

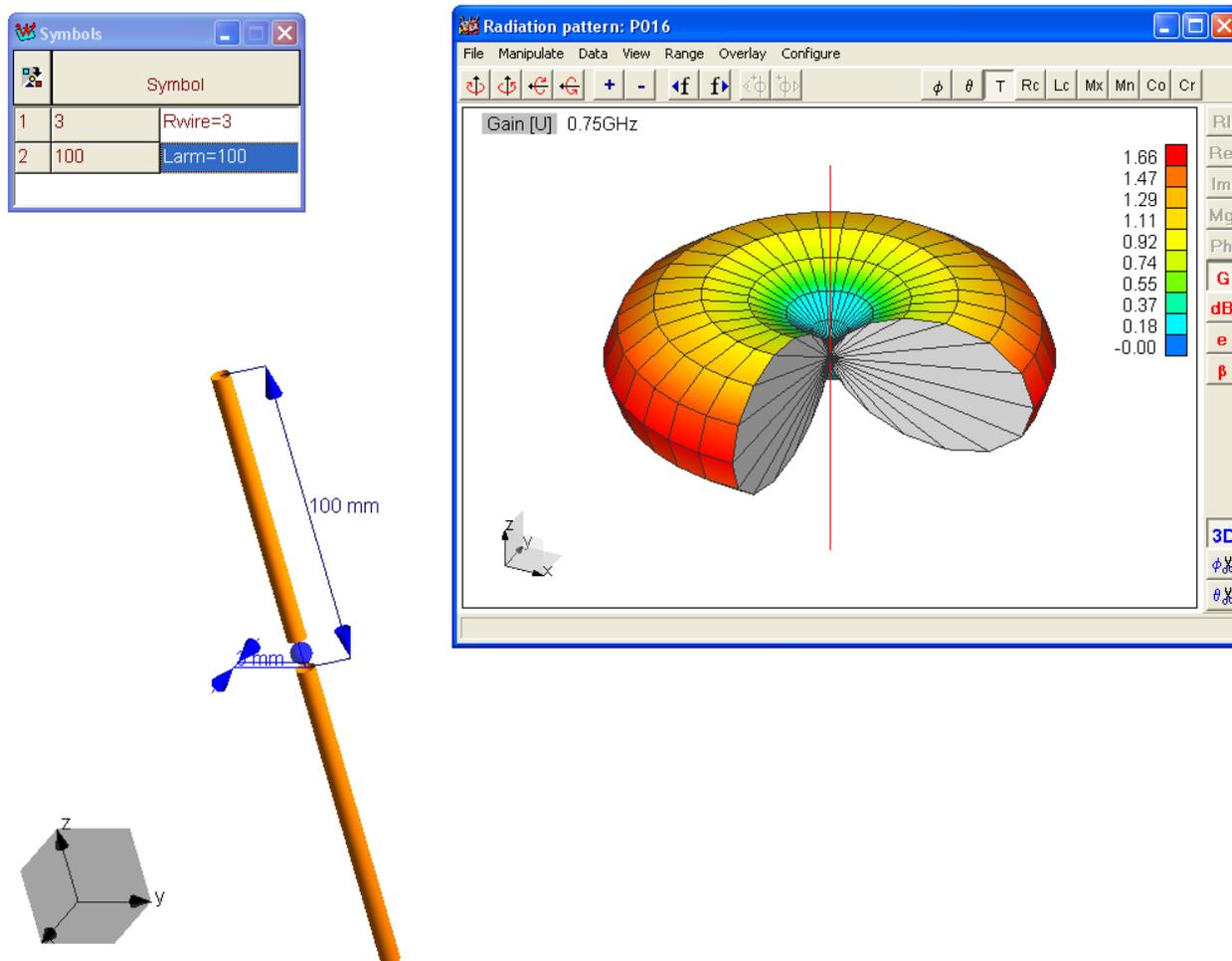
Čas 2. 3D-EM modelovanje metalnih struktura. Uvod u modelovanje dielektričnih struktura.

P01. Modelovati polutalasni dipol na učestanosti $f_0 = 750$ MHz [WIPL-D, Examples 7.6.1.1].

- Krak dipola je dužine $L_{\text{arm}} = \lambda_0 / 4 = 100$ mm, a poluprečnik žice od koje je napravljen polutalasni dipol je $R_{\text{wire}} = 3$ mm.
- Prikazati rezultate (dijagram zračenja, ulaznu impedansu, blisko polje i raspodelu struje) u opsegu učestanosti od 0,5GHz do 1GHz.

