

# Poređenje karakteristika antena sa cirkularnom polarizacijom formiranih od dva ukrštena dipola napajanih sa faznim pomeračem od $90^\circ$ i antena čije su impedanse dipola konjugovano-kompleksne

Ivana Radnović, Aleksandar Nešić

*Sadržaj* — U radu su analizirane bitne karakteristike antena sa cirkularnom polarizacijom izvedene sa dva ukrštena dipola napajana u kvadraturi (sa faznim pomerajem od  $90^\circ$ ), sa konvencionalnom i novim konceptom. Konvencionalni koncept podrazumeva napajanje ukrštenih dipola sa faznim pomerajem od  $90^\circ$  izvedenim sa  $\lambda/4$  vodom, a nov koncept paralelno napajanje dipola čije su impedanse konjugovano-kompleksne:  $Z_1=(R+jX)$  i  $Z_2=(R-jX)$ , gde je  $X=R$ . Analizirane su promene VSWR-a i axial ratio (AR) u zavisnosti od odstupanja od centralne frekvencije, kod antena sa konvencionalnim i sa novim konceptom napajanja ukrštenih dipola, kao i pogodnost i ekonomičnost u proizvodnji.

*Gljučne reči* — Antene, cirkularna polarizacija, dipoli.

## I. UVOD

UKRŠTENI dipoli koji se napajaju u kvadraturi, odnosno sa faznim pomerajem od  $90^\circ$ , se koriste kao antene sa cirkularnom polarizacijom, ili kao antene sa horizontalnom polarizacijom i kružnim dijagramom zračenja (tzv. *turnstile* antene). Kvadraturno napajanje dipola se može realizovati na dva načina: (1) konvencionalnom metodom [1] ili (2) korišćenjem ukrštenih dipola čije su impedanse konjugovano-kompleksne [2]-[5]. Kod konvencionalne metode: (1) prvi i drugi ukršteni dipol se napajaju preko dva voda (istim intenzitetima) čije se električne dužine razlikuju za  $\lambda/4$ ; (2) koriste se ukršteni dipoli čije su impedanse konjugovano-kompleksne. U tom slučaju ukršteni dipoli imaju impedanse: (D1):  $(R+jX)\Omega$  i (D2):  $(R-jX)\Omega$ , gde je  $R=X$ . Najčešće je  $R=50\Omega$  ili  $75\Omega$ . Paralelnim vezivanjem ova dva dipola dobijamo impedansu  $Z=R$ . Na ovaj način je takođe dobijeno kvadraturno napajanje dipola istim intenzitetima.

Kvadraturno napajani ukršteni dipoli se koriste (1): kao antene sa cirkularnom polarizacijom (u pravcu normalnom na ravan u kojoj se nalaze dipoli), (2): kao antene sa horizontalnom polarizacijom i kružnim dijagramom zračenja u horizontalnoj ravni, sa izvesnim relativno malim odstupanjima (koja su posledica konačne dužine ukrštenih dipola).

Na frekvencijama koje se razlikuju od centralne, kod oba koncepta antena, dolazi do poremećaja kvadraturnog napajanja, zbog faznih grešaka. Kod novog koncepta, pored faznih, imamo i amplitudske greske, zbog promena impedansi dipola, odnosno različitih intenziteta napajanja jednog i drugog dipola. Posledica navedenih devijacija kod oba koncepta je pogoršanje bitnih parametara antene: neprilagođenje, odnosno povećanje VSWR-a, kao i deformacija kružnog oblika cirkulacije vektora  $\mathbf{E}$  u elipsu, odnosno povećanje axial ratio-a (AR) kod antena sa cirkularnom polarizacijom. Slično se dešava i kada se ukršteni dipoli koriste kao antene sa horizontalnom polarizacijom i kružnim dijagramom zračenja – dolazi do povećanja VSWR-a i deformacije kružnog dijagrama zračenja. Pošto se ove antene najčešće koriste kod radiodifuznih i TV predajnika kod kojih su snage relativno visoke, veoma je važno da gubici budu što manji, odnosno VSWR što niži.

