

Mikrostrip peč antenna na bazi Sijerpinski fraktalne krive

Slobodan Radanović, Vasa Radonić, Vesna Crnojević-Bengin

Sadržaj — U ovom radu analiziran je realizacija mikrostrip peč antene bazirane na Sijerpinski fraktalnoj krivoj. Ispitan je uticaj varijacije reda fraktalne krive i faktora odnosa na karakteristike i veličinu projektovane antene. Pokazano je da je pogodnim izborom faktora odnosa i reda fraktala moguće projektovati peč antene mnogo manjih dimenzija u odnosu na konvencionalne uz očuvanje performansi.

Ključne reči — peč antenna, Sijerpinski fraktalna kriva.

I. UVOD

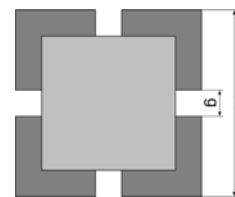
Zahtevi koji se postavljaju pred komunikacione sisteme povećavaju se iz dana u dan. Minijaturne dimenzije, dobre performanse i niska cena osnovne su osobine koje se očekuju od projektovanih uređaja. Pri projektovanju bežičnih komunikacionih uređaja kao što su mobilni telefoni, *Bluetooth* ili WLAN uređaji, veličina antene postala je kritičan faktor. U cilju minijaturizacije peč antena danas se primenjuju različite tehnike kao što su korišćenje kratkospojenih elemenata [1], korišćenje materijala velike dielektrične konstante kao podloge [1], primena rezistivnog i reaktivnog opterećenja [2], povećavanje električne dužine antene optimizacijom njenog oblika [3], i sl. Savremene tehnike minijaturizacije svode se na primenu višeslojnih rešenja, primenu veštačkih materijala (metamaterijala), kao i primene različitim površinama na bazi EBG struktura, [4].

U ovom radu analizirana je mogućnost primene Sijerpinski fraktalne krive pri projektovanju mikrostrip peč antene. Fraktalne geometrije su do sada našle veliku primenu u projektovanju pasivnih elektronskih komponenti zbog svoje osobine da dobro ispunjavaju prostor, kao i osobine samosličnosti [5], [6], [7], [8]. Primenom fraktalne geometrije na konvencionalne antenske strukture optimizuje se oblik antene u cilju povećanja njene električne dužine, što dovodi do smanjenja ukupne zauzete površine na čipu. Različite fraktalne geometrije, kao što su Kohova, Peanova ili Hilbertova fraktalna kriva korišćene su do sada pri projektovanju antena [5], [7], [8]. Projektovane fraktalne antene pokazale su niz prednosti: širok propusni opseg [7], malu površinu antene [8], kao i mogućnost rada na više opsega [9]. U ovom radu analiziran je uticaj reda fraktala i uticaj faktora odnosa

Sijerpinski fraktala na karakteristike i veličinu projektovane antene. Sijerpinski fraktalna antena je upoređena sa konvencionalnom mikrostrip peč antenom za istu radnu učestanost. Sve analizirane antene simulirane su na 1.57mm Duroid podlozi relativne permitivnosti $\epsilon_r=2.2$ i tangensa ugla gubitaka 0.0009 sa metalizacijom od bakra debljine 18 μ m. Pokazane su mogućnosti primene fraktalne geometrije Sijerpinskog za projektovanje antena sa smanjenim dimenzijama u odnosu na konvencionalnu peč antenu.