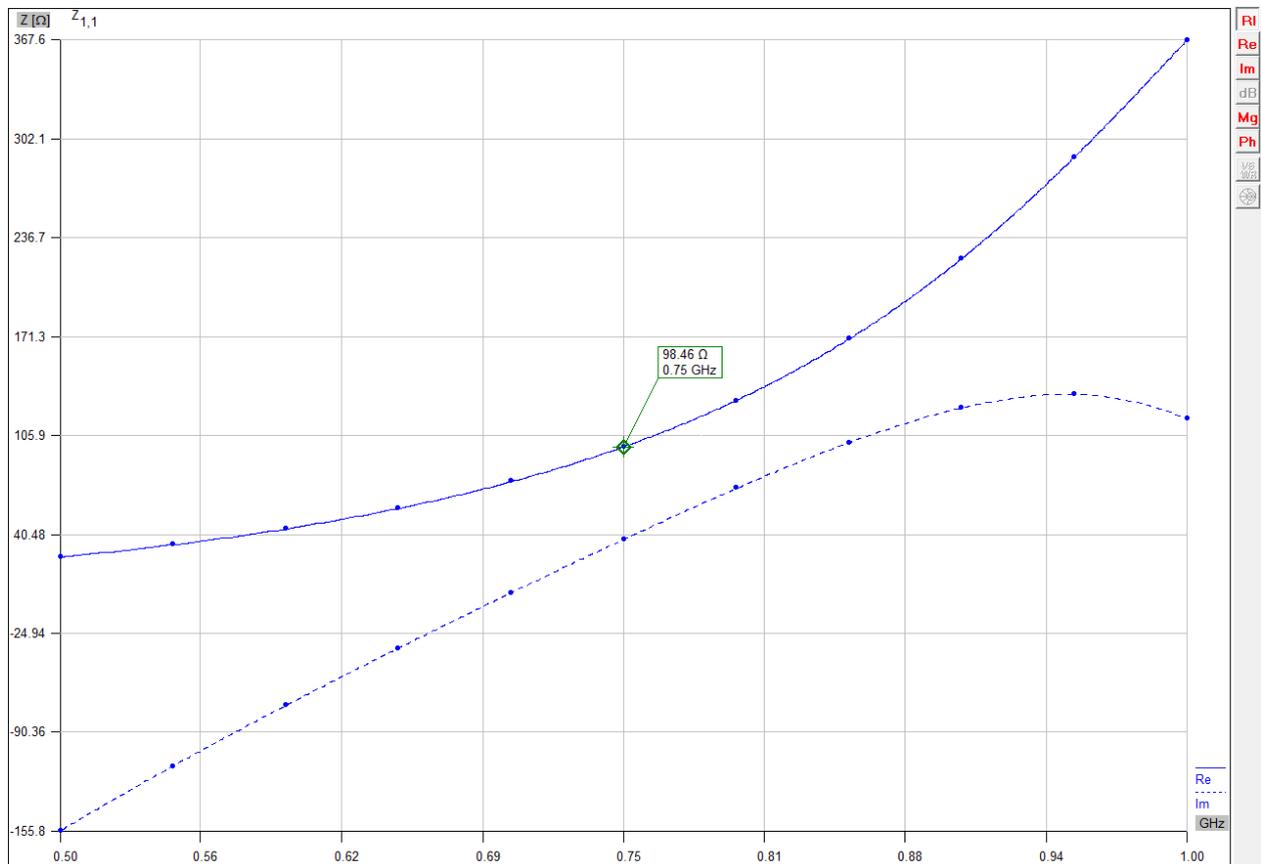
Rešenje:

- Dijagram zračenja sličan je teorijskom, koji se dobija za beskonačno taknu žicu i sinusnu aproksimaciju raspodele struje (slika 1(a)).
- Usmerenost antene na centralnoj učestanosti je oko 1,66 (teorijska vrednost je 1,64).



Slika 1(a).

- Ulazna otpornost (otpornost zračenja) antene od $98,46\Omega$ i značajno je veća je od teorijske (73Ω) (slika 1(b)).



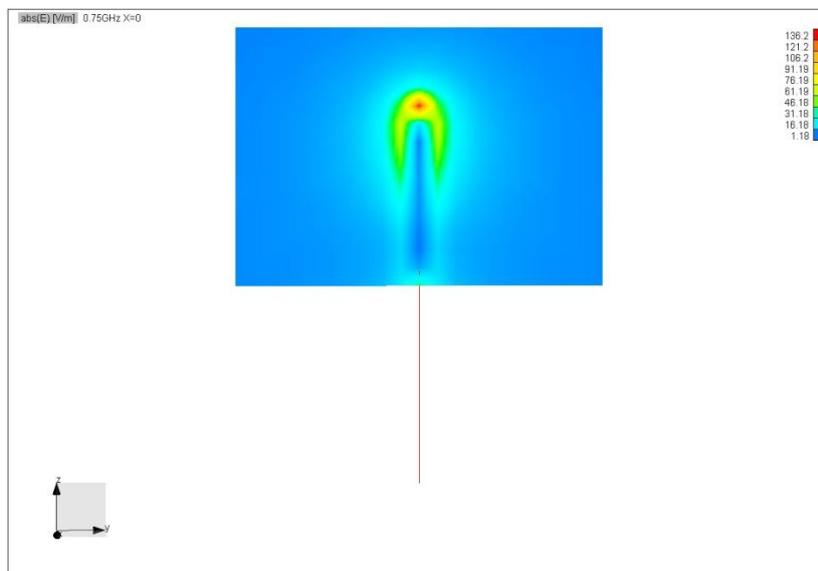
Slika 1 (b).

- Smanjivanjem poluprečnika žice, brojna vrednost ulazne otpornosti (otpornosti zračenja) približava se teorijskoj. Rešenja su prikazana u tabeli 1(c).