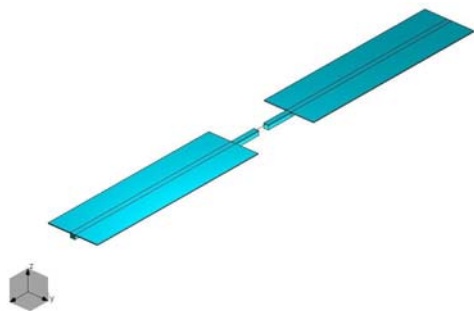
U radu je prikazan VSWR i ekscentricitet (AR) u zavisnosti od frekvencije za konvencionalni metod napajanja ukrštenih dipola (korišćenjem faznog pomerača), kao i za nov metod – sa ukrštenim dipolima čije su impedanse konjugovano-kompleksne. Analiza je obavljena na realnim, realizovanim modelima [6].

## II. ANALIZA EKSCENTRICITETA KOD ANTENA GDE SE KORISTE FAZNI POMERAČI

Formirana je antena sa dva identična ukrštena dipola koji čine provodne trake sa uvodnicima. Optimizovane su širine i dužine dipola, kao i širine i dužine napojnih traka, tako da se dobiju pojedinačne impedanse dipola od  $(50+j0)\Omega$ , na frekvenciji od 100 MHz (S1.1).

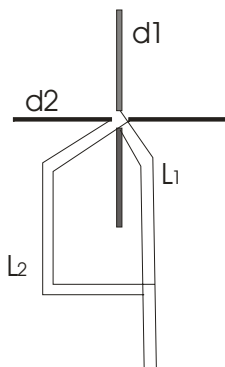
I. Radnović, Institut IMTEL komunikacije a.d, Beograd, Bulevar Mihaila Pupina 165b, 11070 Beograd, Srbija, e-mail: [ivana@insimtel.com](mailto:ivana@insimtel.com)

A. Nešić, Institut IMTEL komunikacije a.d, Beograd, Bulevar Mihaila Pupina 165b, 11070 Beograd, Srbija, e-mail: [aca@insimtel.com](mailto:aca@insimtel.com)



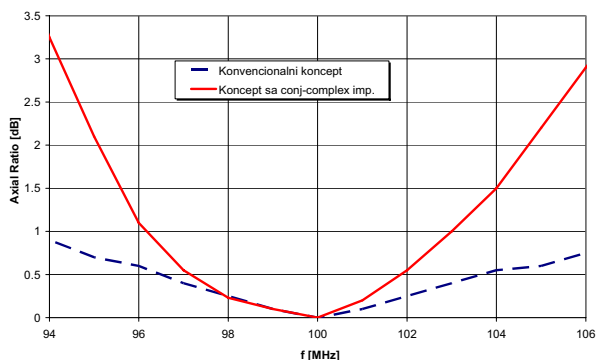
Sl. 1. WIPL-D model dipola impedanse  $(50+j0) \Omega$

Simulirana je promena frekvencije od +/-10%, u koracima od 1MHz. Da bi se dobilo napajanje u kvadraturi, dužina napojnog voda prvog dipola je  $L_1=L$ , a dužina odgovarajućeg napojnog voda drugog dipola je  $L_2=L+\lambda/4$ , na centralnoj frekvenciji (Sl.2). Zatim su analitički dobijene fazne razlike i intenziteti pobude, odnosno napajanja ukrštenih dipola sa vodovima karakteristične impedanse  $Z_c=50\Omega$ . Pri tome su zanemareni gubici u vodovima, pošto su u praksi u ovim slučajevima mali, a i nemaju značajniji uticaj na krajnji rezultat.

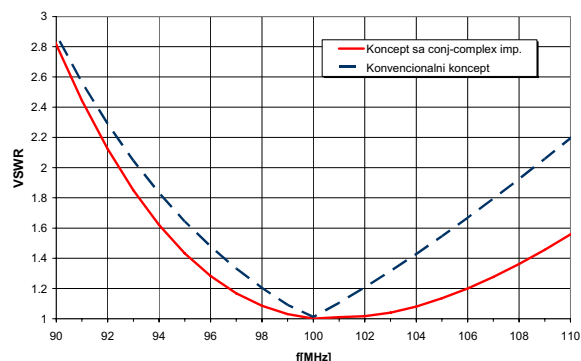


Sl. 2. Napajanje u kvadraturi dipola preko vodova dužine:  $L_1=L$  i  $L_2=L+\lambda/4$ .