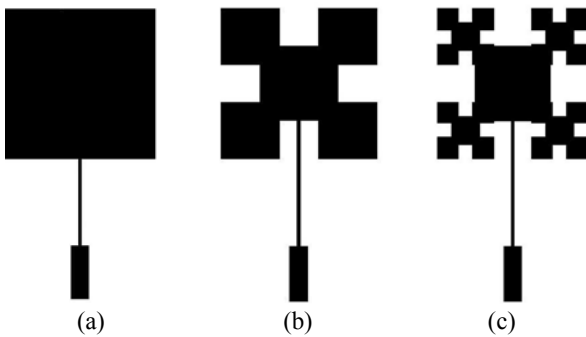
II. DIZAJN

Svaka fraktalna kriva dobija se periodičnim ponavljanjem nekog konstruktivnog elementa. Osnovni gradivni element-generator (nulti red) Sijerpinski fraktala je kvadrat. Prvi red Sijerpinski fraktala sa označenim karakterističnim veličinama prikazana je na slici 1. Odnos dve dimanzije g i a pojedinih segmenata fraktala definisan je kao faktor odnosa Sijerpinski fraktala, $k=g/a$. Svaki naredni red dobija se periodičnim ponavljanjem fraktala jednog niže reda, skaliranog sa faktorom odnosa po tačno utvrđenom redosledu. Kod Sijerpinski frakta drugog reda spoljašnji elementi se zamenjuju skaliranom fraktalnom krivom prvog, dok centralni element ostaje nepromenjen. Postupak se može ponavljati beskonačan broj puta, ali se zbog daljeg usložavanja fraktalne geometrije zadržavamo na strukturi drugog reda.



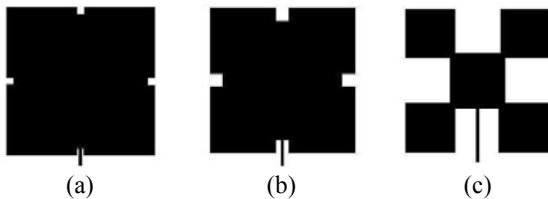
Slika. 1. Sijerpinski fraktal prvog reda

Na slici 2. prikazani su izgledi Sijerpinski peč antenna nultog, prvog i drugog reda. Nulti red predstavlja konvencionalnu mikrostrip peč antenu, kvadratnog oblika dimenzija $a=41.08$ mm. Svaka sledeći red je projektovan tako da se zadrži faktor odnosa $1/4$ dimenzije fraktala, pri čemu su spoljašnje dimenzije antene ostale nepromenjene. Karakteristične dimenzije spoljašnjih fraktalnih segmenata antena za prvi red su $g=10.27$ mm, a za drugi red $g=3.85$ mm. U cilju prilagođavanja impedanse peč antene na 50Ω vod korišćen je $\lambda/4$ transformator.



Slika 2. Sijerpinski fraktalna peč antena: (a) nultog (konvencionalna), (b) prvog i (c) drugog reda.

Faktor odnosa Sijerpinski fraktala može biti jedan od relevantnih parametara pri projektovanju fraktalnih antena. Tri dodatne vrednosti faktora odnosa, pored originalnog odnosa $k=1/4$, uzeti su u razmatranje: $1/20$, $1/10$ i $31/100$. Na slici 3. prikazane su Sijerpinski fraktalne krive prvog reda sa različitim faktorom odnosa.



Slika 3. Sijerpinski fraktalna antena prvog reda sa različitim faktorom odnosa: (a) $1/20$, (b) $1/10$, (c) $31/100$.

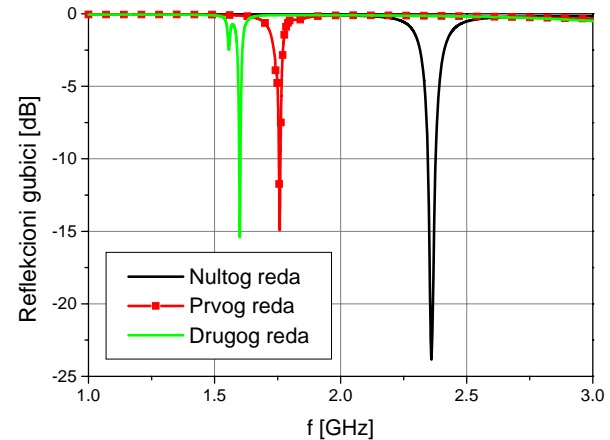
III. SIMULACIONI REZULTATI

Modelovanja i simulacije za analizirane peč antene urađene su korišćenjem softverskog paketa Ansoft HFSS 9. Na slici 4. dat je uporedni prikaz koeficijenta refleksije Sijerpinski antene za različite vrednosti reda fraktala, prikazanih na slici 2, dok su na slici 5. prikazani koeficijent refleksije za Sijerpinski peč antenu prvog reda sa različitim vrednostima faktora odnosa, k . U tabeli 1 prikazane su vrednosti rezonantne učestanosti i koeficijenta refleksije za analizirane fraktalne antene, kao i dimenzije konvencionalnih antena koje rade na istoj učestanosti i smanjenje površine koja može biti ostvarena primenom fraktalne antene izražena u procentima.