Rwire [mm]	Zreal [Ω]
1.00E+00	88.85
1.00E-02	78.51
1.00E-04	76.30
1.00E-06	75.35
1.00E-08	74.83
1.00E-10	74.50
1.00E-12	74.27
1.00E-14	74.15

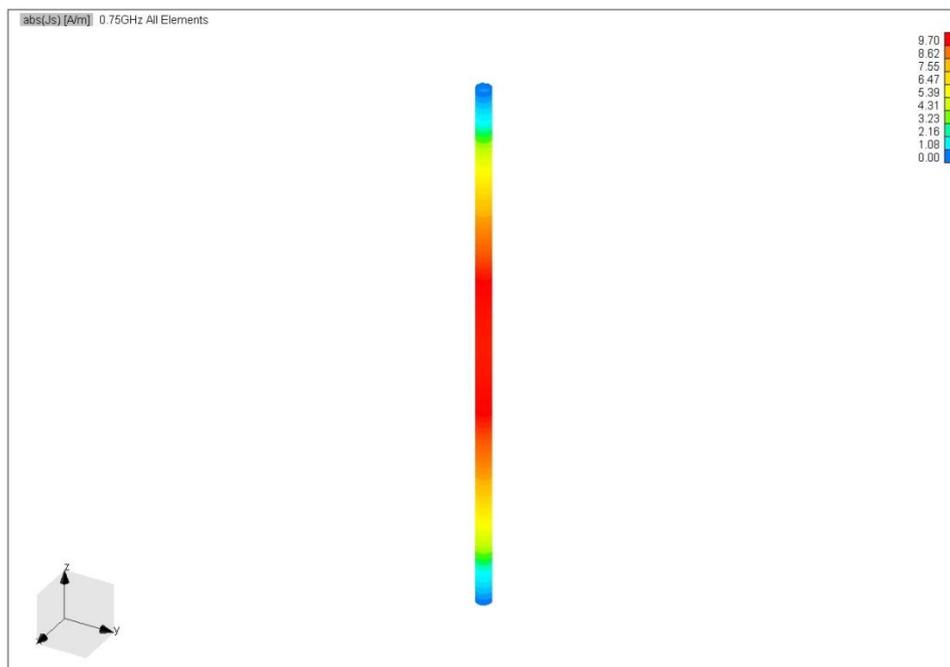
Tabela 1(c).

Raspodela (efektivne vrednosti) električnog polja u blizini antene u ravni u kojoj se nalazi polutalasni dipol, na centralnoj učestanosti, prikazana je u vidu animacije na slici 1(d).



Slika 1(d).

Raspodela efektivne vrednosti aksijalne komponente podužne gustine površinske električne struje duž polutalasnog dipola, na centralnoj učestanosti, prikazana je u vidu animacije na slici 1(e).



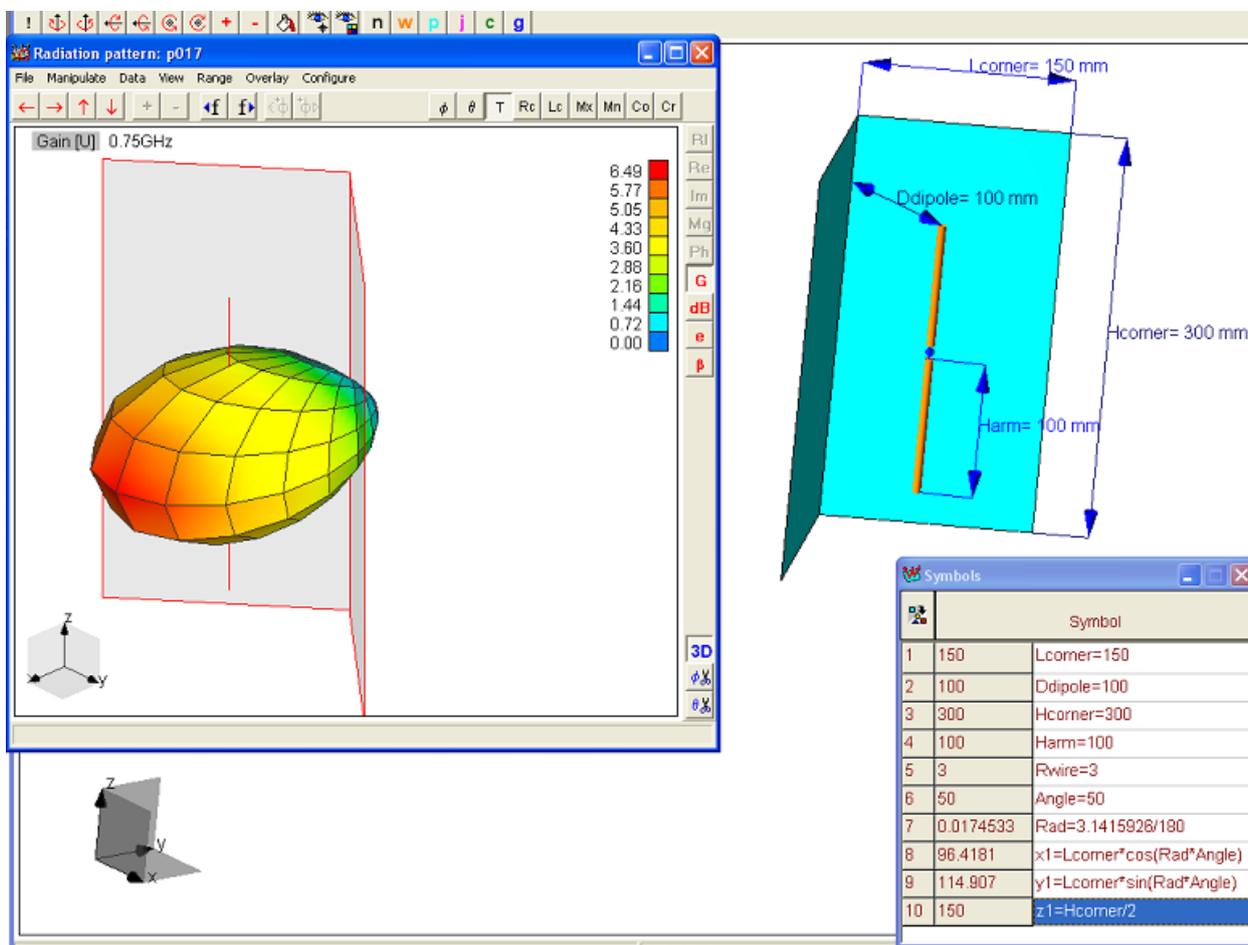
Slika 1(e).

