačanja kvad antene i radne širine frekventnog opsega. Što je pojačanje kvad antene veće manja je širina frekventnog opsega. Da bi se povecao frekventni opseg rađene su simulacije rada kvad antene sa elementima čiji je prečnik 1''=2,54cm i tek tada su se dobile širine opsega koje su samo delimično zadovoljavale uslov SWR $\leq$ 1:1,6 uz uslov pojačanja od 5,9dBd ( K1STI ). Glavni problem dobijanja potrebne širine frekventnog opsega uz solidno pojačanje kod kvad antena je mala vitkos kvad antena. Vitkost antene je odnos  $\lambda$  talasne dužine i  $\phi$  prečnika bakarne žice od koje se izrađuje antena  $\lambda/\phi$  (*lit 1*). Generalno što je vitkost antene manja antena ima veću širokopojasnost. Kod KT kvad antene vitkost antena je  $\lambda/\phi=20/0,002=10000$  dok na VHF opsezima vitkost kvad antena je  $\lambda/\phi=2/0,008=250$ . Vidimo da je vitkost antena na VHF opsezima za 40 puta manja nego na KT opsezima te je i to razlog za veće korišćenje Oblong i Loop antena od strane radio amatara. Kao još jedan primer uskopojasnosti pogledajmo 3 elementne kvad antene za 28MHz poznatog konstruktora G0KSC (*lit 8*). Mehaničke karakteristike su:

	reflektor	pobudni el.	direktor
dužina pune petlje	11,128m	11,752m	10,328m
rastojanje	0	1,8m	4m

Električne karakteristike ovako projektovane antne su prema simulacijama konstruktora GOKSC date tek od frekvencije 28.3MHz a ne od 28.0MHz. Razlog ovome je u lošim karakteristikama ovako projektovane antene na frekvencijama ispod 28.3MHz. Električne karakteristike ove antene u punom frekventnom opsegu su date u tabeli dole i neznatno se razlikuju od rezultata koje je dobio GOKSC.

F(MHz)	<b>28,0</b>	<b>28,1</b>	<b>28,2</b>	<b>28,3</b>	<b>28,4</b>	<b>28,5</b>	<b>28,6</b>	<b>28,7</b>
G(dBd)	<b>6,7</b>	<b>6,9</b>	<b>7,0</b>	<b>7,0</b>	<b>7,0</b>	<b>7,1</b>	<b>7,0</b>	<b>7,0</b>
SWR 1:	<b>3,8</b>	<b>3,0</b>	<b>2,3</b>	<b>1,8</b>	<b>1,4</b>	<b>1,2</b>	<b>1,1</b>	<b>1,2</b>
F/B(dB)	<b>10,6</b>	<b>12,7</b>	<b>15,3</b>	<b>18,8</b>	<b>20,8</b>	<b>20,0</b>	<b>18,8</b>	<b>17,6</b>

Problemom uskopojasnosti kvad antena bavili su se mnogi radio amateri među kojima najviše L.B. Cebik W4RNL (*lit 3*) koji je pokušavao da poveća radni opseg kvad antene postavljajući umesto jedne bakarne žice više njih, postavljenih paralelno jedna drugoj na bliskom odstojanju, a koje su u temenima romba antene bile kratko spojene. Osnovna ideja je bila da se na neki način smanji vitkost antene i poveća širokopojasnost. Rezultati koji su postignuti ovakvim eksperimentom dali su nešto bolje rezultate no ne i one koji su se očekivali.

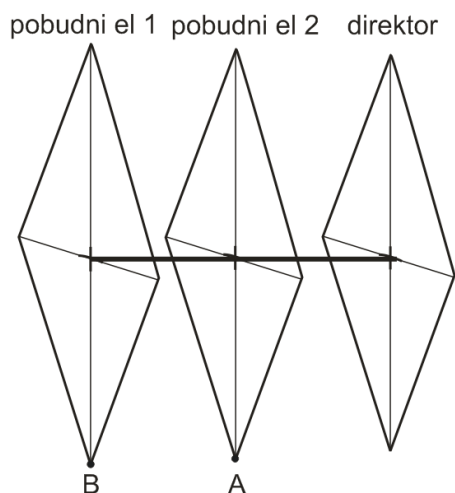
Problem uskopojasnosti kvad antena moguće je eliminisati koristeći **dvostruko napajanje** zadnja dva elementa pri čemu su signali fazno pomereni za 90°. Kao primer ovakve antene sa dvostrukim napajanjem predstavljena je troelementna kvad antena za 14MHz sa bumom dužine 6,35m. Ova antena ima pojačanje od oko 6dBd i ima prilagođenje koje u čitavom opsegu ne premašuje  $SWR \leq 1,5$ . Zadnja dva pobudna elementa ne možemo nazvati reflektor i dipol vec bi se pre mogli nazvati pobudni element 1 i pobudni element 2. Zadnji element, pobudni element 1, se napaja signalom koji je fazno pomeren za 90° u odnosu na signal kojim se napaja pobudni element 1. Elementi ovako modifikovane kvad antene su izrađeni od Cu ili Al pletene žice prečnika  $\varnothing$  3mm.