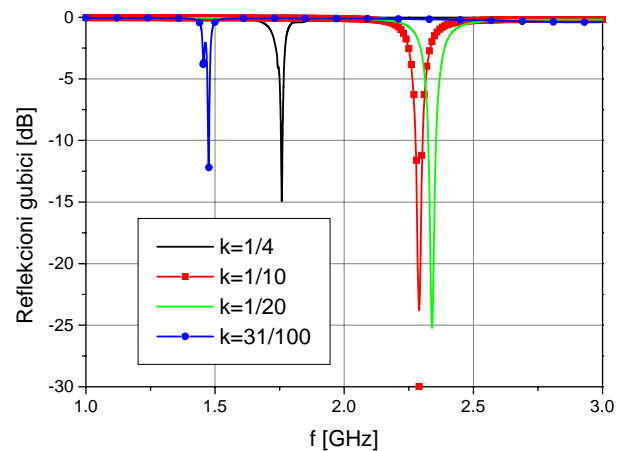
Može se uočiti da konvencionalna peč antena, tj. Sijerpinski fraktalna antena nultog reda ima najvišu rezonantnu učestanost $f_r=2.36\text{GHz}$ pri čemu su njeni reflekcioni gubici, $RL=-23.43\text{dB}$. Sa povećanjem reda fraktala opada rezonantna učestanost, ali se smanjuju i gubici usled refleksije. Tako za Sijerpinski fraktalnu antenu prvog reda rezonantna učestanost iznosi $f_r=1.76\text{GHz}$, reflekcioni gubici $RL=-15\text{dB}$, dok su za fraktalnu

antenu drugog reda oni $f_r=1.6\text{GHz}$ i $RL=-12.5\text{dB}$. Međutim sa povećanjem reda krive pojavljuje se dvostruka rezonansa na učestanostima bliskim jedna drugoj, a posledica su velike razdvojenosti dva dela fraktala u odnosu na srednju liniju. Sa promenom faktora odnosa fraktala utiče se i na promenu rezonantne

učestanosti. U slučaju prvog reda sa različitim faktorima odnosa dobijaju se rezonantne učestanosti od 1.76GHz , 2.34GHz , 2.29GHz i 1.475GHz za faktore $1/4$, $1/20$, $1/10$ i $31/100$, respektivno. Primenom fraktalnih antena dolazi do značajnog smanjenja zauzete površine usled povećanja njene električne dužine. Međutim, sa povećanjem faktora odnosa k , dolazi do pojave dvostruke rezonanse sa malim RL .



Slika 4. Reflekcioni gubici za Sijerpinski fraktalne antene prikazane na slici 2.



Slika 5. Reflekcioni gubici za Sijerpinski fraktalnu antenu prvog reda sa različitim faktorima odnosa k .

TABELA 1: UPOREDNE KARAKTERISTIKE SIJERPINSKI FRAKTALNIH I KONVENCIONALNIH PEČ ANTENA.

