

Štampani antenski niz TEM hornova na X-opsegu

Nenad Popović, Zoran Mičić

Sadržaj — Linearni niz od 8 TEM štampanih antena na X-opsegu je analiziran u programskom paketu WIPL-D a potom i realizovan. Izmereno pojačanje antenskog niza je 10dBi na 10.5GHz, a koeficijent refleksije S11 je u opsegu od 10 do 12GHz manji od -15dB.

Ključne reči — Antenski nizovi, mikrostrip, TEM horn.

I. UVOD

KAO osnovni zračeci element u opisanom linearnom antenskom nizu, upotrebljen je štampani TEM horn. Napomenimo da je prvi TEM horn 1948 godine patentirao L.N. Brillouin, pod nazivom "Broad Band Antenna" [1].

Karakteristično za ovaj tip antene je njena jednostavna konstrukcija i širokopolasni rad, što je i doprinelo popularnosti ovog tipa antene u oblasti širokopolasnih antenskih sistema (UWB).

Da bi se obezbedilo dobro prilagođenje antene na napojni vod u što širem frekvencijskom opsegu, mreža za napajanje treba da bude takva da u potpunosti obezbedi kvalitetan prelaz sa simetrične strukture TEM horna na nesimetrični koaksijalni vod za napajanje [2]-[6]. Ne treba posebno naglasiti od kolike je to važnosti kada se radi o širokopolasnim strukturama.

U realizovanom antenskiom nizu upotrebljen je kao osnovni zračeci element štampani TEM horn, koji je prethodno analiziran i optimizovan [7].

II. DIZAJN ANTENE

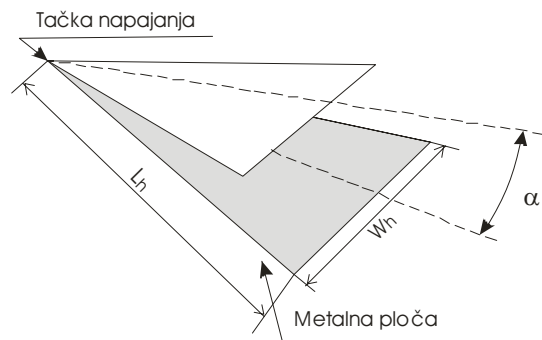
A. Osnovni zračeci element

Osnovni zračeci element, čijim umnožavanjem je nastao antenski niz, je štampani TEM horn. Sam TEM horn je veoma jednostavnog dizajna i sastoji se praktično iz dve istovetne trouglaste metalne ploče postavljene pod uglom (α) tako da se na mestu jednog temena gotovo dodiruju. To mesto je ujedno i mesto na koje se priključuje napojni vod, odnosno mreža za napajanje. Na slici 1 prikazana je skica osnovnog geometrijskog oblika TEM horna.

Karakteristične veličine kojima je definisan TEM horn su sledeće: dužina (L_h), širina otvora (W_h) i ugao otvora

između ploča (α).

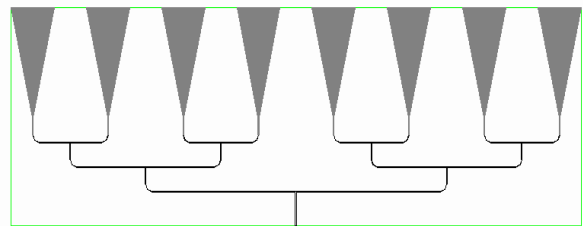
Ulazna impedansa projektovane antene se kreće oko vrednosti od 80Ω u opsegu od 10 do 11GHz za odabrane vrednosti dimenzija TEM horna [7].



Sl. 1. Skica osnovnog geometrijskog oblika TEM horn antene.

B. Linearni antenski niz sa 8 zračecih elemenata

Antenski niz [8] je realizovan sa osam istovetnih TEM hornova postavljenih jedan do drugoga u horizontalnoj ravni na jednakom rastojanju (d) i međusobno povezanih mikrostrip mrežom za napajanje (Sl.2). Prilagođenja pojedinih impedansi unutar mreže za napajanje ostvarena su putem $\lambda/4$ transformatora impedansi.



Sl. 2. Izgled gornjeg dela štampane pločice TEM-horn niza sa mrežom za napajanje.