Dobijeni rezultati, odnosno VSWR i ekscentricitet (AR), u zavisnosti od frekvencije su prikazani na Sl.3 i Sl.4, respektivno. Ekscentricitet u zavisnosti od faznih i amplitudskih grešaka je dobijen korišćenjem ref. [7].



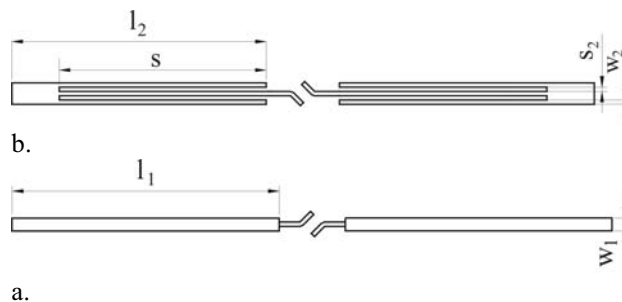
Sl. 3. Ekscentricitet (AR) za konvencionalni i koncept sa konjugovano-kompleksnim impedansama.



Sl. 4. VSWR za konvencionalni i koncept sa konjugovano-kompleksnim impedansama.

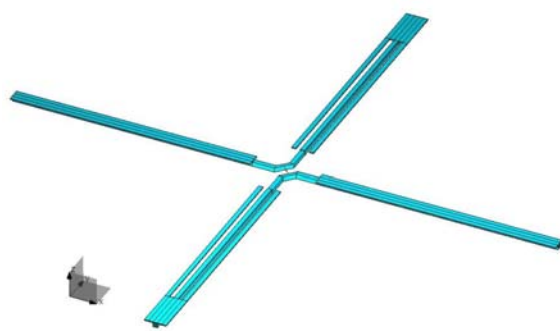
### III. ANALIZA EKSCENTRICITETA I VSWR-A KOD ANTENE SA UKRŠTENIM DIPOLIMA SA KONJUGOVANO-KOMPLEKSNIM IMPEDANSAMA DIPOLA

Formirana je antena sa ukrštenim dipolima čije su impedanse konjugovano-kompleksne: (1)  $(50+j50) \Omega$  i (2)  $(50-j50) \Omega$  [2]-[5], (Sl.5a i 5b).



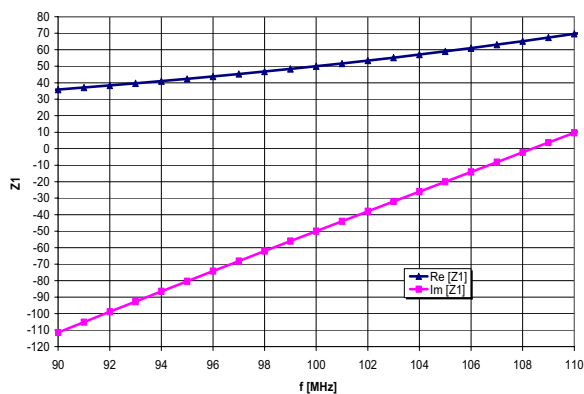
Sl. 5. Izgled dipola: a)  $(50+j50) \Omega$  b)  $(50-j50) \Omega$ .

Dimenzije dipola su optimizovane na centralnoj frekvenciji tako da se dobiju gore navedene vrednosti. U tom slučaju će impedansa paralelne veze prikazanih dipola, Sl.6 na centralnoj frekvenciji, biti  $50\Omega$ .

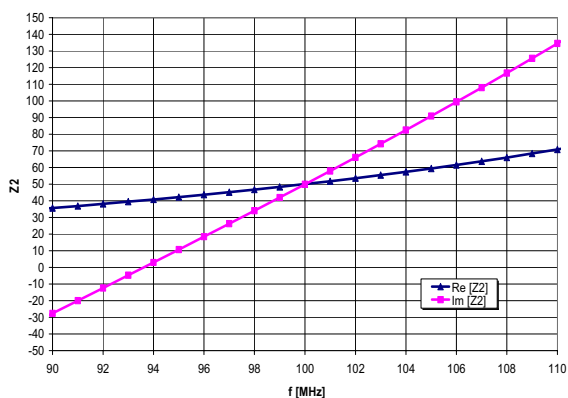


Sl. 6. WIPL-D model paralelno vezanih dipola sa konjugovano-kompleksnim impedansama.