### 3el kvad za 14MHz

	pobudni el. 1	pobudni el.	1.direktor
dužina petlje	22.91m	21.818m	20.308m
rastojanje	0	2.6m	6.35m

Električne karakteristike kvad antene:

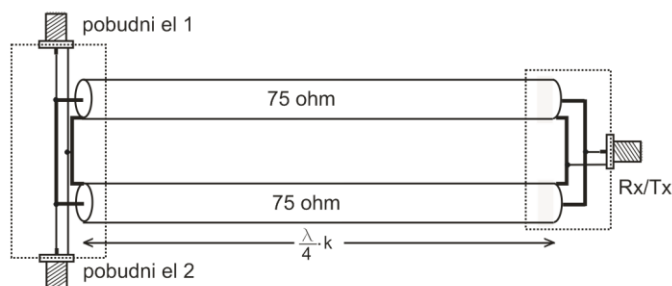
F(MHz)	<b>14.00</b>	<b>14.05</b>	<b>14.1</b>	<b>14.15</b>	<b>14.2</b>	<b>14.25</b>	<b>14.3</b>	<b>14.35</b>
G(dBd)	<b>6.4</b>	<b>6.3</b>	<b>6.3</b>	<b>6.2</b>	<b>6.0</b>	<b>5,9</b>	<b>5,7</b>	<b>5.5</b>
SWR 1:	<b>1.4</b>	<b>1.3</b>	<b>1.2</b>	<b>1.2</b>	<b>1.2</b>	<b>1.2</b>	<b>1.3</b>	<b>1.4</b>
F/B(dB)	<b>16,0</b>	<b>19,7</b>	<b>22,3</b>	<b>20,0</b>	<b>16,3</b>	<b>13,5</b>	<b>11,3</b>	<b>9,5</b>



Za napajanje ove antene moramo imati prilagođavač impedace, spliter 2:1 za frekvenciju od 14MHz. Jedan izlaz iz prilagođavača priključujemo preko kabla proizvoljne dužine  $L$  na tačku A, a dugi izlaz sa iste strane prilagođavača priključujemo preko kabla dužine  $L+\lambda/4 \cdot k$  na tačku B. Na ovaj način signal u tački B će biti fazno pomeren za  $+90^\circ$  u odnosu na signal u tački A. Ovakvo malo specifično napajanje obezbeđuje punu širinu radnog opsega pri čemu na visini od 15m antena ima elevacioni ugao zračenja od  $18.3^\circ$ .

U ovom slučaju pogodni vod, spliter 2:1 najjednostavnije je napraviti od dva koaksialna kabla impedance od  $75\Omega$  spojena paralelno čija će dužina biti  $\lambda/4 \cdot k$  korigovana za faktor skraćivanja  $k$ . Na identičan način se skraćuje produženje kabla od  $L + \lambda/4 \cdot k_1$  kojom se napaja tačka B, a koji za kablove

RG58 i RG213 iznosi  $k_1=0,66$ . U cilju provere stresnosti ovako projektovane antene pomeran je položaj elemenata na buma za  $\pm 10\text{cm}$  ili  $\pm 0,5\%$  talasne dužine i antena nije pokazala odstupanje od početnih vrednosti.



Na slici levo dat je primer prilagodnog voda, splitera 2:1 sa koaksialnim kablovima od  $75\Omega$  spojena paralelno,  $k$  predstavlja faktor skraćivanja koji je specifičan za svaki tip kabla.

Pošto se u YU aluminijumske cevi prodaju sa dužinom cevi od 6m simulirana je i varijanta ove antene dužine buma 6m.

### 3el kvad za 14MHz varijana b

	pobudni el. 1	pobudni el. 2	1.direktor
dužina petlje	22.91m	21.818m	20.308m
rastojanje	0	2.5m	6.0m

Električne karakteristike kvad antene dužine buma 6m se neznatno razlikuju ( na drugu decimalu ) u odnosu na kvad antenu dužine buma 6.35m.