P02. Modelovati polutalasni dipol sa ugaonim reflektorom [WIPL-D, Examples 7.6.3.1].

- Na centralnoj učestanost $f_0 = 750 \text{ MHz}$, dužina kraka polutalasnog dipola je $H_{\text{arm}} = \lambda_0 / 4 = 100 \text{ mm}$, a poluprečnik žice od koje je napravljen polutalasni dipol je $R_{\text{wire}} = 3 \text{ mm}$. Reflektor je električno savršeno provodan (PEC), kvadratnog oblika dužine stranice 300 mm , savijen duž polovine jedne stranice pod uglom $2\alpha = 100^\circ$. Polutalasni dipol postavljen je simetrično u odnosu na ugaoni reflektor na rastojanju $D_{\text{dipole}} = 100 \text{ mm}$, kao na slici 2(a).
- Prikazati rezultate (usmerenost i koeficijent stojećih talasa) u opsegu učestanosti od $0,5 \text{ GHz}$ do 1 GHz . Uporediti rezultate sa rezultatima za polutalasni dipol bez ugaonog reflektora.

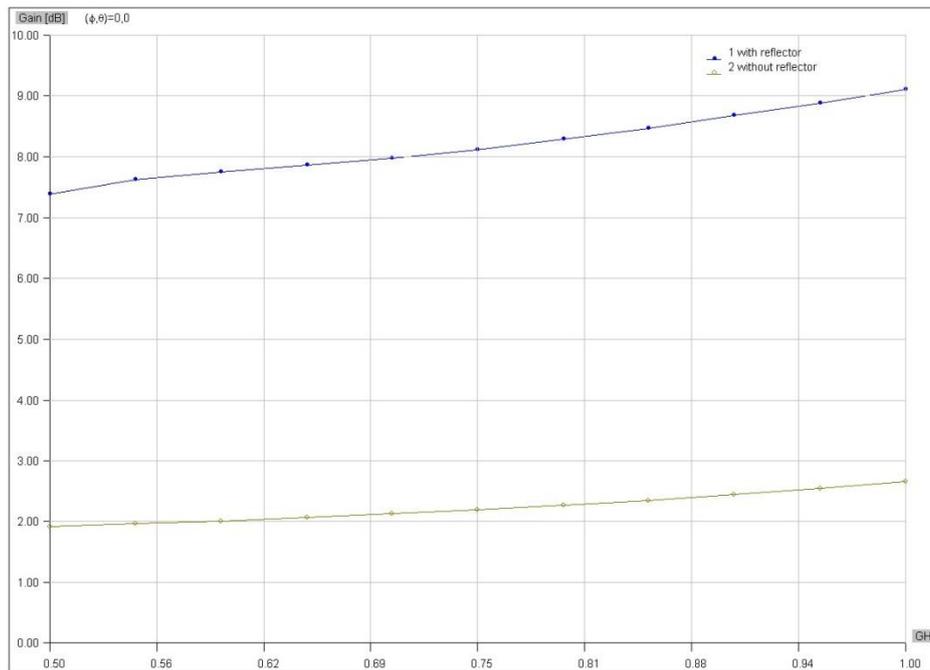
Rešenje:

- Sa pravilno odabranim dimenzijama, ugaoni reflektor može povećati usmerenost polutalasnog dipola za oko 6 dB . Korišćenjem ugaonog reflektora, antena postaje uskopojasnija.



Slika 2(a).

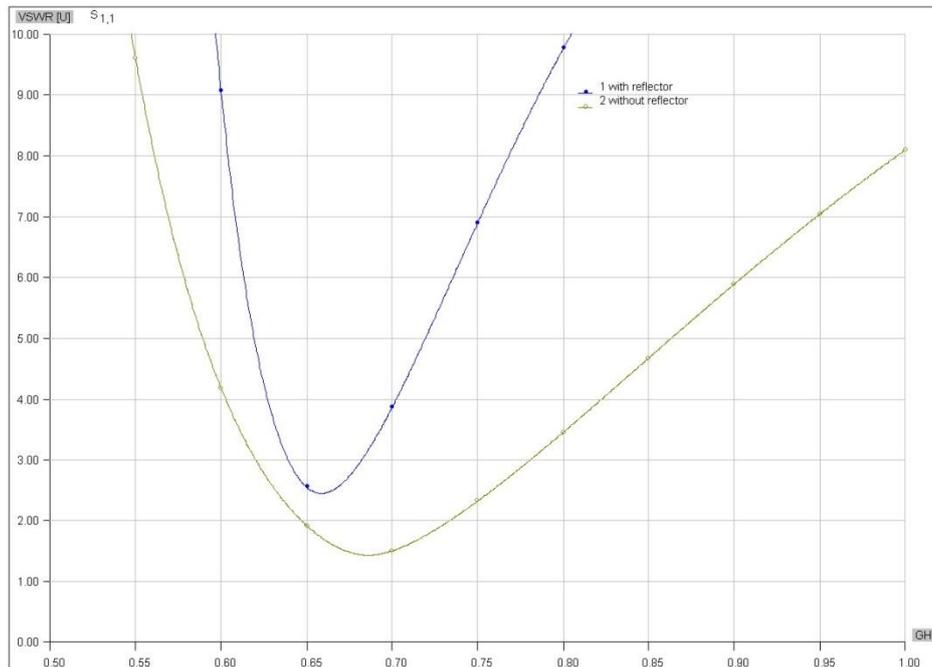
Uporedni grafik dobitka polutalasnog dipola, sa i bez ugaonog reflektora, prikazan je na slici 2(b).