Simulacijom su dobijene impedanse dipola (1) i dipola (2), koji su prikazani na Sl.7a i Sl.7b, na frekvencijama u opsegu od +/-10% u odnosu na centralnu frekvenciju.

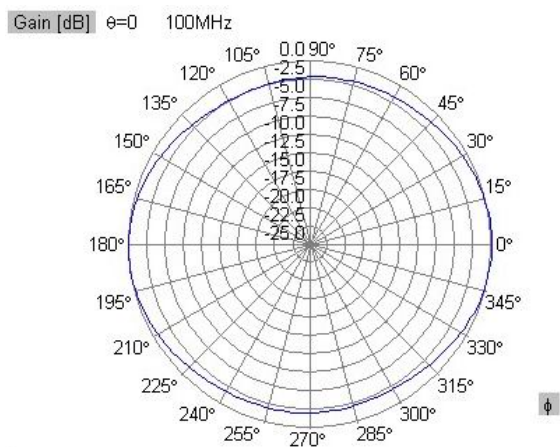


Sl. 7a. Promena impedanse sa frekvencijom za dipol impedanse  $(50-j50) \Omega$  na centralnoj frekvenciji.

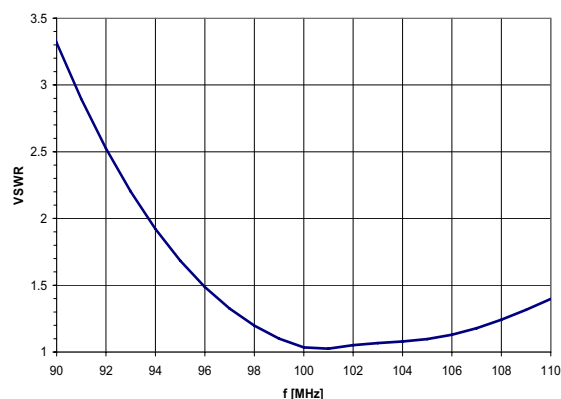


Sl. 7b. Promena impedanse sa frekvencijom za dipol impedanse  $(50+j50) \Omega$  na centralnoj frekvenciji.

Dobijeni konačni rezultati, odnosno dijagram zračenja u horizontalnoj ravni (iz koga se može proceniti ekscentricitet) i VSWR su prikazani na Sl.8 i Sl.9.



Sl. 8. Dijagram zračenja u horizontalnoj ravni antene formirane od ukrštenih dipola sa konjugovano-kompleksnim impedansama i balun-om.



Sl. 9. Simulirani VSWR antene formirane od ukrštenih dipola sa konjugovano-kompleksnim impedansama i balun-om.

#### IV. REALIZACIJA I KOMENTAR

Kod konvencionalnog koncepta se najčešće koriste dva odvojena ukrštena dipola koji imaju posebne bal-une i posebne držače koji su povezani sa zajedničkim nosačem. Tipičan preimer je Kathrein antena, prikazana na Sl.10. Antene se napajaju koaksijalnim kablovima čije se dužine razlikuju za  $\lambda/4$  da bi se dobio fazni pomeraj od  $90^\circ$ .



Sl. 10. Izgled komercijalne Kathrein *turnstile* antene.

U slučaju koncepta sa konjugovano-kompleksnim impedansama ukrštenih dipola koji su napravljeni od ojačanih aluminijumskih traka imamo zajednički držač i nosač. Na nosaču se nalazi balun sa koncentrisanim L-C komponentama, Sl.11. Cela konstrukcija je značajno jednostavnija i višestruko jeftinija (Sl.12).



Sl. 11. Fotografija realizovanog balun-a sa koncentrisanim parametrima novog tipa antene sa ukrštenim dipolima.



Sl. 12. Fotografija realizovane antene novog tipa.

Najčešća primena ovih tipova antena je za difuzne radio i TV predajnike, kod koji su snage relativno visoke (kW ili desetina kW), tako da su gubici vrlo važan parametar.