U daljem tekstu date su dimenzije ovoga tipa kvad antene za neke od radio amaterskih opsega. Električne karakteristike ovako projektovanih antena su skoro identične sa električnim karakteristikama 3-elementne kvad antene za 14MHz koje su date u gornjem delu teksta stim da je pojačanje neznatno veće kao i da je SWR neznatno niži, a sve je to posledica smanjenja vitkosti antene na tim frekvencijama.

### 3el kvad za 21MHz

	pobudni el.1	pobudni el.2	1.direktor	f(MHz)	21,0	21,15	21,35
dužina petlje	15,33m	14,60m	13,587m	G(dBd)	6,5	6,3	6,0
rastojanje	0	1,74m	4,25m	SWR 1:	1,3	1,1	1,2

### 3el kvad za 28MHz

	pobudni el.1	pobudni el.2	1.direktor	f(MHz)	28,0	28,3	28,6
dužina petlje	11,455m	10,906m	10,154m	G(dBd)	6,5	6,5	6,1
rastojanje	0	1,3m	3,175m	SWR 1:	1,3	1,1	1,3

### 3el kvad za 7MHz

	pobudni el.1	pobudni el.2	1.direktor	f(MHz)	7,0	7,1	7,2
dužina	45,537	43,614m	40,587m	G(dBd)	6,1	5,6	4,9
rastojanje	0	5m	12m	SWR 1:	1,4	1,3	1,7

Kod antene za 7MHz možemo videti da vitkost antene počinje da preovlada nad konstruktivnim rešenjima tako da se karakteristike antene počinju pomalo kvariti.

Dužina buma kod antena za 28MHz je samo 3.175m tako da je odlučeno da se projektuje i kvad antena ovoga tipa sa 4 elementa za 28MHz.

### 4el kvad za 28MHz

	pobudni el.1	pobudni el.2	1.direktor	2.direktor
dužina petlje	11,455m	10,906m	10,154m	9,333m
rastojanje	0	1,3m	3,175m	4,475m

Električne karakteristike kvad antene:

F(MHz)	<b>28.00</b>	<b>28.1</b>	<b>28.2</b>	<b>28.3</b>	<b>28.4</b>	<b>28.5</b>	<b>28.6</b>
G(dBd)	<b>7.0</b>	<b>7.0</b>	<b>6.9</b>	<b>6.9</b>	<b>6.7</b>	<b>6.6</b>	<b>6,4</b>
SWR 1:	<b>1.3</b>	<b>1.2</b>	<b>1.1</b>	<b>1.0</b>	<b>1.1</b>	<b>1.2</b>	<b>1.3</b>
F/B(dB)	<b>16.5</b>	<b>18.5</b>	<b>18.2</b>	<b>16.1</b>	<b>13.8</b>	<b>11.9</b>	<b>10.2</b>

Ako se ovakva kvad antena postavi na 15m visine ima elevcionu ugao pod kojim zrači od 9,7°.

Pojačanje ovih 3 elementnih kvad antena, ako uzmemo u obzir njihovu širokopojasnost, se uklapa u teoretske vrednosti pojačanja koje trebaju da imaju kvad antene. Istina ona je nešto manja ( za oko 0,5dB-0,9dB ) u odnosu na kvad antene projektovane tz kvad kalkulatorima no zato imamo širokopojasnost koja se može meriti sa mono band yagi antenama. Ako za poređenje uzmemo 4 elementnu yagi antenu za 14MHz konstruktora GOKSC (*lit 8*) dužine buma 9.828m ona ima samo 0.8dB vece pojačanje u odnosu na 3 elementnu kvad antenu dužine buma 6,35m prikazanu u gornjem delu teksta. Pri čemu je 4 elementna yagi antena GOKSC ima za vise 50% duži bum. Isto tako ako poredimo 3 elementnu yagi antenu za 14MHz konstruktora YU7EF (*lit 9*) onda njegova yagi antena dužine buma od 7.3m ima pojačanje od 5.9dBd i prilagođenje koje u čitavom radnom opsegu ne premašuje SWR≤1:1,2. Vidimo da su po električnim karakteristikama to veoma slične antene.

Zbog specifičnog napajanja kao i rasporeda struja u elementima ovih antena, nije moguće realizovati postavljanje više kvad antena ovoga tipa različitih frekvencija na jedinstveni bum jer međusobni bliski uticaj elemenata drastično pogoršava njihove karakteristike.

