

VAJA 11: Porazdelitev električnega toka na monopolu

1. Porazdelitev električnega toka na tankožičnih antenah

Porazdelitev električnega toka, njegove amplitude in faze, po kovinski strukturi antene, je eden osnovnih problemov, ki jih moramo rešiti pri obravnavi anten. Iz porazdelitve toka na anteni lahko izračunamo vse zanimive parametre antene – smerni diagram antene, impedanco antene in izgube zaradi končne upornosti vodnikov, ki sestavljajo anteno.

Porazdelitev toka na anteni lahko izračunamo. Za vse praktične primere je potreben numerični račun, saj se z analitskimi metodami da rešiti le najenostavnejše primere. Porazdelitev toka po površini antene lahko tudi izmerimo, vendar so takšne meritve zelo zahtevne in praktično zelo težko izvedljive z zahtevano mero natančnosti.

Od različnih vrst anten je najlažje določiti porazdelitev toka na tankožičnih antenah, sestavljenih iz ene ali več žic zelo majhnega prereza glede na valovno dolžino. Pri takšnih antenah upravičeno smatramo, da tečejo tokovi izključno v vzdolžni smeri žic. Kakršenkoli prečni tok po žicah bi v vsakem slučaju imel zelo majhen vpliv na lastnosti antene.

Pri tankožičnih antenah je zaradi majhnega prereza žice v bližini same žice izredno močno bližnje polje, sevano polje je tu v primerjavi z bližnjim skoraj zanemarljivo. Zato bo na porazdelitev toka po tanki žici vplivalo v glavnem bližnje polje. Ker je bližnje polje po obliki enako statičnemu polju, na tankožičnih antenah upravičeno pričakujemo podobne valovne pojave kot na prenosnih vodih.

Pri žičnih antenah, ki imajo odprte, nezaključene konce žic, potemtakem pričakujemo pojav stojnega vala, saj se napredujoči val na žici na odprtem koncu popolnoma odbije. Na koncu antene si zato pričakujemo vozli toka, po žici sami se potem vrstijo hrbti in vozli toka. Ker se žica obnaša kot TEM vod, razdalje med vozli oziroma hrbti ustrezajo polovici valovne dolžine v praznem prostoru.

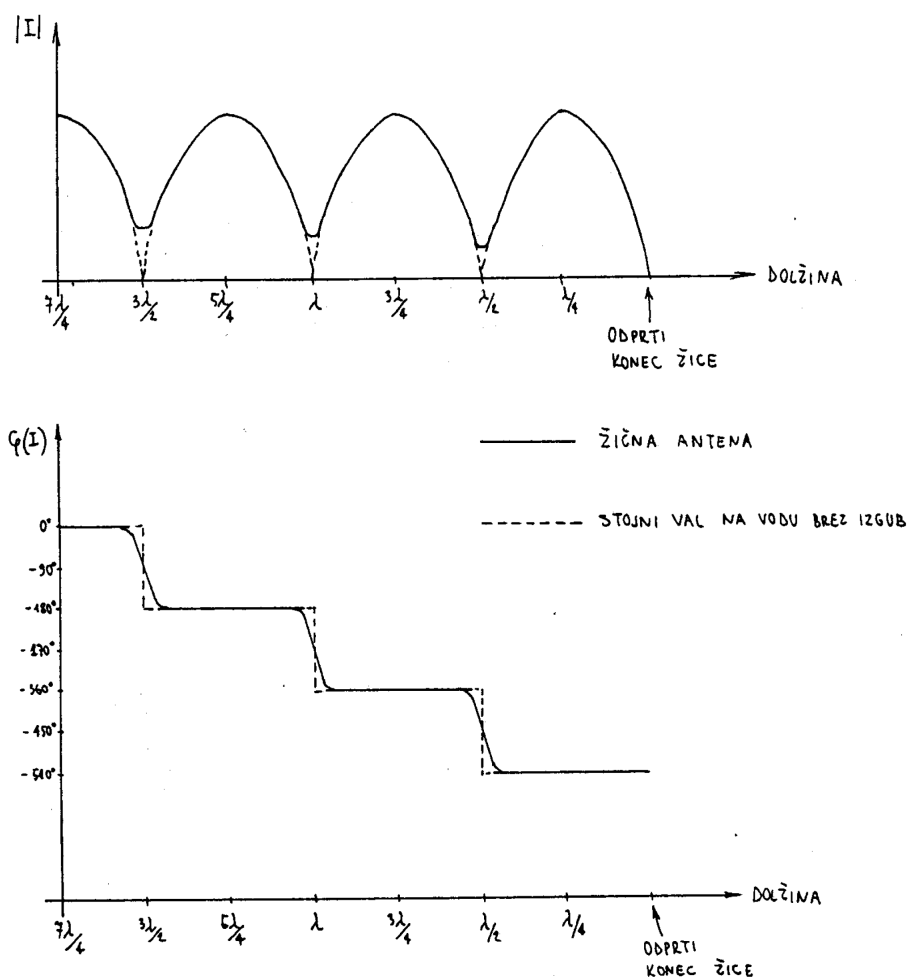
Ker pa nimamo brezizgubnega TEM voda, pač pa anteno, ki nekaj dovedene električne moči tudi izseva, vozli toka niso točno enaki nič, pač pa tu absolutna vrednost toka doseže minimum, faza pa je za 90 stopinj premaknjena glede na fazo toka v hrbtu (glej Sliko 1). Minimumi toka so seveda tembolj globoki, čim tanjša je žica, saj je tanjša žica bolj podobna prenosnemu vodu.

