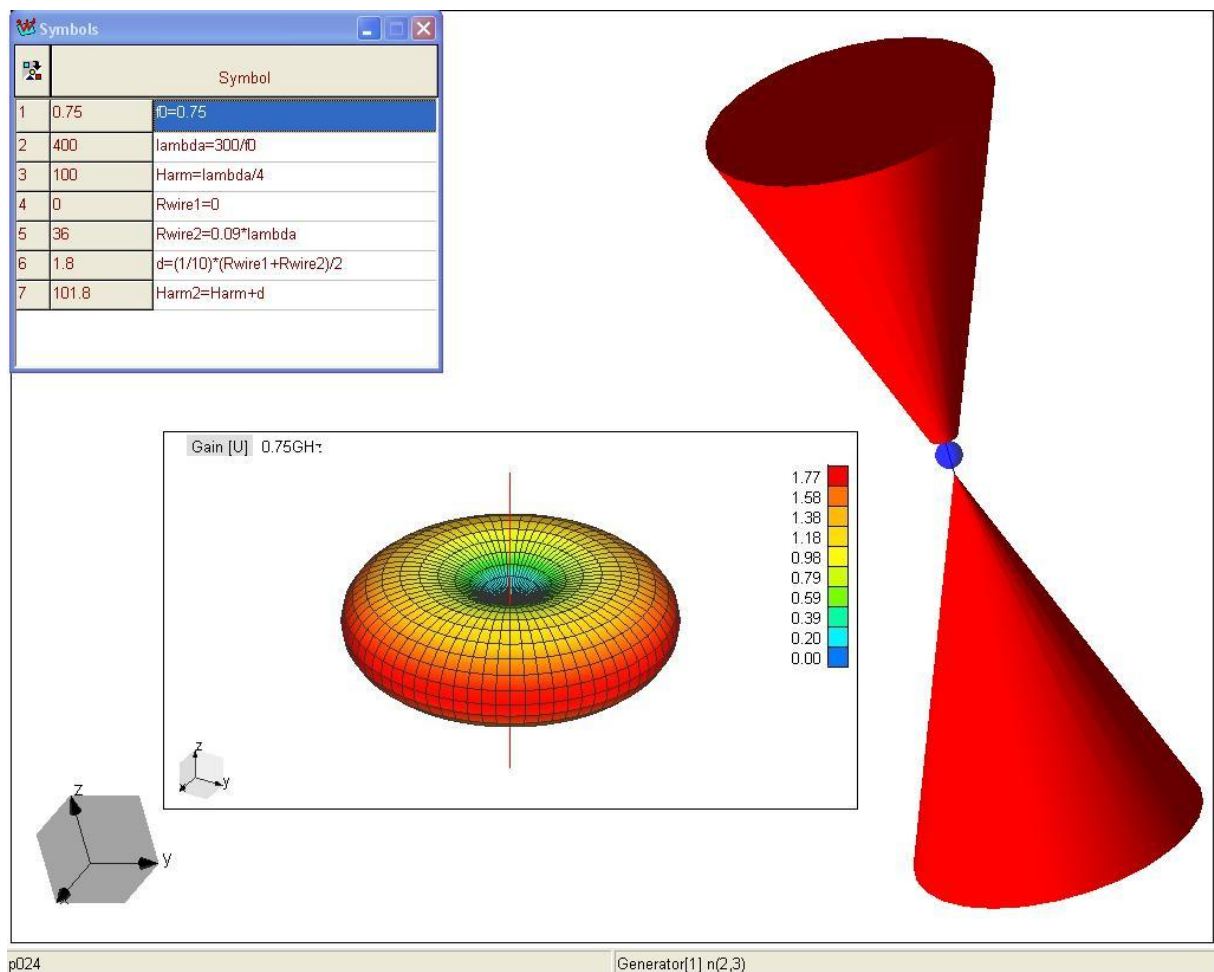


## Čas 4: Konusni polutalasni dipol. Yagi antena. Postizanje širokopojasnosti.

**P01.** Modelovati konusni polutalasni dipol (*Conical Dipole Antenna*) na centralnoj učestanosti  $f_0 = 750$  MHz .

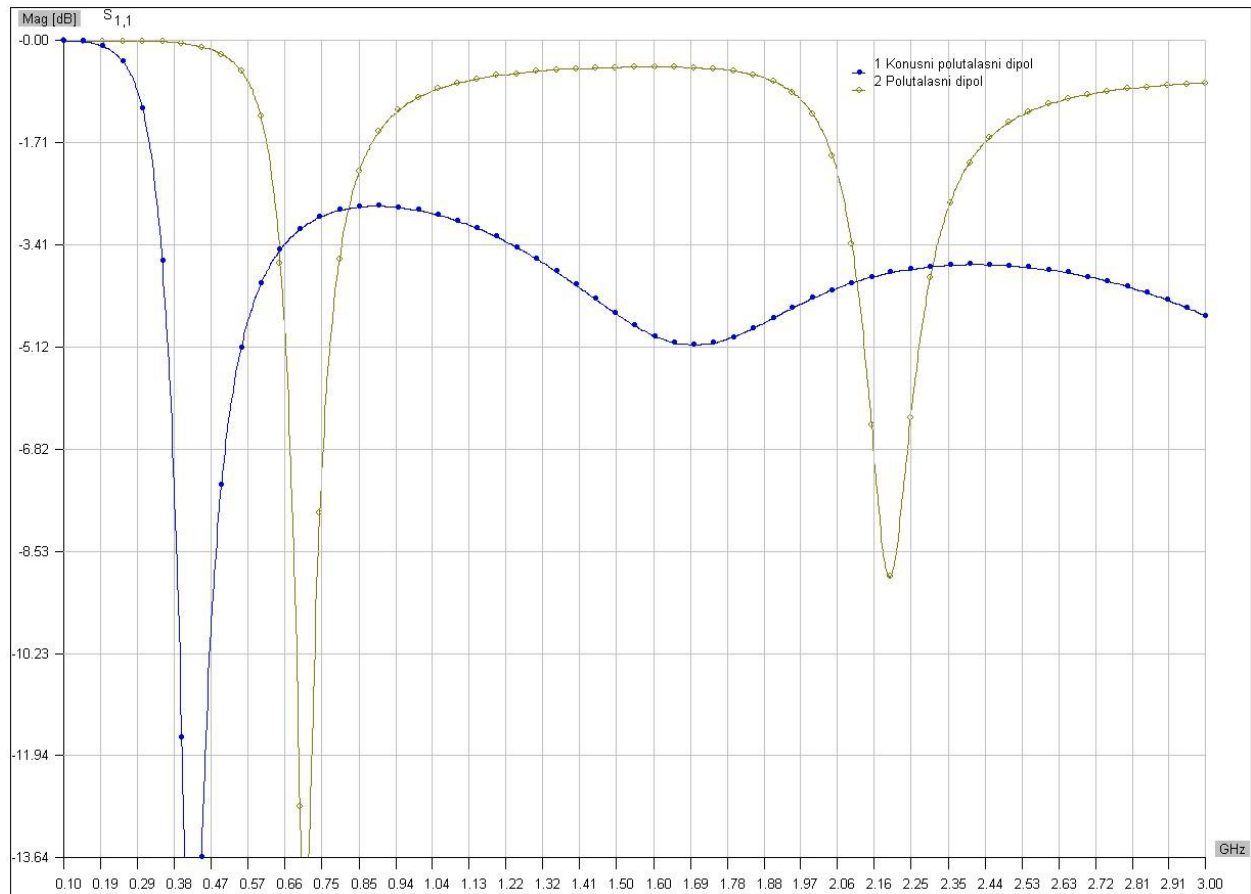
- Početni poluprečnik kraka konusnog polutalasnog dipola je nula ( $R_{\text{wire1}} = 0$ ).
- Krajnji poluprečnik kraka konusnog polutalasnog dipola je  $0,09\lambda_0$  ( $R_{\text{wire2}} = 0,09\lambda_0$ ), gde  $\lambda_0$  predstavlja talasnu dužinu u vakuumu na centralnoj učestanosti.
- Visina konusa kojim je zatvoren svaki od krakova polutalasnog dipola je  $d = \frac{1}{10} \frac{R_{\text{wire1}} + R_{\text{wire2}}}{2}$ .