Slika 2(b).

Sa grafika se jasno vidi da je dodavanjem ugaonog reflektora postignuto povećanje dobitka za skoro 6dB .

Uporedni grafik VSWR-a polutalasnog dipola sa i bez ugaonog reflektora, prikazan je na slici 2(c).



Slika 2(c).

Sa slike 2(c) jasno se vidi da polutalasnog dipola postaje uskopojniji dodavanjem ugaonog reflektora.

Napomena: Isti primer ponoviti korišćenjem ravni simetrije i ravni antisimetrije [WIPL-D, 3D EM Users Guide 7.5.2]. Na ovaj način smanjuje se broj nepoznatih koeficijenata aproksimacije struja koje treba izračunati. Gde god to situacija dozvoljava, treba koristiti ravni simetrije i antisimetrije.

Domaći: Menjati ugao ugaonog reflektora ($Angle = \{25^{\circ}, 50^{\circ}, 100^{\circ}\}$) i visinu ugaonog reflektora (H_{corner}). Posmatrati promenu dobitka antene.

P03. Modelovati GSM antenu postavljenu na mobilni telefon (3D-EM modelovanje metalnih struktura) [WIPL-D, 3D Electromagnetic Modeling 3.2.1].

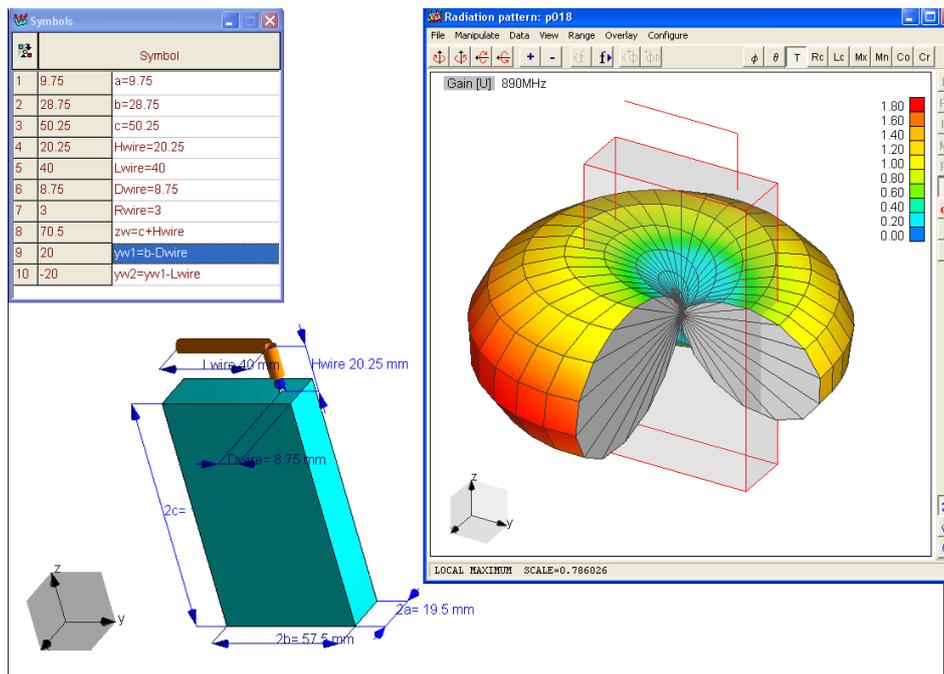
- Mobilni telefon modelovan je kao savršeno (električno) provodan kvadar dužina stranica $2a$, $2b$ i $2c$. GSM antena mobilnog telefona modelovana je kao L-monopol dužine L_{wire} i visine H_{wire} . Monopol je pomeren u odnosu na ivicu mobilnog telefona za D_{wire} , kao na slici 3(a). Poluprečnik žice od koje je napravljen L-monopol je R_{wire} .
- Dimenzije strukture su:
 $a = 9,75 \text{ mm}$, $b = 28,75 \text{ mm}$, $c = 50,25 \text{ mm}$, $H_{\text{wire}} = 20,25 \text{ mm}$, $L_{\text{wire}} = 40 \text{ mm}$, $D_{\text{wire}} = 8,75 \text{ mm}$,
 $R_{\text{wire}} = 3 \text{ mm}$.

Mobilni telefon radi u opsegu učestanosti od 890MHz do 960MHz (GSM opseg).

Odrediti dijagram zračenja, raspodelu bliskog polja, raspodelu struje i (kompleksnu) ulaznu admitansu u posmatranom (GSM) opsegu učestanosti.