2. Seznam potrebnih pripomočkov

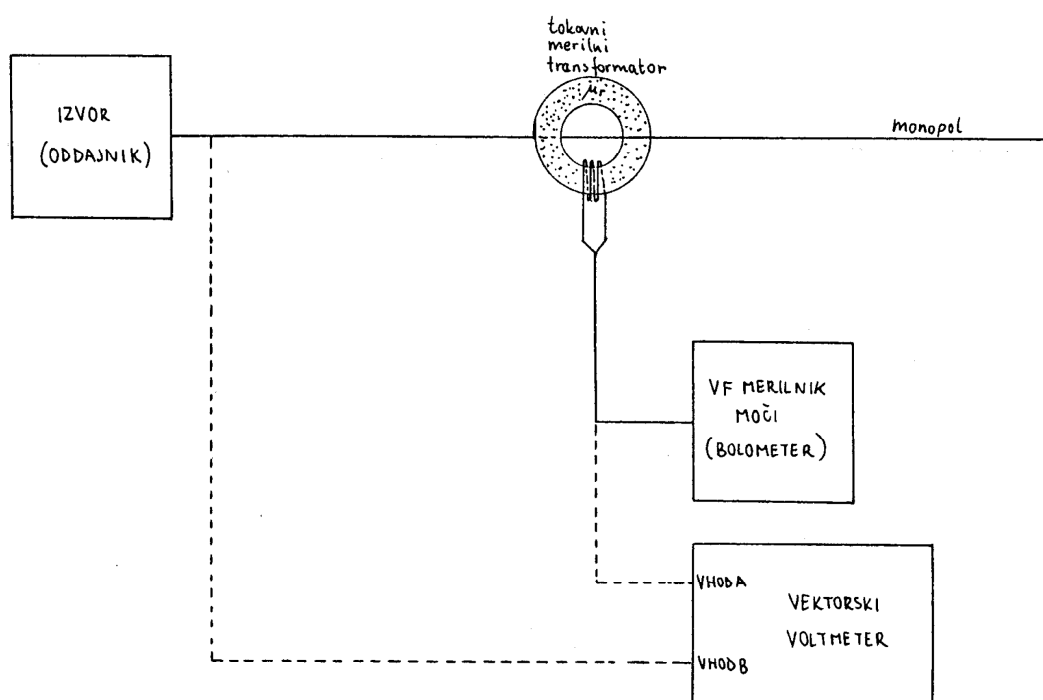
Za izvedbo vaje potrebujemo:

- Izvor (oddajnik) v frekvenčnem področju od 50 MHz do 500 MHz, z izhodno močjo do 20 dBm (100 mW) na 50-ohmskem bremenu.
- Merjeno anteno – monopol – to je palico dolžine okoli 1,5 m z ustreznim visokofrekvenčnim priključkom.
- Tokovni merilni transformator za visokofrekvenčni tok na anteni, z jedrom iz feritnih obročkov in priključnim kablom, oklopljenim s feritnimi obročki, da ne motimo električnega polja merjene antene.
- Visokofrekvenčni merilnik moči – bolometer – z območjem od -30 dBm (1 μ W) do 10 dBm (10 mW).
- Vektorski voltmeter za dano frekvenčno območje.