Rezultate simulacije, dijagram zračenja,  $S$  parametre i  $Z$  parametre prikazati u opsegu učestanosti od 100MHz do 3GHz . Dobijene rezultate uporediti sa rezultatima za klasični polutalasni dipol poluprečnika žice  $R_{\text{wire}} = 0,3$  mm . Zaključiti na koji način povećanje poluprečnika žice polutalasnog dipola utiče na njegovu širokopojasnost. Skaliranjem dimenzija antena podesiti im rezonantnu učestanost na  $f_0$  .



Slika 1(a).

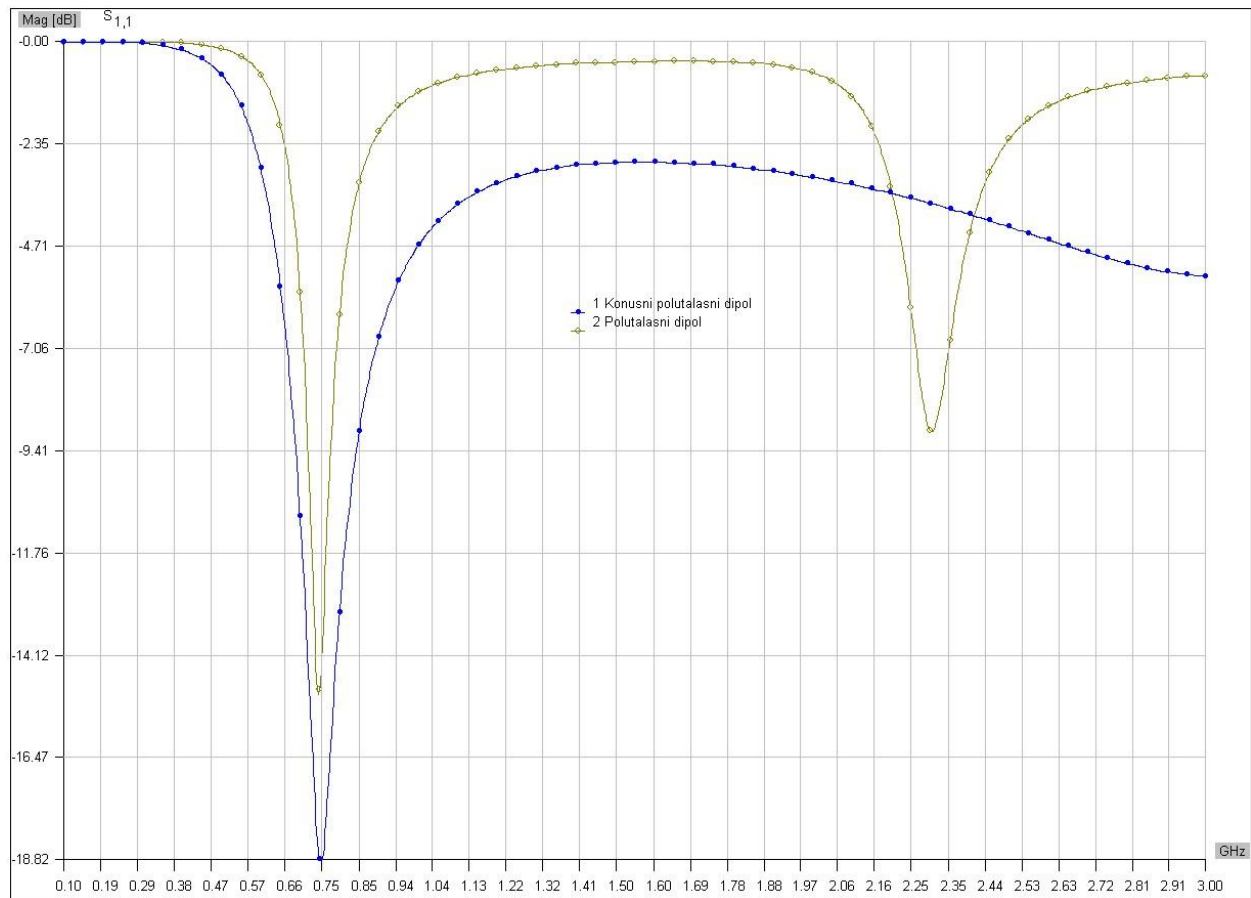
Na slici 1(b) prikazan je parametar  $s_{11}$  (u dB) na osnovu koga možemo steći početnu sliku u vezi sa uskopojasnošću antena i odrediti koeficijente za skaliranje dužina antena potrebne za podešavanje rezonantne učestanosti.



Slika 1(b).

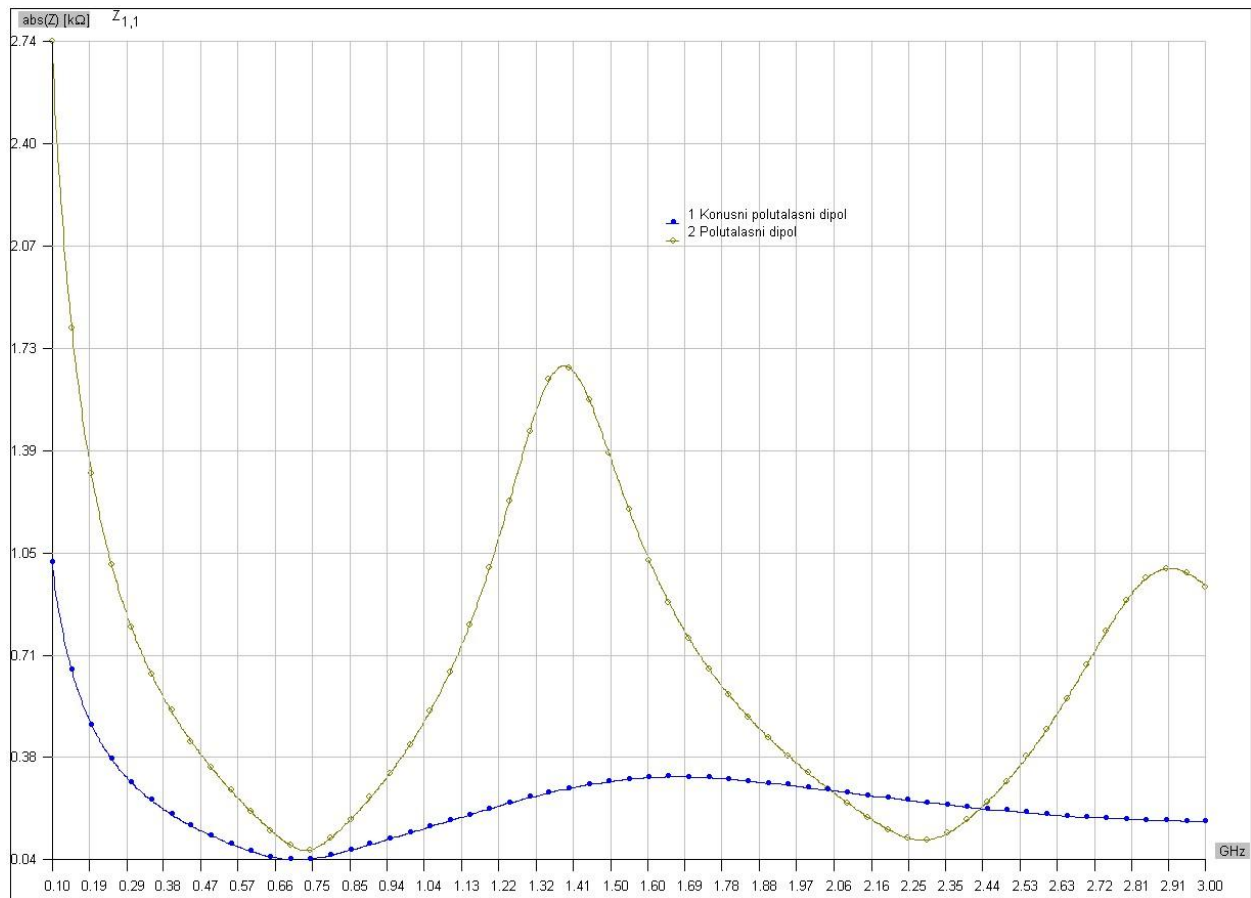
Iako se sa slike 1(b) vidi da je konusni polutalasni dipol širokopojasniji od standardnog polutalasnog dipola, zbog različitih rezonantnih učestanosti nemoguće je sprovesti preciznije poređenje. Modifikovaćemo antene skraćivanjem krakova oba dipola. Cilj je da dipoli imaju minimalan koeficijent refleksije (da budu rezonantni) na centralnoj učestanosti  $f_0$ . Ovo se može postići „ručnom“ promenom parametara, kao i optimizacijom. Zbog dužine izvršavanja optimizacije, promenu parametara ćemo izvršiti ručno.