III. EM ANALIZA

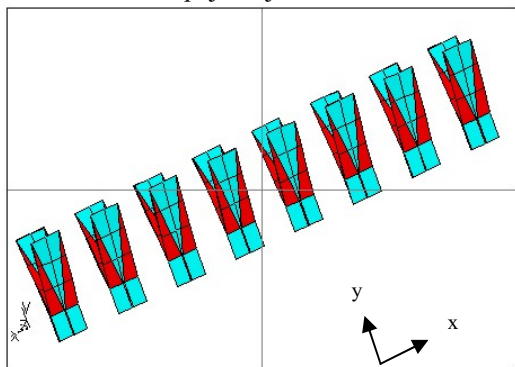
Elektromagnetna analiza antenskog niza izvršena je u softverskom paketu WIPL-D Pro [9], za antenski niz smešten na supstratu debljine $h=0.2\text{mm}$ i sa dielektričnom konstantom $\epsilon_r=3.38$.

Analiziran je antenski niz bez mreže za napajanje kako bi se vreme analiziranja svelo na prihvatljivu meru, pri čemu, realno gledajući, uticaj mreže za napajanje ne bi trebalo da ima značajniji uticaj na dijagram zračenja, a

N. Popović, IMTEL-komunikacije, Beograd, Bulevar Mihaila Pupina 165b, 11070 Beograd, Srbija, e-mail: nenad@insimtel.com

Z. Mičić, IMTEL-komunikacije, Beograd, Bulevar Mihaila Pupina 165b, 11070 Beograd, Srbija, e-mail: zoran@insimtel.com

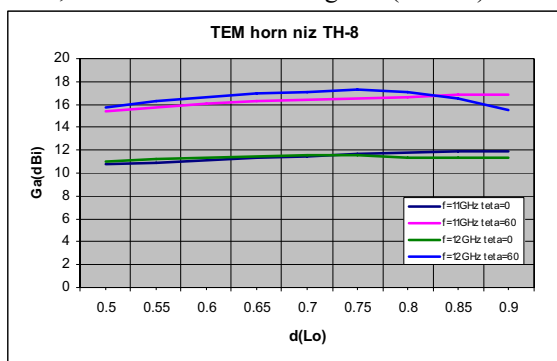
delimično i na veličinu pojačanja.



Sl. 3. Izgled analiziranog TEM horn niza u WIPL-D.

Budući da je osnovni zračeci element prethodno detaljno analiziran i određene mu optimalne dimenzije [7], to je u antenskom nizu sačinjenom od osam ovakvih zračeci elemenata, posmatrana zavisnost pojačanja Ga(dBi) niza u zavisnosti od međusobnog rastojanja zračeci elemenata $d(\lambda_0)$, u jednom slučaju, i učestanosti $f(\text{GHz})$, u drugom slučaju.

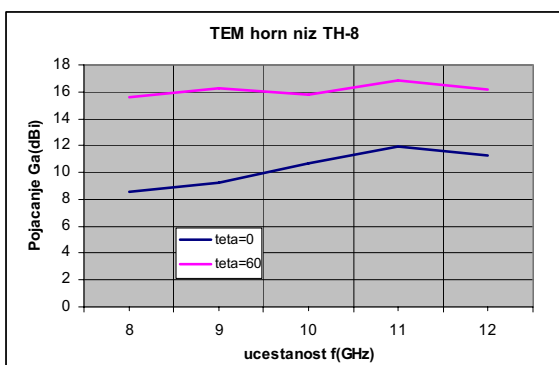
Na sledećem grafiku prikazana je promena pojačanja Ga(dBi) u funkciji rastojanja d , izraženom u talasnim dužinama, za dva karakteristična ugla Θ (0° i 60°).



Sl. 4. Promena pojačanja antenskog niza u zavisnosti od međusobnog rastojanja $d(\lambda_0)$ zračeci elemenata.

Na osnovu izvršene analize i dobijenih rezultata, kao optimalno rastojanje između zračeci elemenata odabrano je rastojanje od $0.85\lambda_0$.