Razporeditev in vezava merilnih pripomočkov je prikazana na Sliki 2.



Slika 1: Porazdelitev amplitude in faze toka na žični anteni



Slika 2: Razporeditev in vezava merilnih pripomočkov

3. Obrazložitev in opis poteka vaje

Zaradi enostavnosti izvedbe vaje si izberemo najenostavnejšo možno anteno, to je monopol. Monopol napajamo na enem koncu z generatorjem tako, da eno sponko generatorja priključimo na monopol. Drugo sponko generatorja je treba tudi nekam priključiti, da monopol sploh lahko napajamo. Praktično izkoristimo ohišje generatorja in napajalni priključni vod kot protiutež monopolu tako, da srednji kontakt koaksialne vtičnice priključimo na monopol, oklop koaksialne vtičnice pa pustimo nepovezan. V tem slučaju seveda sestavljajo celotno anteno monopol, ohišje generatorja in vse ostale žice, priključene na generator. Če so vse ostale žice zadosti oddaljene od monopola, sklepamo, da ne bojo preveč vplivale na porazdelitev toka na samem monopolu.

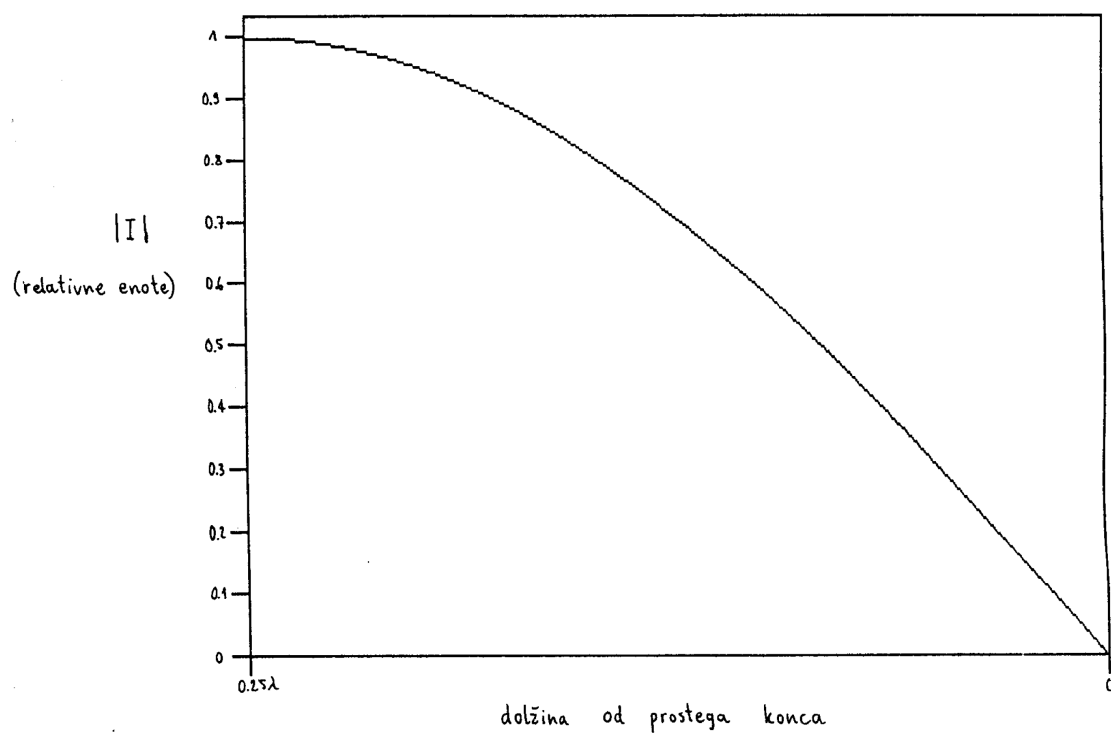
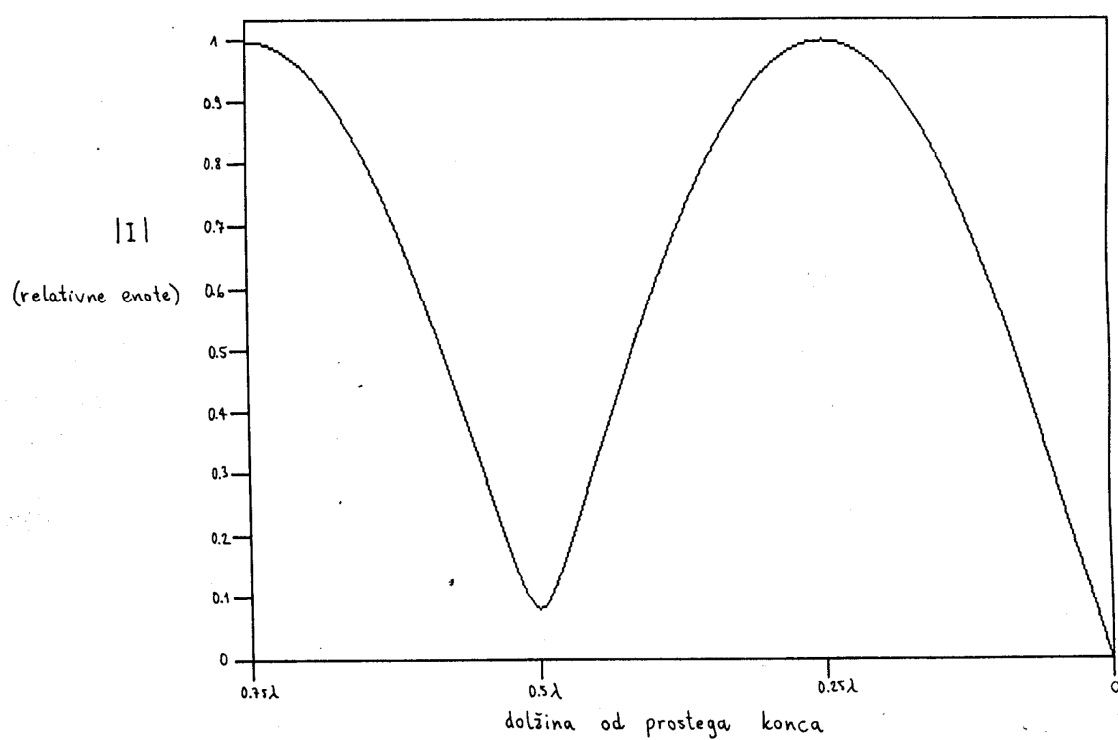
Izhodna impedanca generatorja je običajno $50\ \Omega$, vhodna impedanca opisane antene, se pravi monopola in protiuteži iz ohišja generatorja, pa je zelo spremenljiva. Zato se vsiljeni tok na priključku monopola zelo spreminja s frekvenco, kljub konstantni izhodni moči generatorja na standardnem 50-ohmskem bremenu.