Pošto su antene strukture skalabilne po dimenziji, dimenzije konusnog polutalasnog dipola treba pomnožiti sa 0,43/0,75, a standardnog polutalasnog dipola sa 0,715/0,75. (Objasniti zašto!). Rezultati za konusni polutalasni dipol i standardni polutalasni dipol, nakon skaliranja dimenzija, prikazani su na slici 1(c).



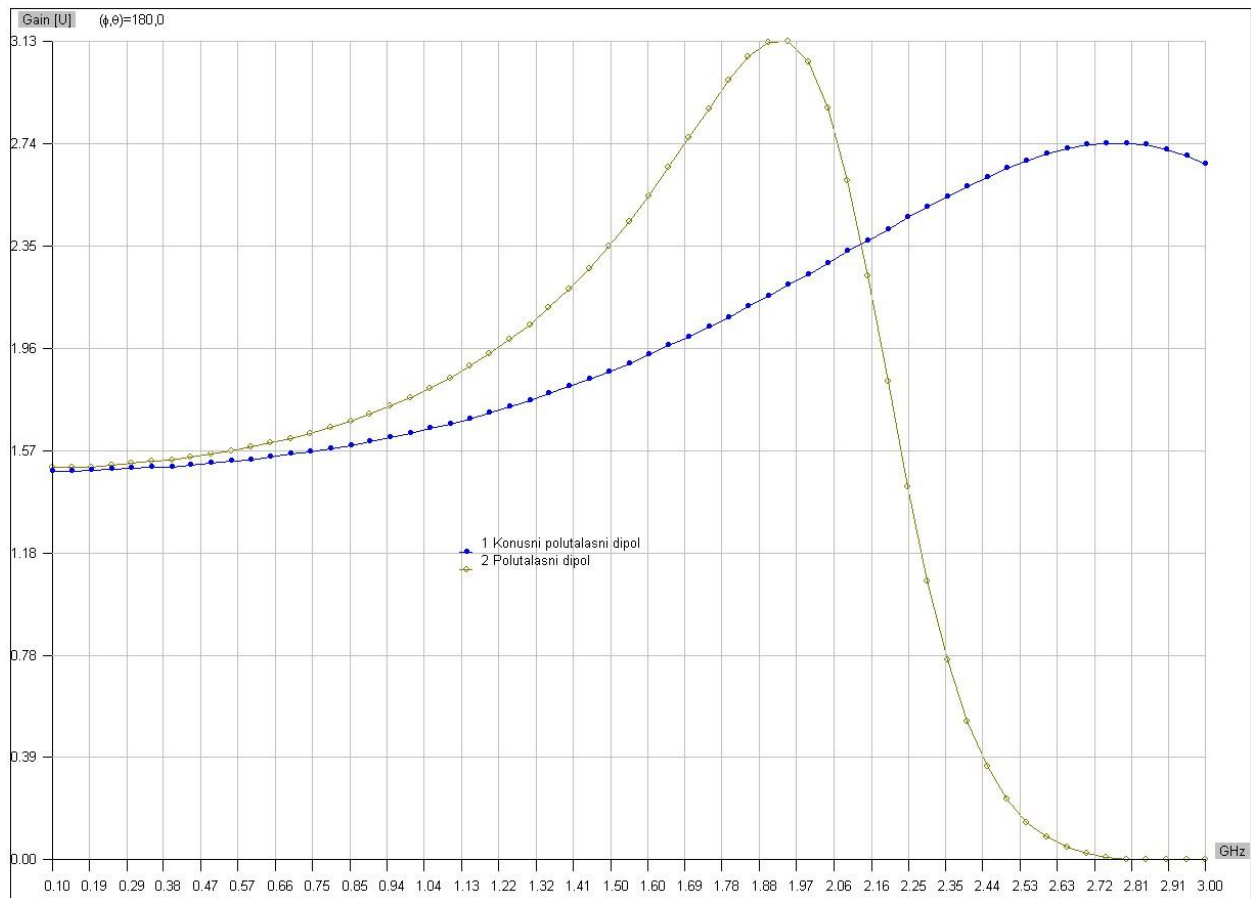
Slika 1(c).

Sa slike 1(c) vidimo, ne samo da je konusni polutalasni dipol (ako se sada uopšte može nazvati polutalasnim) širokopojasniji, već je i postignuto bolje prilagođen na centralnoj učestanosti. Zadržavajući novodobijene brojne vrednosti za dimenzije dipola, prikažimo još i usmerenost antene u funkciji učestanosti, kao i  $z_{11}$  parametar.



Slika 1(d).

I sa slike 1(d) takođe se vidi širokopojsnija priroda konusnog polutalasnog dipola u odnosu na standardni polutalasni dipol.