Red fraktala	k	f [GHz]	Veličina konv. antene [mm]	Smanjenje površine [%]
Nulti	0	2.36	41.08x41.08	0
	1/4	1.76	57x57	49
Prvi	1/20	2.34	42.5x42.5	6.6
	1/10	2.29	43.5x43.5	11
	31/100	1.475	68.1x68.1	63.6
Drugi	1/4	1.6	62.5x62.5	56.7

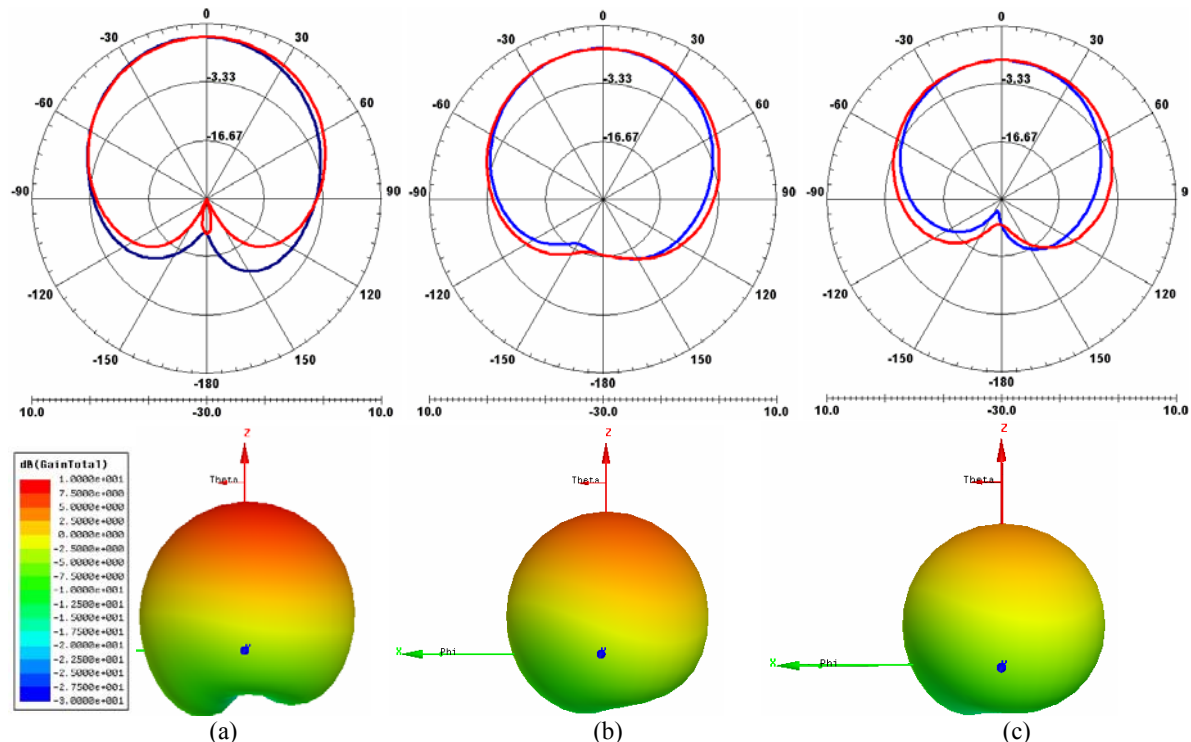
Na slici. 6 su prikazani polarni dijagrami zračenja Sijerpinski antena nultog, prvog i drugog reda u $E(\Phi=0)$ i $H(\Phi=90)$ ravni na rezonantnim učestanostima kao i 3D

diagrami zračenja, respektivno. Može se primetiti da nema velikog odstupanja dijagrama zračenja za nultu, prvu i drugu iteraciju kada je reč o usmerenosti, dok se dobit neznatno smanjuje sa povećanjem reda fraktala.