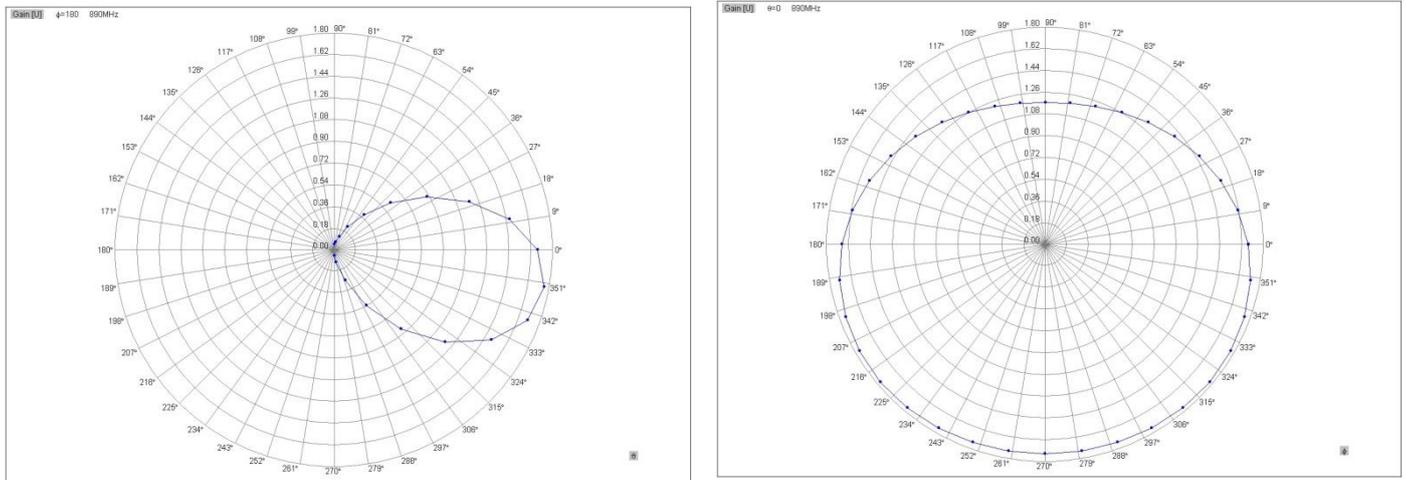
Napomena:

- Primititi postojanje eksplicitnog električnog spoja (*junction*) na spoju monopola i ploče gornje stranice mobilnog telefona.



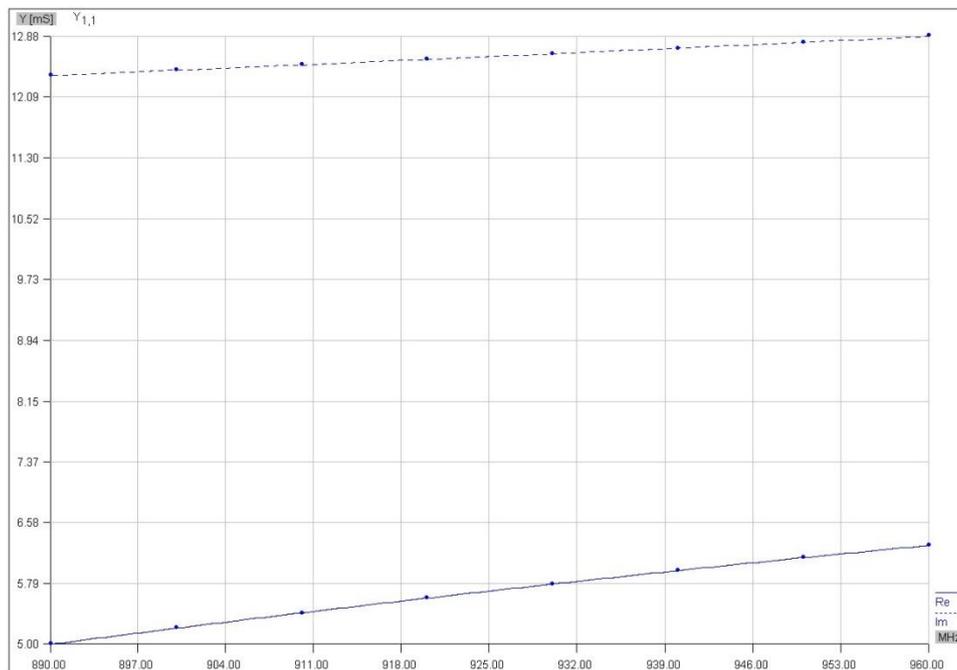
Slika 3(a).

Na slici 3(b) prikazan je dijagram zračenja mobilnog telefona sa L-monopol GSM antenom za određene θ i φ preseke.



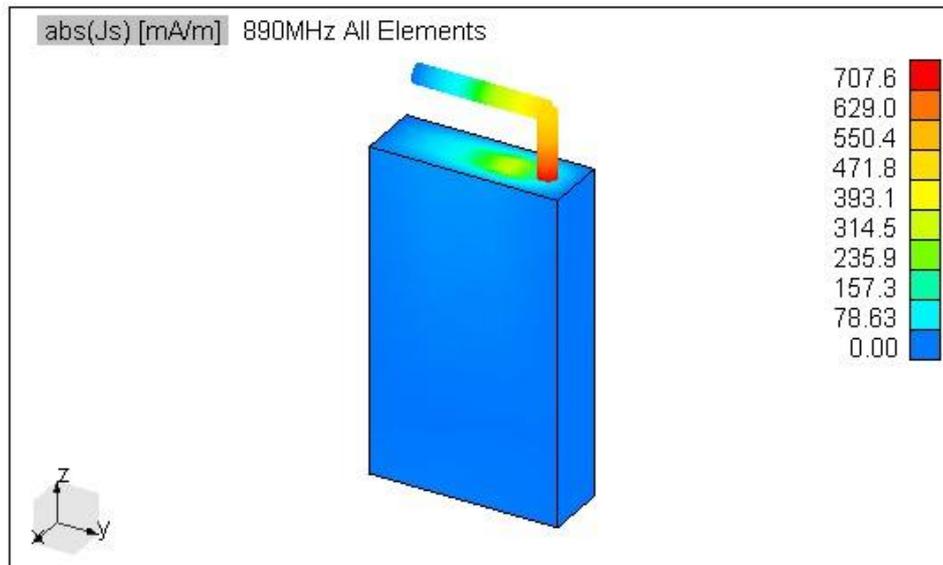
Slika 3(b).