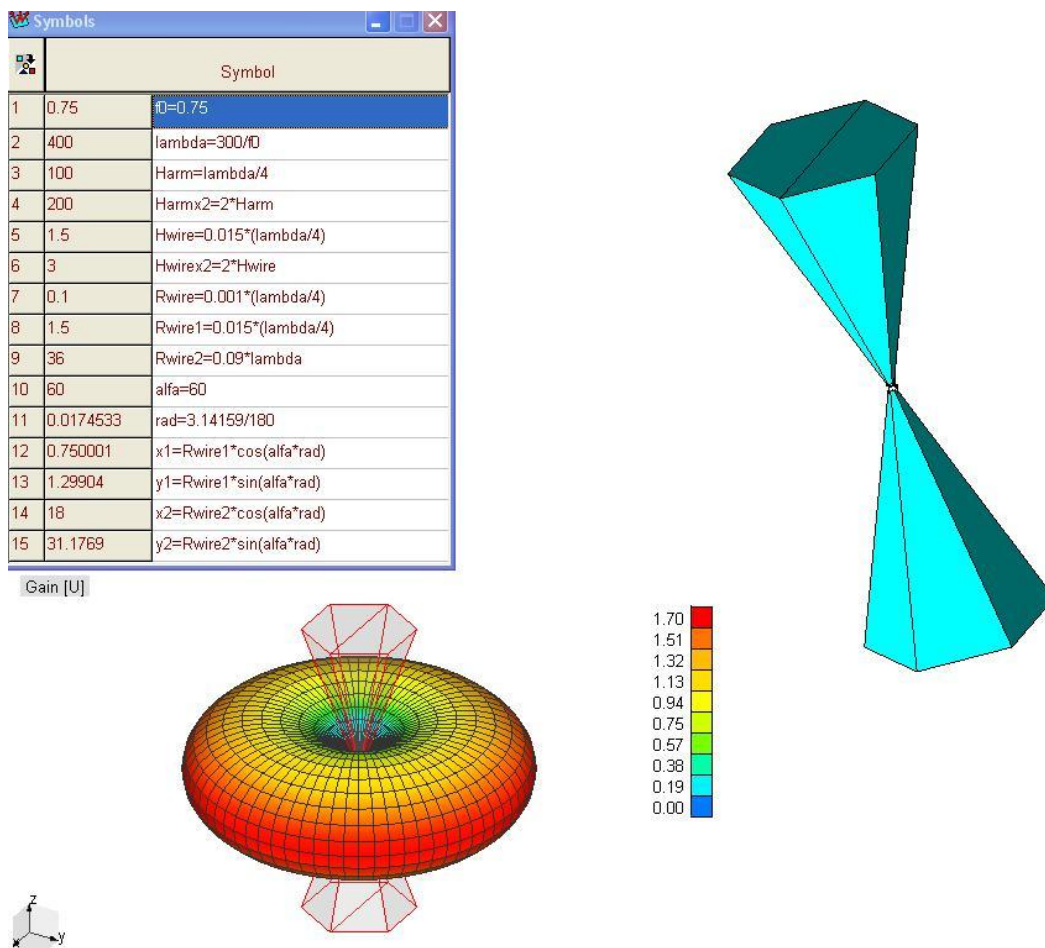
Slika 1(e).

Posmatrajmo usmerenost standardnog polutalasnog dipola, pošto je dužina njegovog kraka malo promenjena u odnosu na početnih  $\lambda_0/4$ . Čak i na učestanostima na kojima dužina kraka postaje veća od  $\lambda_0/2$ , imamo povećanje usmerenosti sa povećanjem učestanosti. Zašto je to tako?

**P02.** Modelovati konusni polutalasni dipol (*Conical Dipole Antenna*) na centralnoj učestanosti  $f_0 = 750$  MHz. Za razliku od primera **P01**, konus je modelovan pomoću ploča. Kružni poprečni presek konusa aproksimirati pravilnim (upisanim) šestougrom. Dimenzije konusnog polutalasnog dipola su:

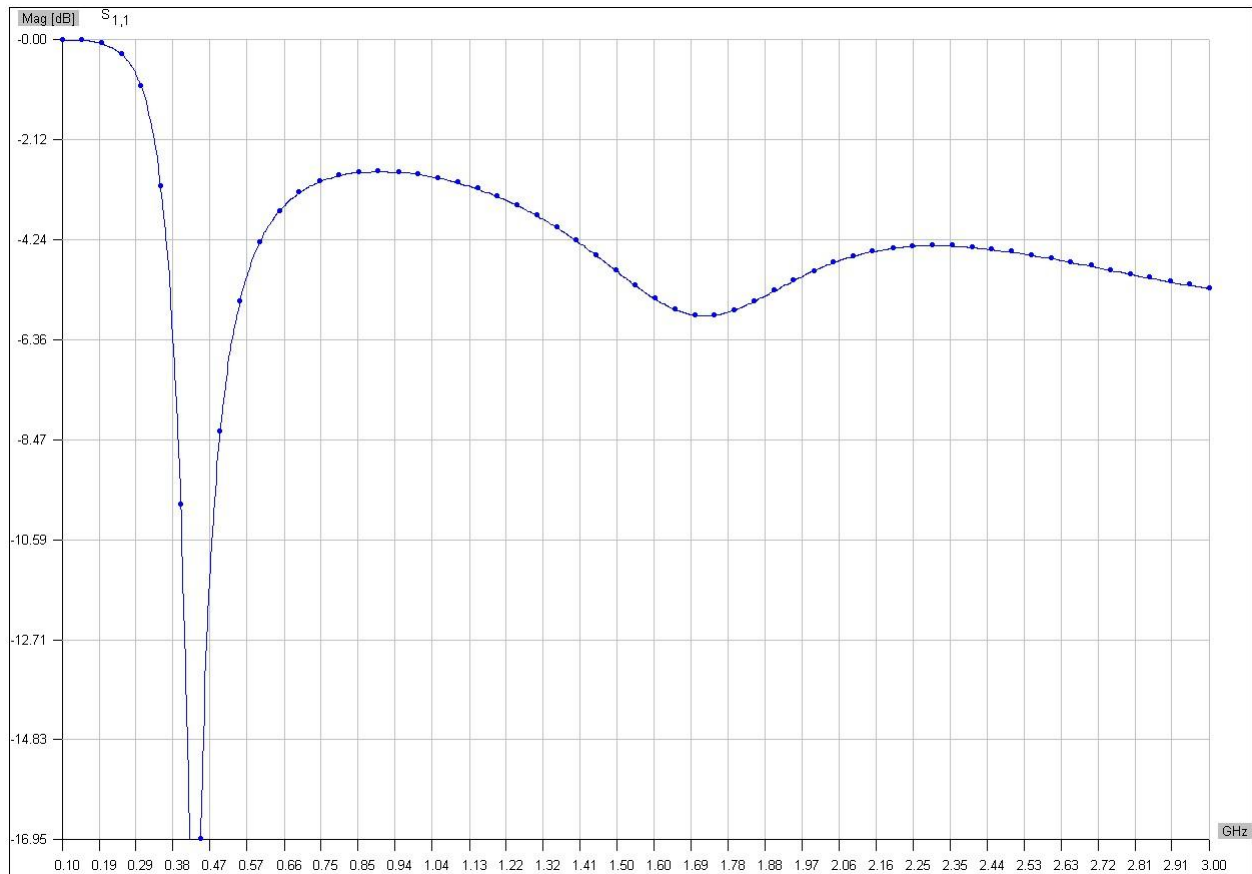
- Početni poluprečnik konusa je  $R_{\text{wire1}} = 0,015 \frac{\lambda_0}{4}$ ,
- Krajnji poluprečnik konusa je  $R_{\text{wire2}} = 0,09\lambda_0$ .
- Dužina jednog kraka sonde za napajanje je  $H_{\text{wire}} = 0,015 \frac{\lambda_0}{4}$ .
- Poluprečnik sonde za napajanje je  $R_{\text{wire}} = 0,001 \frac{\lambda_0}{4}$ , gde  $\lambda_0$  predstavlja talasnu dužinu u vakuumu na centralnoj učestanosti.

Rezultate simulacije, dijagram zračenja, s parametre i z parametre posmatrati u opsegu učestanosti od 100MHz do 3GHz. Rezultate uporediti sa standardnim polutalasnim dipolom i konusnim polutalasnim dipolom (iz prethodnog primera **P01**). Zaključiti na koji način povećanje poluprečnika dipola utiče na njegovu širokopoljnost. Skaliranjem dimenzija antene podesiti joj rezonantnu učestanost na  $f_0$ .



Slika 2(a).