Zbog toga bi VSWR trebalo da bude max. 1.1 (npr. reflektovana snaga predajnika od 1 kW, je oko 48W).

Realizacija antena sa ukrštenim dipolima i napajanjem u kvadraturi, da bi se dobila cirkularna polarizacija, posebno na višim frekvencijama u mikrotalasnom i milimetarskom opsegu, je znatno praktičnija i jeftinija ako se koristi koncept sa dipolima čije su impedanse konjugovano-kompleksne [1]-[5].

#### V. ZAKLJUČAK

Poređene su karakteristike konvencionalnih antena sa ukrštenim dipolima, koji su napajani u kvadraturi sa faznim pomerajem od  $90^\circ$ , sa novim konceptom kod koga se fazni pomeraj dobija paralelnim napajanjem dipola čije su impedanse konjugovano-kompleksne. Konstatovano je da antene sa novim konceptom imaju širi propusni opseg od konvencionalnih antena, kao i da konvencionalne antene imaju znatno širi propusni opseg kada je u pitanju ekscentricitet, odnosno axial ratio (AR). Antene sa novim konceptom su znatno jednostavnije za proizvodnju i jeftinije, posebno na višim mikrotalasnim opsezima.

*Predlog za nastavak istraživanja:* S obzirom da je degradacija AR sa odstupanjem od centralne frekvencije znatno brža u slučaju primene novog koncepta (2), postoje šanse da se promenom oblika i širina traka dipola sa impedansama  $(50+j50)\Omega$  i  $(50-j50)\Omega$  smanji brzina promena impedansi sa promenom frekvencije.

#### ZAHVALNICA

Rad na ovom projektu je sufinansiran sredstvima Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

Autori se zahvaljuju Mr Nenadu Popoviću za vrlo korisne sugestije i pomoć u toku izrade rada.

#### LITERATURA

- [1] J. D. Kraus, "ANTENNAS," McGraw-Hill Book Company, 1988.
- [2] A. Nešić, I. Radnović, M. Mikavica, "New Printed Antenna Array With Circular Polarization", *Electronics Letters*, Apr. 1996, Vol. 32, No. 9, pp. 785-786.
- [3] A. Nešić, I. Radnović, M. Mikavica, S. Dragaš, M. Marjanović, "New Printed Antenna with Circular Polarization" *26th EuMC '96*, Prag, October 1996, Conference Proceedings, Vol. II, pp. 569-573, doi: 10.1109/EUMA.1996.337645
- [4] A. Nešić, I. Radnović, B. Milovanović, "A New Type of Turnstile Antenna", *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, to be published.
- [5] A. Nešić, S. Jovanović and I. Radnović, "Wideband Printed Antenna with Circular Polarization", *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium 1997*, 1997 Digest - Volume 3, Montreal, Canada, July 13-18 1997, pp.1882-1885, doi: 10.1109/APS.1997.631638
- [6] [www.wipl-d.com](http://www.wipl-d.com)
- [7] David M. Pozar, Steven Targonski, "Axial Ratio of Circularly Polarized Antennas with Amplitude and Phase Errors", *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, October 1990, pp. 45-46.

#### ABSTRACT

The paper introduces the analysis of main antenna characteristics with circular polarization that are realized with two orthogonal dipoles, using conventional and the new concept. Conventional concept implies feeding of orthogonal dipoles with equal amplitude signals phased  $90^\circ$  apart, realized with  $\lambda/4$  long feed line. The new concept proposes parallel feeding of dipoles that have complex-conjugated impedances:  $Z_1=(R+jX)$  and  $Z_2=(R-jX)$ , where  $X=R$ . We have analyzed and compared variations of axial ratio (AR) and VSWR with deviation from the central frequency as well as reproducibility and cost efficiency for both concepts.

#### COMPARISON OF CIRCULARLY POLARIZED ANTENNA CHARACTERISTICS REALIZED WITH TWO CROSSED DIPOLES FED BY $90^\circ$ PHASE SHIFTER AND DIPOLES WITH COMPLEX-CONJUGATED IMPEDANCES

Ivana Radnović, Aleksandar Nešić