Na slici 3(c) prikazana je (kompleksna) ulazna admitansa mobilnog telefona sa L-monopol GSM antenom (realni i imaginarni deo).



Slika 3(c).

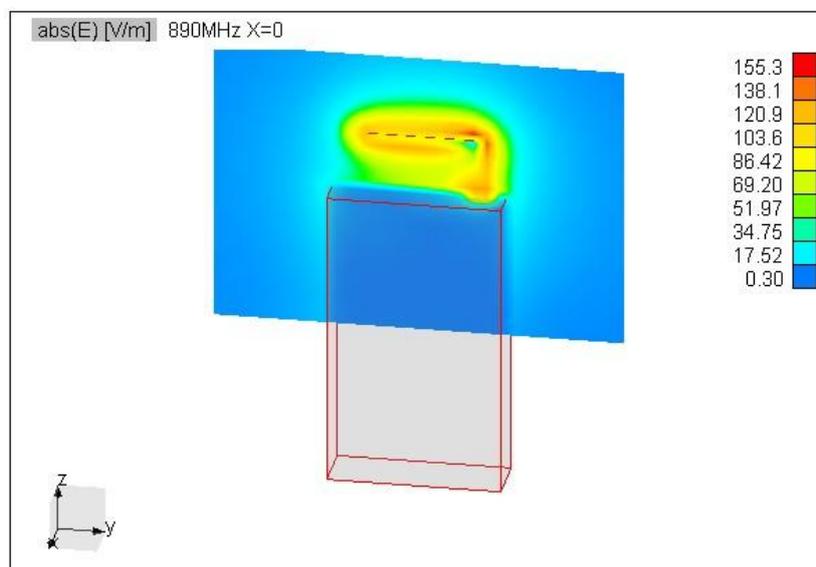
Na slici 3(d) prikazana je raspodela efektivne vrednosti podužne gustine površinske električne struje u obliku animacije.



Slika 3(d).

Na slici 3(e) prikazana je raspodela efektivne vrednosti bliskog električnog polja mobilnog telefona sa GSM L-monopol antenom u obliku animacije.

Napomena: Primiti maksimalne brojne vrednosti za efektivnu vrednost bliskog električnog polja!



Slika 3(e).

Domaći: Ponoviti prethodni primer koristeći se simetrijom.

P04. Modelovati GSM antenu postavljenu na mobilni telefon oklopljenu dielektrikom (*dielectric radome*) (3D-EM modelovanje metalnih i dielektričnih struktura) [WIPL-D, 3D Electromagnetic Modeling 3.2.2].

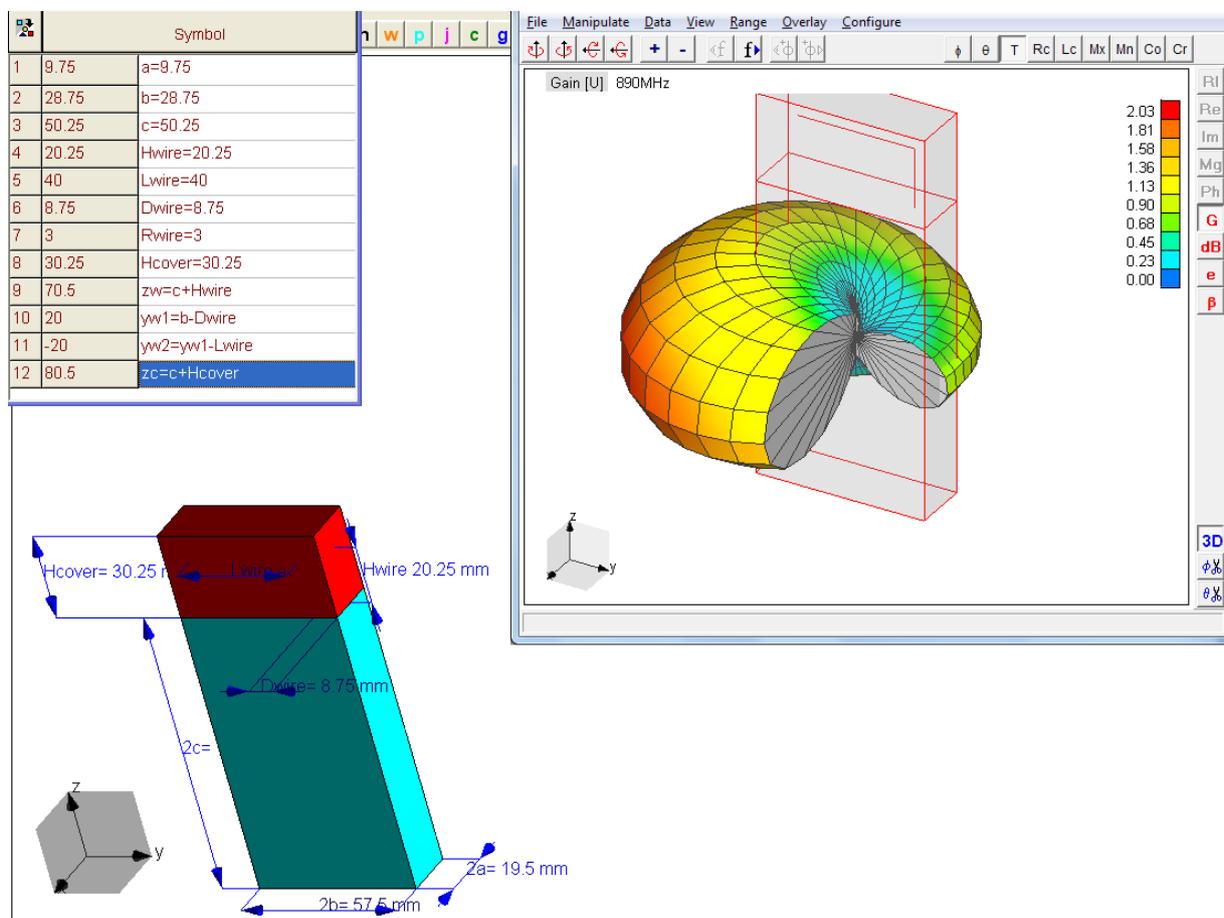
- Mobilni telefon modelovan je kao savršeno (električno) provodan kvadar dužina stranica $2a$, $2b$ i $2c$. GSM antena mobilnog telefona modelovana je kao L-monopol dužine L_{wire} i visine H_{wire} . Monopol je pomeren u odnosu na ivicu mobilnog telefona za D_{wire} , kao na slici 3(a). Poluprečnik žice od koje je napravljen L-monopol je R_{wire} . Monopol je oklopljen savršenim dielektrikom oblika kvadra dužina stranica $2a$, $2b$ i H_{cover} , kao na slici 4(a). Kompleksna permitivnost dielektrika je $\epsilon_r = 4 + j0$.
- Dimenzije strukture su:
 $a = 9,75 \text{ mm}$, $b = 28,75 \text{ mm}$, $c = 50,25 \text{ mm}$, $H_{\text{wire}} = 20,25 \text{ mm}$, $L_{\text{wire}} = 40 \text{ mm}$, $D_{\text{wire}} = 8,75 \text{ mm}$,
 $R_{\text{wire}} = 3 \text{ mm}$, $H_{\text{cover}} = 30,25 \text{ mm}$.