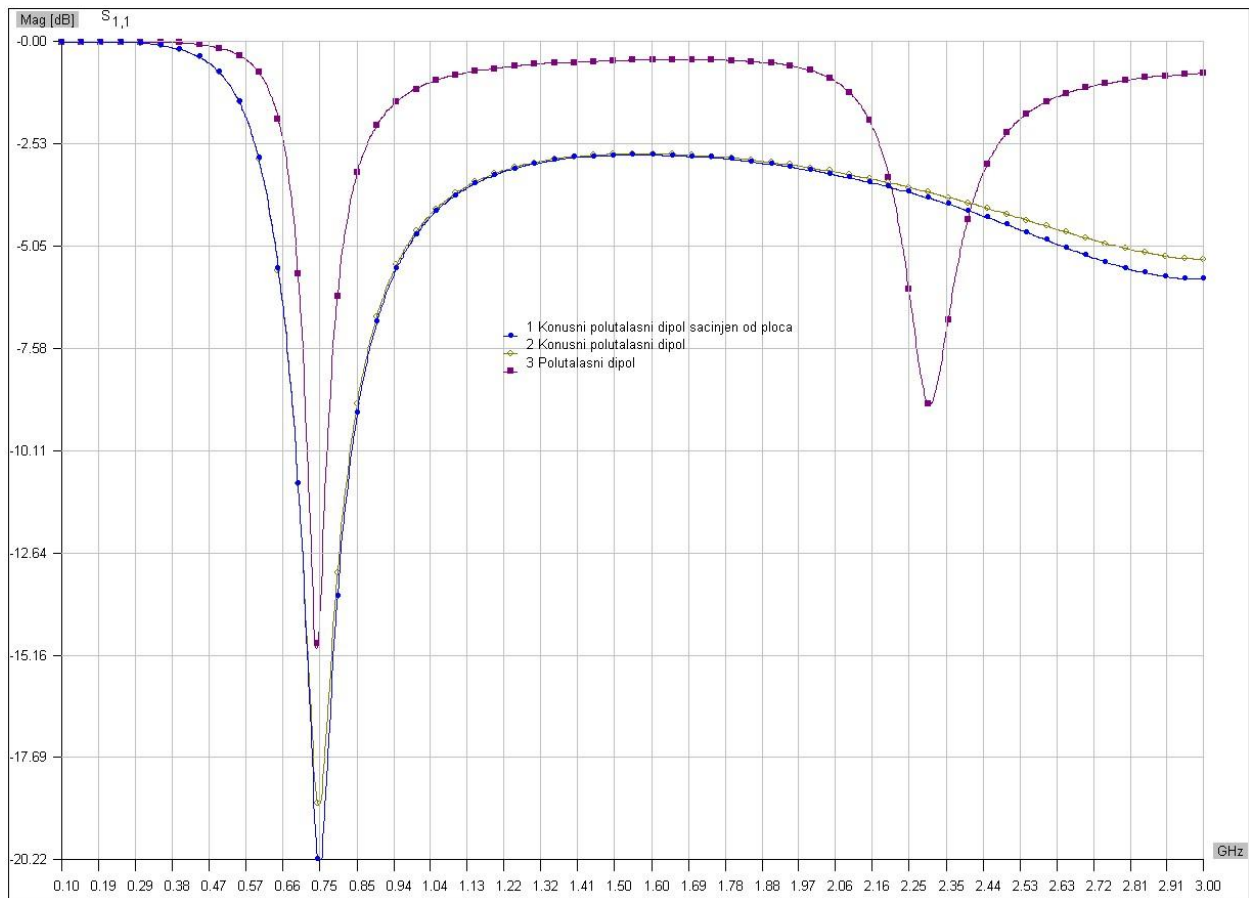
Na slici 2(b) prikazan je parametar  $s_{11}$ , na osnovu koga možemo steći početnu sliku u vezi sa širokopojasnošću antene i odrediti koeficijent za skaliranje dimenzija antene potreban za podešavanje rezonantne učestanosti.



Slika 2(b).

U cilju podešavanja rezonantne učestanosti, modifikovaćemo antenu skraćivanjem krakova konusnog polutalasnog dipola sačinjenog od ploča. Cilj nam je da dipol ima minimalan koeficijent refleksije (da bude rezonantan) na centralnoj učestanosti  $f_0$ . Ovo se može postići „ručnom“ promenom parametara, kao i optimizacijom. Zbog dužine izvršavanja optimizacije, promenu parametara ćemo izvršiti ručno.

Pošto su antene strukture skalabilne po dimenziji, dužinu kraka konusnog polutalasnog dipola sačinjenog od ploča treba pomnožiti sa  $0,435/0,75$ . (Objasniti zašto!). Rezultati za konusni polutaladni dipol, konusni polutaladni dipol sačinjen od ploča i standardni polutaladni dipol, nakon promena dužina krakova, prikazani su na slici 2(c).

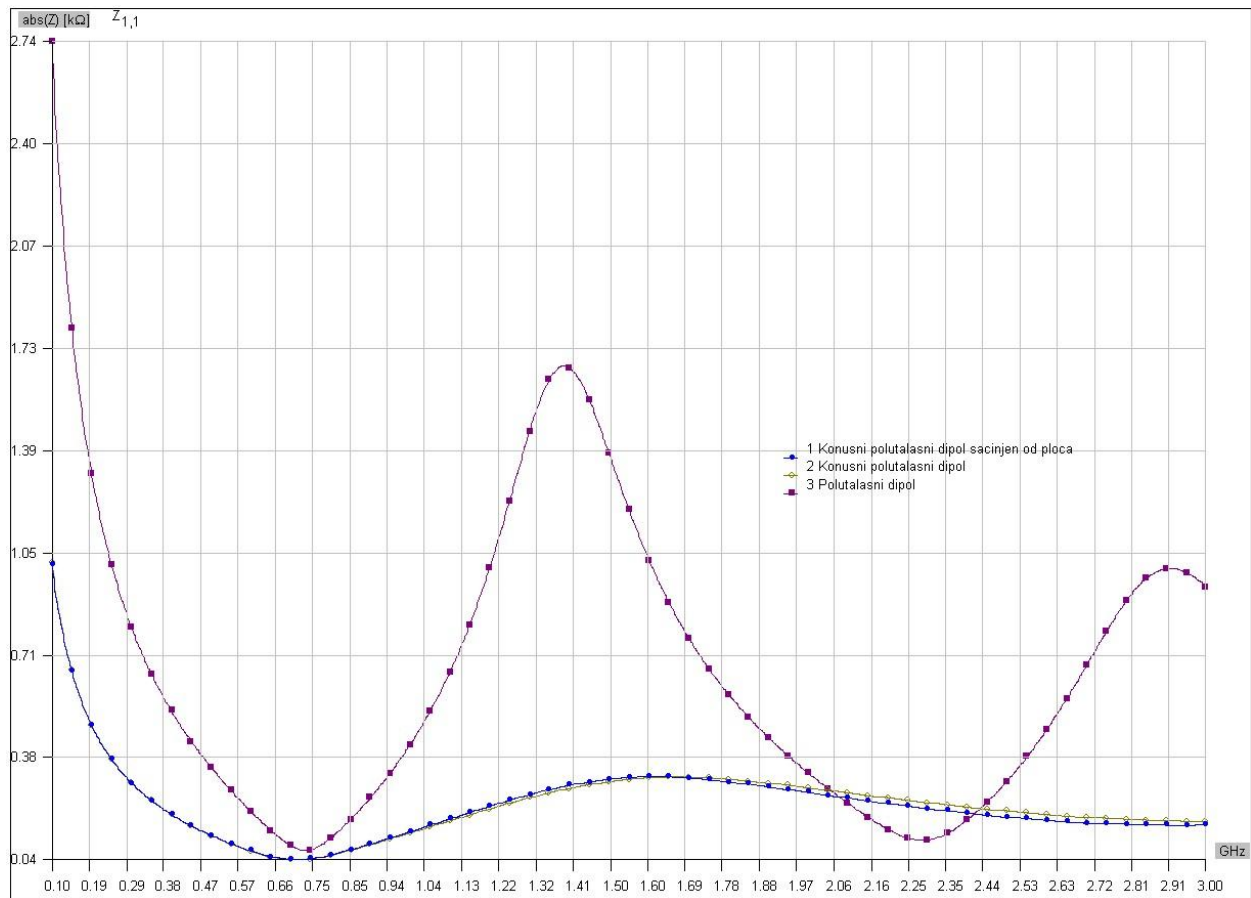


Slika 2(c).