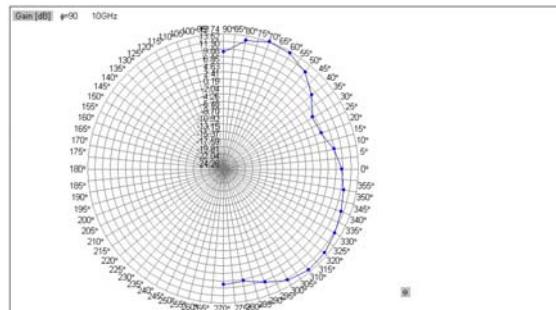
Na sledećem grafiku prikazana je zavisnost pojačanja Ga(dBi) antenskog niza od učestanosti $f(\text{GHz})$, za rastojanje $d=0.85\lambda_0$.



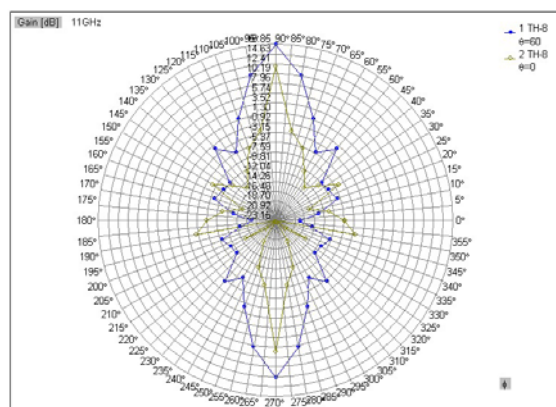
Sl. 5. Promena pojačanja antenskog niza u zavisnosti od učestanosti $f(\text{GHz})$ i ugla Θ dobijena analizom.

Najveće pojačanje niz ima na projektovanoj učestanosti $f=11\text{GHz}$, a kao što se i očekivalo, za ugao $\Theta=60^\circ$, isto kao što je imao i osnovni zračeci element.

Dijagrami zračenja na učestanosti od 11GHz , dobijeni simulacijom u obe ravni (Θ, ϕ), prikazani su graficima na sledećim slikama.



Sl. 6. Dijagram zračenja TEM horn niza u Θ ravni za $\phi=90^\circ$ dobijen simulacijom.



Sl. 7. Dijagram zračenja TEM horn niza u ϕ ravni za $\Theta=0^\circ$ i $\Theta=60^\circ$ dobijen simulacijom.

IV. REALIZACIJA I REZULTATI MERENJA

A. Realizacija antene

Antena je realizovana fotolitografskim postupkom na supstratu Rogers 4003C ($\epsilon_r=3.38, h=0.2\text{mm}$), međusobnim spajanjem dva dela, pri čemu se svaki od njih nalazi na posebnoj dielektričnoj supstratu. Na svakom od ovih delova nalazi se samo po jedan deo antene, s tim što je mreža za napajanje pridružena jednom a uzemljena površina drugom. Na slici 8 je prikazan izgled realizovanog linearnog TEM horn niza sa 8 zračeci elemenata.



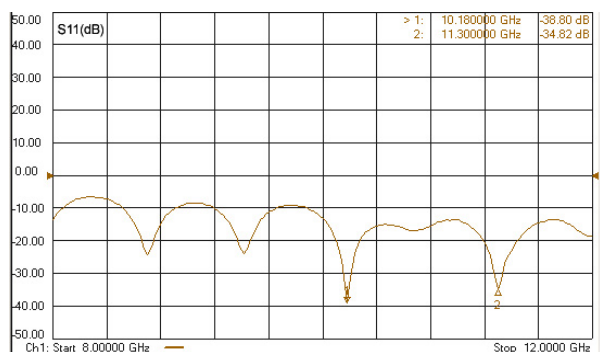
Sl. 8. Izgled realizovanog TEM horn niza.

Spajanje (lepljenje) je izvedeno u delu mreže za napajanje i uzemljene površine, a zračeci delovi strukture

(kraci TEM horna) se linearno šire i razilaze pod uglom α . Krakovi su mehanički razmaknuti umetanjem štapića od poliuretanske pene ($\epsilon_r \sim 1.2$) čijim se pomeranjem menja ugao otvora α , a njegov uticaj na parametre antene je zanemarljiv.