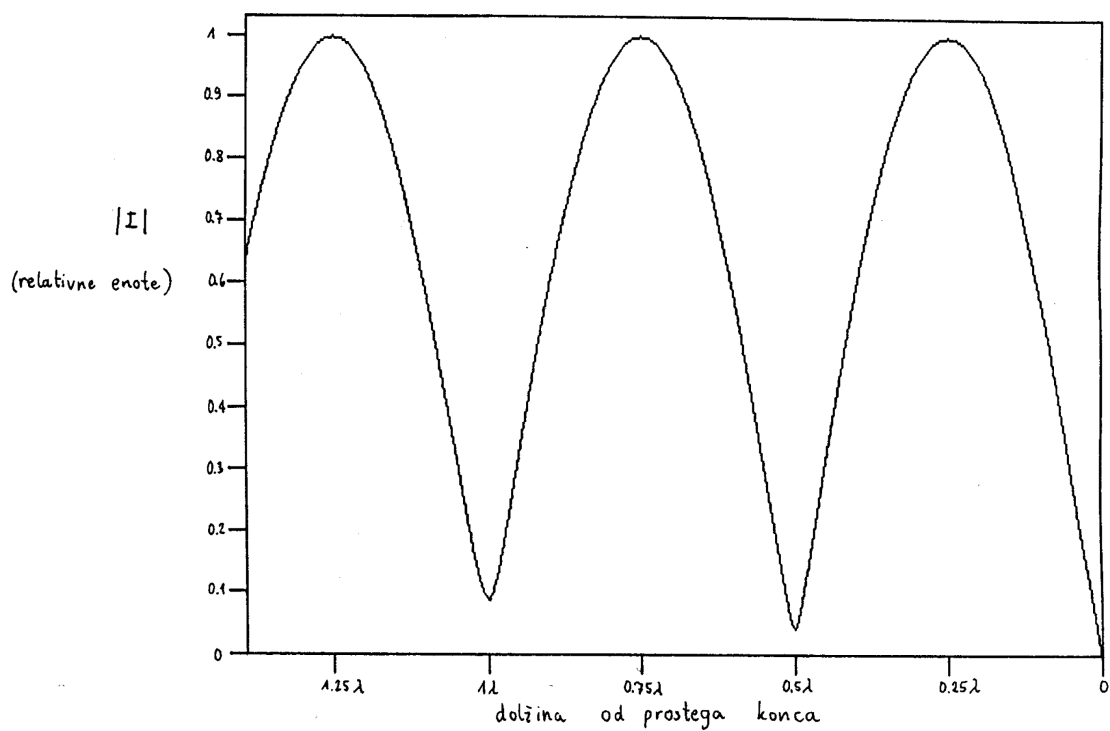
Uporabljena sonda za tok (tokovni merilni transformator) ima seveda celo vrsto pomanjkljivosti. Vsak merilnik toka odžira del moči iz vezja in ga tako moti. Uporabljena sonda vstavlja dodatno impedanco vezano zaporedno z žico merjenega monopola. Pri meritvah na antenah pa se pojavi še problem dovodnih žic do merilnika, saj te motijo električno polje antene. Zato je koaksialni kabel do merilnega transformatorja "oblečen" s feritnimi obročki (z visoko relativno permeabilnostjo), ki bistveno povečajo impedanco žice in tako zmanjšajo motenje polja merjene antene.

Če imamo na razpolago tudi vektorski voltmeter, ga priključimo in uporabimo za meritev faze. Vajo v vsakem slučaju izpeljemo za vsaj tri različne frekvence. Rezultat porazdelitve toka na anteni narišemo v relativnem merilu tako, da za vsako frekvenco diagram normiramo na maksimalno vrednost toka pri dani frekvenci. Absolutna vrednost maksimumov toka se sicer s frekvenco spreminja, ker se spreminja dovedena moč v monopol zaradi sprememb impedance, pa tudi tokovni merilni transformator ni idealen. Ker lahko absolutno vrednost toka izračunamo iz impedance antene in moči generatorja, ta meritev tu ni zanimiva, zanima nas le relativna porazdelitev toka.

4. Prikaz značilnih rezultatov

Vajo izvedemo na treh različnih frekvencah. Najnižjo frekvenco izberemo tako, da je dolžina monopola približno enaka četrt valovne dolžine (Slika 3). Srednjo frekvenco izberemo tako, da je dolžina monopola približno tri četrt valovne dolžine (Slika 4). Končno, najvišjo frekvenco izberemo tako, da je monopol dolg več valovnih dolžin (Slika 5). Posebno pazimo na položaj in globino minimumov!

Slika 3: Porazdelitev toka na monopolu dolžine $0,25\lambda$ Slika 4: Porazdelitev toka na monopolu dolžine $0,75\lambda$



Slika 5: Porazdelitev toka na monopolu dolžine $1,39\lambda$