Sa slike 2(c) se vidi da su oba tipa konusnog polutalasnog dipola (sačinjenog od žica i sačinjenog od ploča), širokopojasniji od klasičnog polutalasnog dipola. Može se primetiti dobro slaganje rezultata konusnog polutalasnog dipola sačinjenog od žica i konusnog polutalasnog dipola sačinjenog od ploča na nižim učestanostima.

Preporuka je da ne bi trebalo prelaziti  $0,1\lambda_0$  sa početnim poluprečnikom konusa, kada se on modeluje pomoću ploča, zbog dobre definicije *junction*-a [WIPL-D User's Manual - 7.1.3.2 Bowtie Antenna].

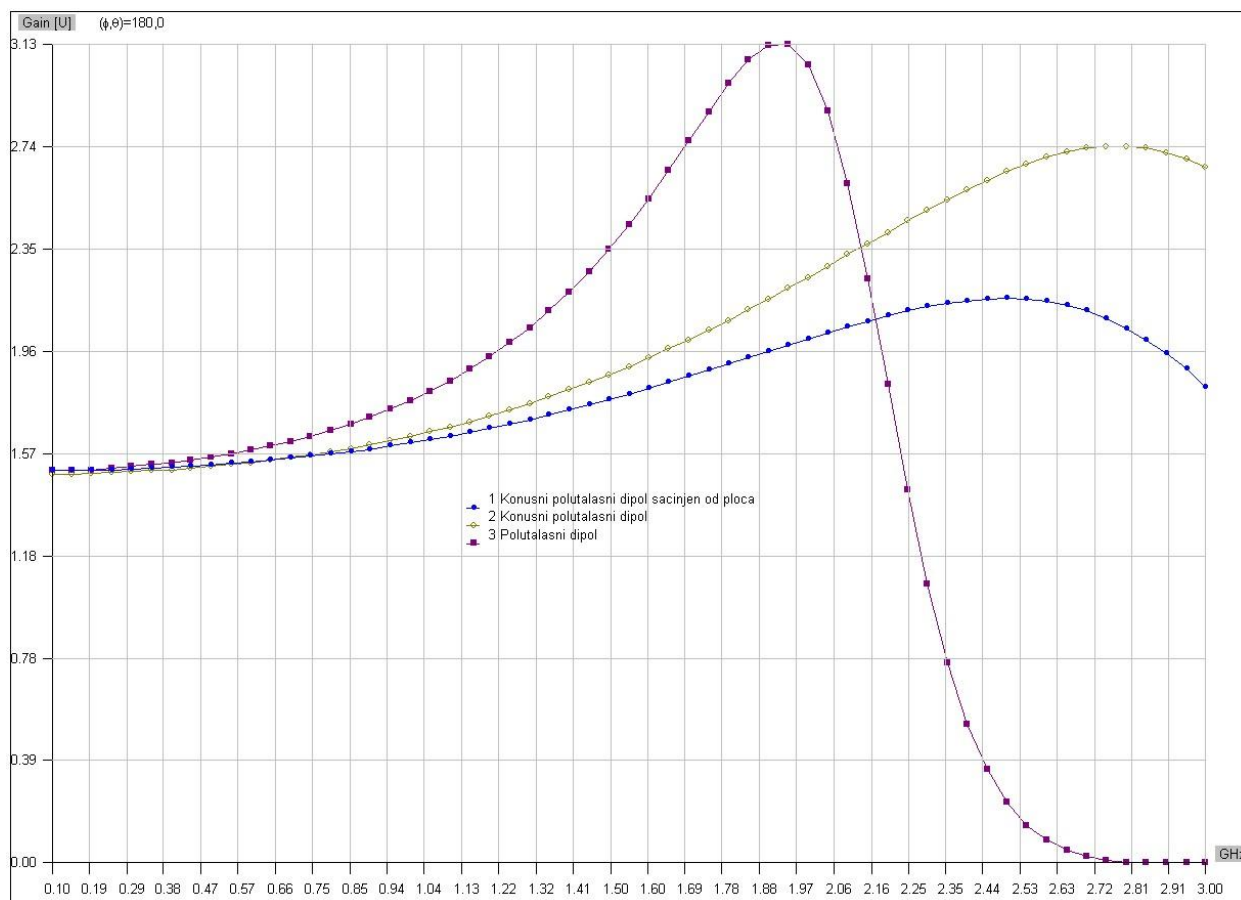




Slika 2(d).

Sa slike 2(d) se vidi širokopojsniji karakter oba tipa konusnih polutalasnih dipola u odnosu na standardni polutalasni dipol, kao što je već primećeno na slici 2 (c).

Na slici 2(e) dat je uporedni prikaz usmerenosti za sva tri tipa polutalasnih dipola u funkciji učestanosti.



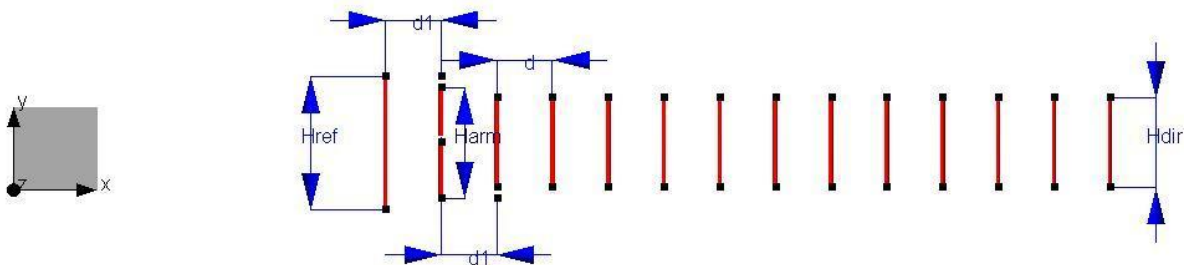
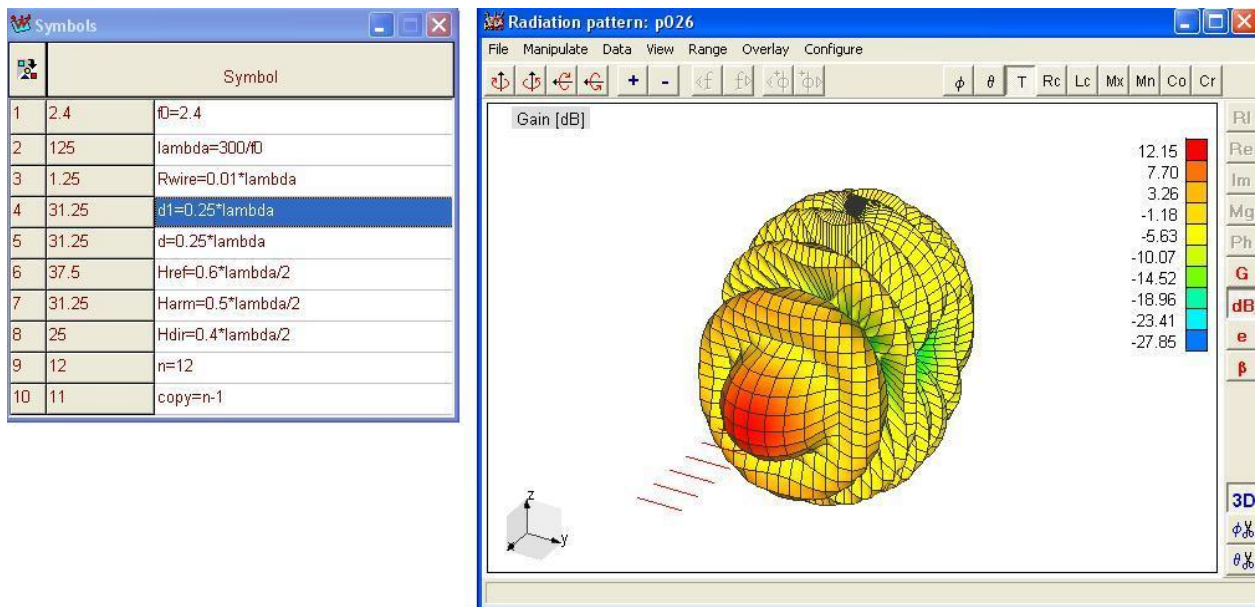
Slika 2(e).