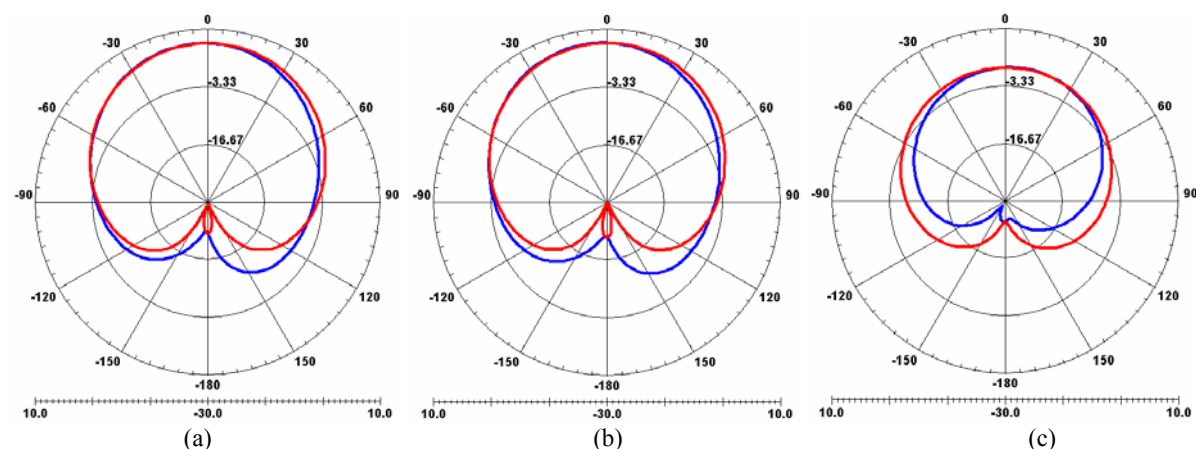
Na slici 7. su prikazani polarni dijagrami zračenja Sijerpinski antena prvog reda za različite vrednosti faktora odnosa u $E(\Phi=0)$ i $H(\Phi=90)$ ravni na rezonantnim učestanostima. Nema velikog odstupanja dijagrama zračenja za male vrednosti faktora odnosa, ali kako se on približava graničnoj vrednosti od $1/3$, smanjuje se dobit i dolazi do blage promene usmerenosti.

Kako bi pokazali prednosti fraktalne antene uporedili

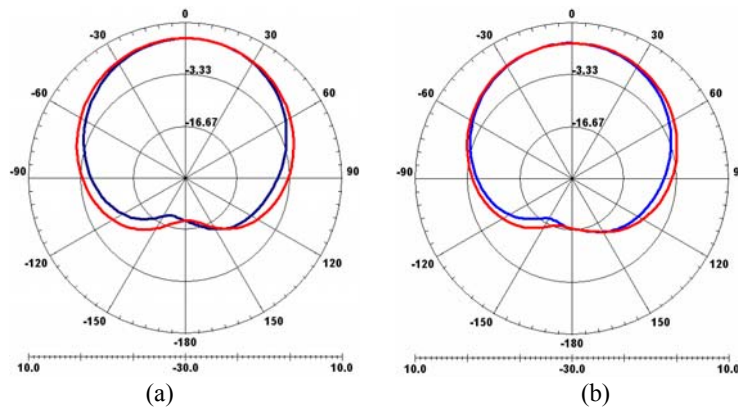
smo Sijerpinski fraktalnu antenu prvog reda sa faktorom odnosa $1/4$ sa konvencionalnom podešenom na istu rezonantnu učestanost, $f_r=1.76\text{GHz}$. Dobijeni refleksijski gubici za konvencionalnu antenu su -10.2dB , dok je fraktalna pokazala -15dB . Na slici 8. su prikazani polarni dijagrami zračenja na rezonantnoj učestanosti, a na slici 9. prikazan je intenzitet električnog polja na rezonantnoj učestanosti za fraktalnu i konvencionalnu antenu. Dobijaju se skoro identične karakteristike izuzev što je sa fraktalnom geometrijom ostvarena redukcija površine za 49% . Takođe intenzitet električnog polja fraktalne antene je mnogo veći kod konvencionalne antene.



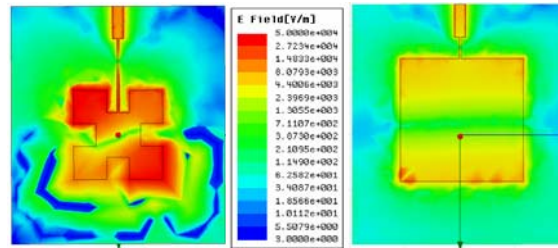
Slika 6. Polarni diagram zračenja u E (plava) i H (crvena) ravni i 3D diagram zračenja za Sijerpinski antenu: (a) nultog reda (konvencionalna), (b) prvog reda, (c) drugog reda.