B. Rezultati merenja

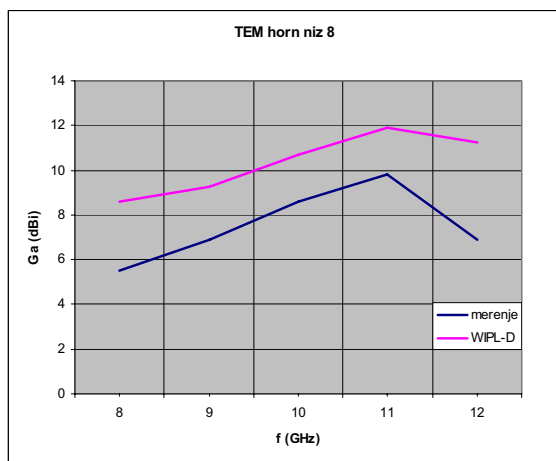
Na sledećem grafiku (Sl. 9.) prikazan je ulazni koeficijent refleksije $S_{11}(\text{dB})$ dobijen merenjem na analizatoru mreže.



Sl. 9. Koeficijent refleksije $S_{11}(\text{dB})$ dobijen merenjem.

Pogledom na dobijene vrednosti merenjem, za ulazni koeficijent refleksije $S_{11}(\text{dB})$ antene, vidi se da je on u opsegu od oko 10GHz do 12GHz, manji od -15dB. Odnosno, drugim rečima, antena je dobro prilagođena u tom opsegu (BW~2GHz) jer je u njemu VSWR manji od 1.45:1.

Merenjem u opsegu od 8 do 12GHz dobijeno je pojačanje antene koje je prikazano na donjem grafiku. Na istom grafiku prikazano je i pojačanje antene dobijeno simulacijom u programu WIPL-D Pro.



Sl. 10. Izmereni i simulirani rezultati pojačanja antenskog niza.

Zaključak

Sledeći korak koji treba preduzeti u daljem radu je analiziranje TEM horn niza sa različitim oblicima reflektorske površine (ravna i cilindrična).

Korišćenjem reflektora popravio bi se i odnos napred-nazad ali i povećala usmerenost.

ZAHVALNICA

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

LITERATURA

- [1] L.N. Brillouin, "Broad Band Antenna", *U.S. Patent 2,454,766* (November 30, 1948).
- [2] R. Todd Lee, Glenn S. Smith, "On the Characteristic Impedance of the TEM Horn Antenna", *IEEE Trans. on Ant. and Prop.*, Vol.52, No.1, Jan. 2004, pp.315-318.
- [3] R. Todd Lee, Glenn S. Smith, "A Design Study the Basic TEM Horn", *IEEE Ant. and Prop. Magazin*, Vol. 46, No.1, Feb. 2004, pp. 86-92.
- [4] K.Chung, S. Pyun, J. Choi, "Design of an Ultrawide-Band TEM Horn Antenna with a Microstrip-Type Balun", *IEEE Trans. on Ant. and Prop.*, Vol.53, No.10, Oct. 2005, pp.3410-3413.
- [5] K. Chung, S. Pyun, S. Chung, J. Choi, "Design of an Ultrawide-Band TEM Horn Antenna", *Proc. IEEE Ant. and Prop. Soc. Int. Symp. Dig.*, Vol.1, Columbus, OH, Jun 2003, pp.229-232.
- [6] S. Kim, K. Chang, "Ultrawide-Band Transitions and New Microwave Compenets Using Doubl-Sided Parallel-Strip Lines", *IEEE Trans. on Mic. Theory and Tech.*, Vol.52, No.9, Sept. 2004, pp.2148-2151.
- [7] N. Popović, P. Manojlović, "Štampana TEM horn antena na x-opsegu," *ETRA*, Serbia, 2010, CD.
- [8] John D. Kraus, "Antennas", Secon Edition, McGraw-Hill, 1988, pp. 118-199.
- [9] www.wipl-d.com

ABSTRACT

Linear array of eight printed TEM horn antennas intended for X-range has been analyzed using WIPL-D program package and realized according to results of the analysis. Measured gain of the array is 10 dBi, while reflection losses are less than -15 dB in the frequency range from 10 GHz to 12 GHz.

PRINTED TEM HORN ANTENNA ARRAY OPERATING IN X-RANGE

Nenad Popović, Zoran Mičić