Sa slike 2(e) se vidi da usmerenost za obe realizacije konusnih polutalasnih dipola ima sličan oblik u funkciji učestanosti, ali da realizacija konusnog polutalasnog dipola sa žicama ima veći dobitak. Važe svi, do sada izvedeni zaključci u vezi sa širokopojasnošću.

**P03.** Projektovati *yagi* antenu na centralnog učestanosti  $f_0 = 2,4\text{GHz}$  (IMS opseg). Početne dimenzije antene su:

- Dužina reflektora je  $H_{\text{ref}} = 0,6\lambda_0$ .
- Dužina direktora je  $H_{\text{dir}} = 0,4\lambda_0$ .
- Dužina napojnog dipola je  $H_{\text{arm}} = 0,5\lambda_0$ .
- Rastojanje od napajanog dipola do reflektora, kao i rastojanje od napajanog dipola do prvog direktora je  $d_1 = 0,25\lambda_0$ .
- Međusobno rastojanje direktora je  $d = 0,25\lambda_0$ ,
- Poluprečnik žice je  $R_{\text{wire}} = 0,01\lambda_0$ , gde  $\lambda_0$  predstavlja talasnu dužinu u vakuumu.
- Broj direktora je  $N = 12$ .

Prikazati 3D dijagram zračenja *yagi* antene izražen u dB.

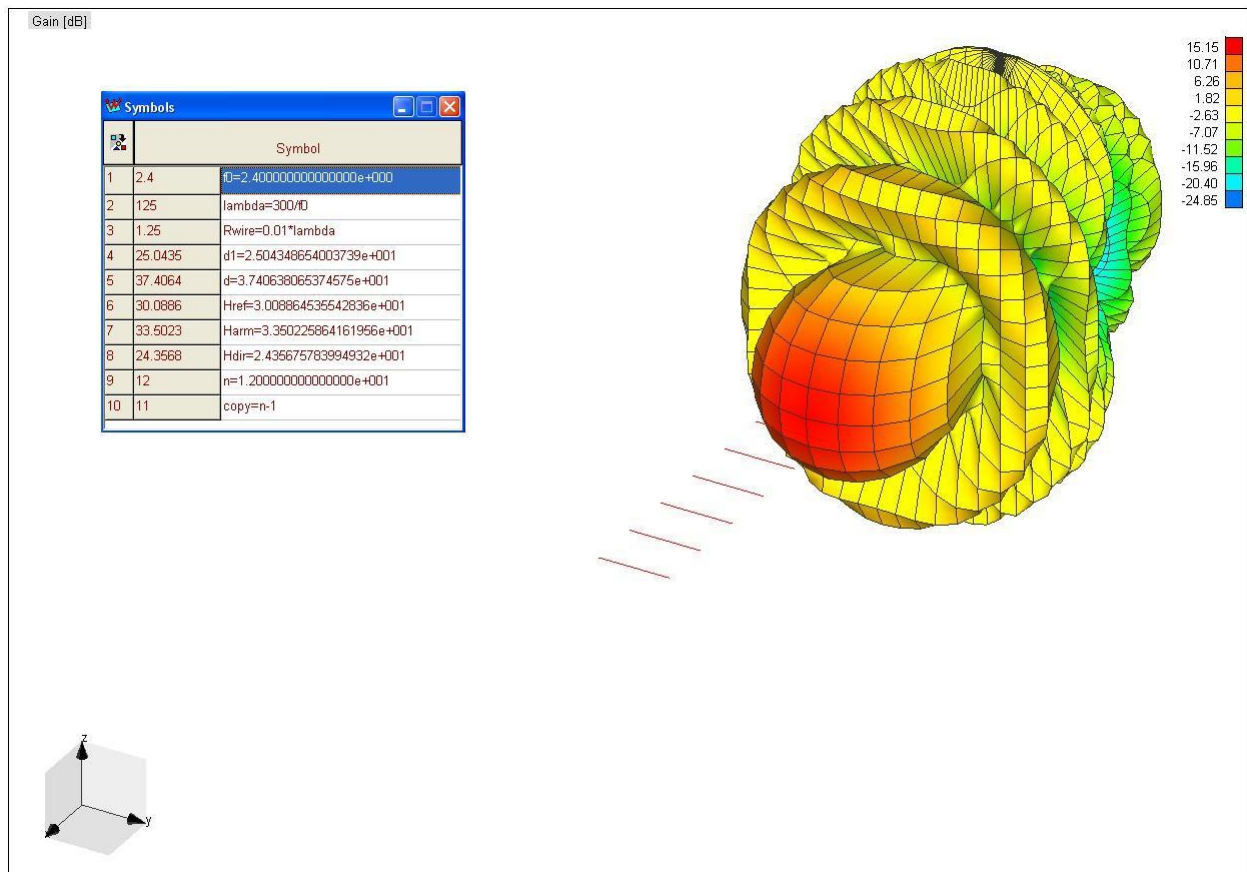


Slika 3(a).

U sledećem koraku potrebno je optimizovati antenu. Kriterijum za optimizaciju je maksimiziranje usmerenosti u pravcu glavnog zračenja antene.

Parametri čije se brojne vrednosti optimizuju su:  $H_{ref}$ ,  $H_{dir}$ ,  $H_{arm}$ ,  $d_1$  i  $d$ .

Brojne vrednosti svih parametara koje se optimizuju treba menjati u granicama od  $\pm 20\%$  u odnosu na početne brojne vrednosti. Prikazati 3D dijagram zračenja antene izražen u dB.



Slika 3(b).