Teoretski kvad antene su projektovane za impedacu od 50Ω i trebali bi da se napajaju preko kola za simetriranje (  $\lambda/4$  Pozlijevog elementa za simetriranje ) no radio amaterska praksa je pokazale da se kvad antene mogu napajati direktno pomoću koaksialnog kabla impedance od 50Ω (*lit 1*).

Jedna velika prednost kvad antena nad yagi antenama je njihovo korišćenje i kao prijemne antene. Uobičajna praksa big gun operatora koji koriste yagi antene na KT opsezima je korišćenje posebne beveridž antene na prijemu. Kako beveridž antena zahteva horizontalnu dužinu od min talasne dužine radne frekvencije u smeru prijemnog signala to u praksi znači da morate imati kružni prostor prečnika od

min  $2 \cdot \lambda$  ili još bolje  $3 \cdot \lambda$  za postavljanje beveridž antena koje će moći da primaju signal u krugu od  $360^\circ$ . Ovo je u gradskim uslovima skoro nemoguće realizovati. Tako da su u gradskim uslovima radio amateri prinuđeni da yagi antene koriste i kao predajnu i kao prijemnu antenu. To je uslovilo, da zadnjih par godina, na KT počinje da raste popularnost tzv daljinskog rada sa izdvojene lokacije jer radio amaterska aktivnost iz gradova zbog sve većeg elektronskog zagađenja-QRN, postaje nemoguća sa yagi antenama. Jedno od mogućih rešenja ovoga problema je i rad sa antenama sa zatvorenim petljama. Na ličnom primeru iz VHF ista yagi antena sa otvorenim i zatvorenim dipolom na prijemu se ne može ni porediti ( u korist zatvorenog dipola ), a kako to na prijemu izgleda kada imate sve elemente antene u obliku zatvorenih jednotalasnih petlji ne treba ni komentarisati. Antene sa zatvorenim petljama su mnogo otpornije na QRN ( postoje primeri iz VHF da radio amateri koji su koristili loop antene, u pojedinim takmičenjima, nisu ni primetili na prijemu da pristiže grmljavinska oluja ), signali kod koga je došlo do promene polarizacije usled odbijanja elektromagnetnih talasa od jonosfere ili tla takođe se bolje primaju na antenama sa zatvorenim petljama (*lit 1*). Kod kvad antena može se raditi i promena polarizacije od horizontalnu u vertikalnu menjanjem tačke napajanja od donjeg temena romba do bočnog temena romba antene. Prijem signala kod koga je došlo do promene polarizacije od horizontalne u vertikalnu sa antenama horizontalne polarizacije manifestovaće se slabljenjem signala od 20dB. Kvad antena u odnosu na yagi antenu ima nešto plići ugao zračenja tj ima niži elevacioni ugao.

Što se tiče same izrade kvad antene kao bum se koristi Al cev dok se kao nosači Cu ili AL pletene žice koriste neki izolacioni materijali postavljeni u kratke ukrštene cevi učvršćene na bum . Nekada su se kao nosači elemenata koristili bambus štapovi no sada bi trebalo razmisliti o korišćenju fiberglas pecariških štapova ( nikako karbon-grafitnih jer su elektro provodni ) ili krutih plastičnih cevi koje se koriste u instalacijama za centralno grejanje. U svakom slučaju ako želimo da nam kvad antena bude dugovečna moramo mehanički obezbediti njenu dovoljno dobru čvrstinu, a ne da nam se pri prvoj jačoj oluji držači elementa iskrive ili slome.

Sve gore navedeno predstavlja značajne prednosti korišćenja kvad antena u odnosu na yagi antene, pogotovo na prijemu. Nešto složenije napajanje ne bi trebalo obeshrabriti radio amatere u izradi i korišćenju ovih antena na KT opsezima.

u Bajši 2023.

#### LITERATURA:

1. Karl Rothamel DM2ABK Antene 1981.
2. L.B. Cebrik W4RNL Cubical Quad Notes volume 1 antenneX Online magazine 2000
3. L.B. Cebrik W4RNL Cubical Quad Notes volume 2 antenneX Online magazine 2000
4. William Orr W6SAI, Stuart Cowan W2LX All abouth Cubical Quad 1970.
5. Gannon William WA2000 So Way do I Prefer Cubical Quads?
6. Rauch Tom W8JI Cubical Quad element and antenna
7. The ARRL Handbook 1991
8. G0KSC antene
9. YU7EF antene