Slika 7. Polarni diagram zračenja u E (plava) i H (crvena) za Sijerpinski antenu prvog reda sa faktorom odnosa: (a) $1/10$, (b) $1/20$, (c) $31/100$.



Slika 8. Polarni diagram zračenja u E(plava) i H(crvena) za: (a) Sijerpinski antenu prvog reda sa $k=1/4$ i (b) konvencionalnu peč antenu.



Slika 9. Intenzitet električnog polja za: (a) Sijerpinski antenu prvog reda sa $k=1/4$ i (b) konvencionalnu peč antenu.

III. ZAKLJUČAK

U ovom radu prikazana je nova realizacija peč antene bazirane na Sijerpinski fraktalnoj krivoj. Ispitan je uticaj varijacije reda fraktalne krive na karakteristike projektovane antene. Pokazano je da je sa fraktalnom antenom Sijerpinskog moguće je osvariti smanjenje zauzete površina antene uz zadržavanje ostalih karakteristika. Primenom Sijerpinski fraktalnog oblika ukupna električna dužina antena se povećava, a rezonantna učestanost postaje niža u odnosu na konvencionalnu peč antenu. Pogodnim izborom faktora odnosa Sijerpinski fraktala i reda fraktala moguće je dobiti i dvostruku rezonansu fraktala. Ona se pogodnim izborom parametara može spojiti u jedan široki opseg. Tako da Sijerpinski geometrija omogućilo projektovanje antene antena sa više bliskih opsega (multiband) ili antena sa promenljivom širinom opsega. Proizvoljana širina opsega, sa malim RL uz značajnu redukciju površine čini fraktalne peč antene pogodnim za primenu u komunikacionim uređajima.

LITERATURA

- [1] G.Kumar and K.P.Ray: "Broadband Microstrip Antennas," Boston-London, 2003. Artech House
- [2] K. L. Wong and Y. F. Lin: "Small broadband rectangular microstrip antenna with chip-resistor loading," *Electron Lett.* 34 (1998), 225-226,
- [3] Thomas A. Milligan: "Modern Antenna Design," 2005 John Wiley, New Jersey,
- [4] D. Sievenpiper, L. Z. Romulo, F. J. Broas, N.G. Alexopolous, and E. Yablonovitch: "High-Impedance Electromagnetic Surfaces with a Forbidden Frequency Band," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Vol. 47, No. 11, November 1999

- [5] Parque Emp, Sant Jan, Sant Cugat del Valles: "Fractal miniaturization in RF and microwave networks", Fractus, Barcelona, Spain, 2001
- [6] V. Crnojević-Bengin, V. Radonić and B. Jokanović: "Fractal Geometries of Complementary Split-Ring Resonators," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, No.11, November 2008
- [7] M. F. Pantoja, F. G. Ruiz, A. R. Bretones, R G. Martin: "GA Design of Wire Pre-fractal antennas and comparison with other Euclidean geometries", *IEEE Antennas and Wireless propagation letters*, Vol. 2, 2003
- [8] I. K. Kwon Kim, J. G. Yook and H. K. Park: "Fractal-Shape Small Size Microstrip Patch Antenna," *Microwave and Optical Tech. Lett.* Vol.34, No.1, July 2002.
- [9] C. Puente, J. Romeu, R. Pous and A. Cardma: "On the behavior of the Sierpinski multiband fractal antenna," *IEEE Trans. Antenna and Propagation AP-46* (1998), pp.517-525

ABSTRACT

In this paper, new realization of microstrip patch antenna based on Sierpinski fractal curve is shown. Influences of the fractal curve order and the ratio factor on the characteristics and overall area size of the antenna are investigated. The right choice of the ratio factor and order of fractal curve can be used to design much smaller patch antennas comparing to conventional patch, while performances remain unchanged.

MICROSTRIP PATCH ANTENNA BASED ON SIERPINSKI FRACTAL CURVE

Slobodan Radanović, Vasa Radonić, Vesna Crnojević-Bengin