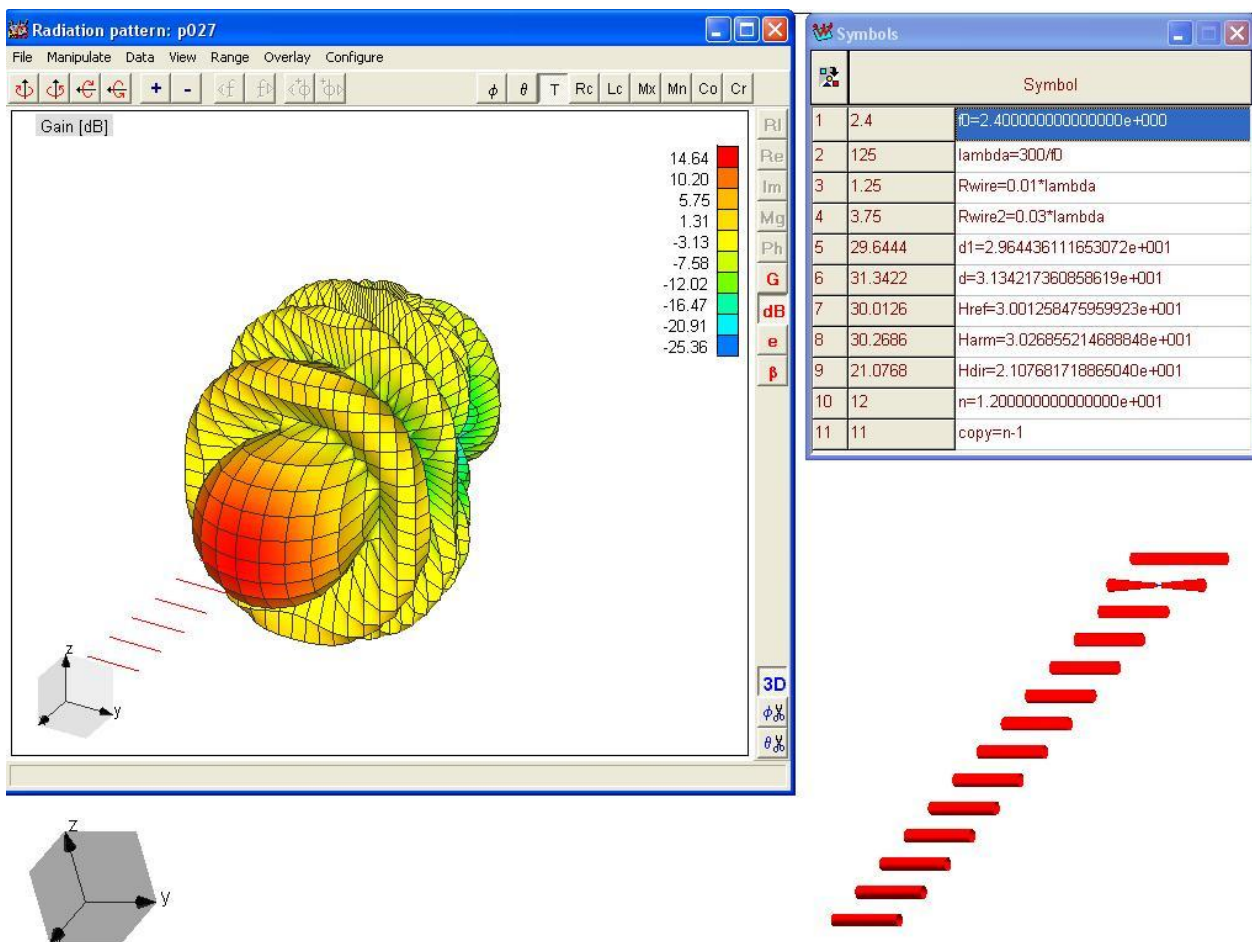
Nakon optimizacije, usmerenost antene je oko 15,15dBi, što je za oko 3dB više u odnosu na početno rešenje.

**P04.** Ponoviti prethodni primer (**P03**) uz sledeće izmene:

- Povećati poluprečnik reflektora i direktora na  $R_{\text{wire2}} = 0,03\lambda_0$ .
- Umesto klasičnog napojnog dipola, koristiti konusni napojni dipol, kod koga je krajnji poluprečnik žice  $R_{\text{wire}} = 0,03\lambda_0$ , a početni poluprečnik žice (na strani generatora)  $R_{\text{wire}} = 0,01\lambda_0$ .

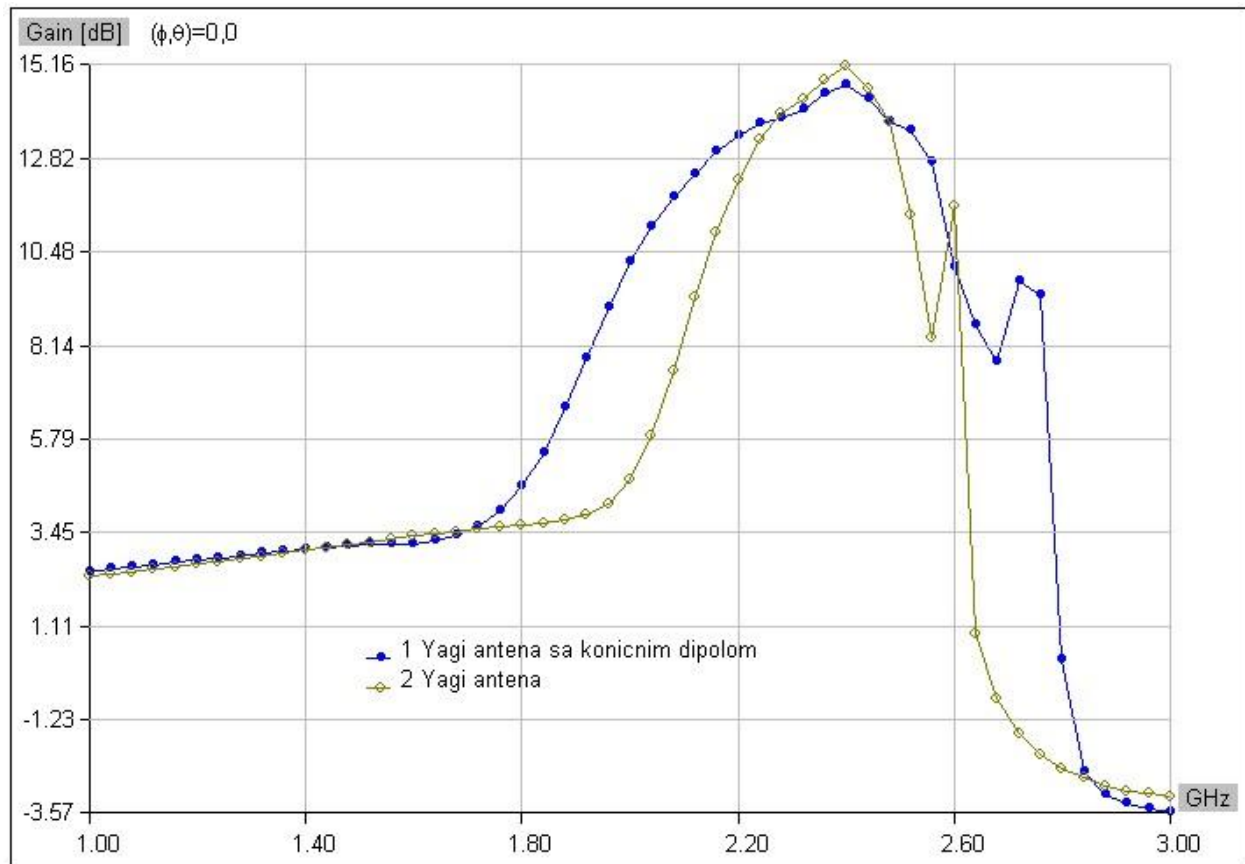
Potrebno je optimizovati antenu. Kriterijum optimizacije, skup parametara koji se optimizuju i njihove granice brojnih vrednosti isti je kao u prethodnom primeru **P03**. Nakon optimizacije na jednom grafiku dati uporedni prikaz usmerenosti (optimizovanih) antena iz primera **P03** i **P04** u opsegu učestanosti od 1GHz do 3GHz.

Nakon optimizacije 3D dijagram zračenja *yagi* antene prikazan je na slici 4(a).



Slika 4(a).

Na slici 4(b) prikazana je usmerenost antene u funkciji učestanosti za (optimizovane) antene iz primera **P03** i **P04**.



Slika 4(b).

Dobitak antene koji se ne menja mnogo u odnosu na maksimalnu vrednost u relativno širokom propusnom opsegu dobija se povećanjem poluprečnika kako reflektora i direktora, tako i zamenom polutalasnog dipola koničnim polutalasnim dipolom. Sa slike 4(b) vidimo da je (optimizovana) *yagi* antena iz primera **P04** širokopojasnija u odnosu na (optimizovanu) *yagi* antenu iz primera **P03**.