Mobilni telefon radi u opsegu učestanosti od 890 MHz do 960 MHz (GSM opseg).

Odrediti dijagram zračenja i (kompleksnu) ulaznu admitansu u posmatranom (GSM) opsegu učestanosti. Uporediti rezultate za slučaj sa i bez dielektrične zaštite. Prokomentarisati translaciju rezonantne učestanosti u odnosu na slučaj bez dielektrične zaštite.

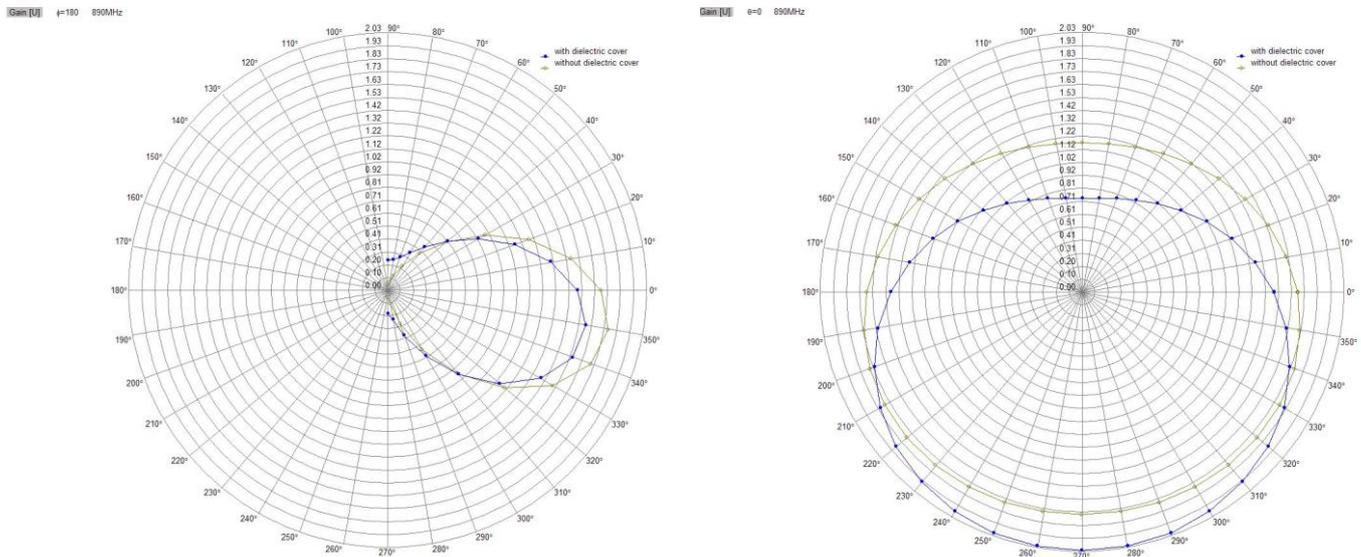
Napomena:

- Primititi postojanje eksplicitnog električnog spoja (*junction*) na spoju monopola i ploče gornje stranice mobilnog telefona. Obratiti pažnju na definiciju domena granične ploče između mobilnog telefona (PEC) i dielektrične zaštite. Obratiti pažnju na definiciju domena žice.



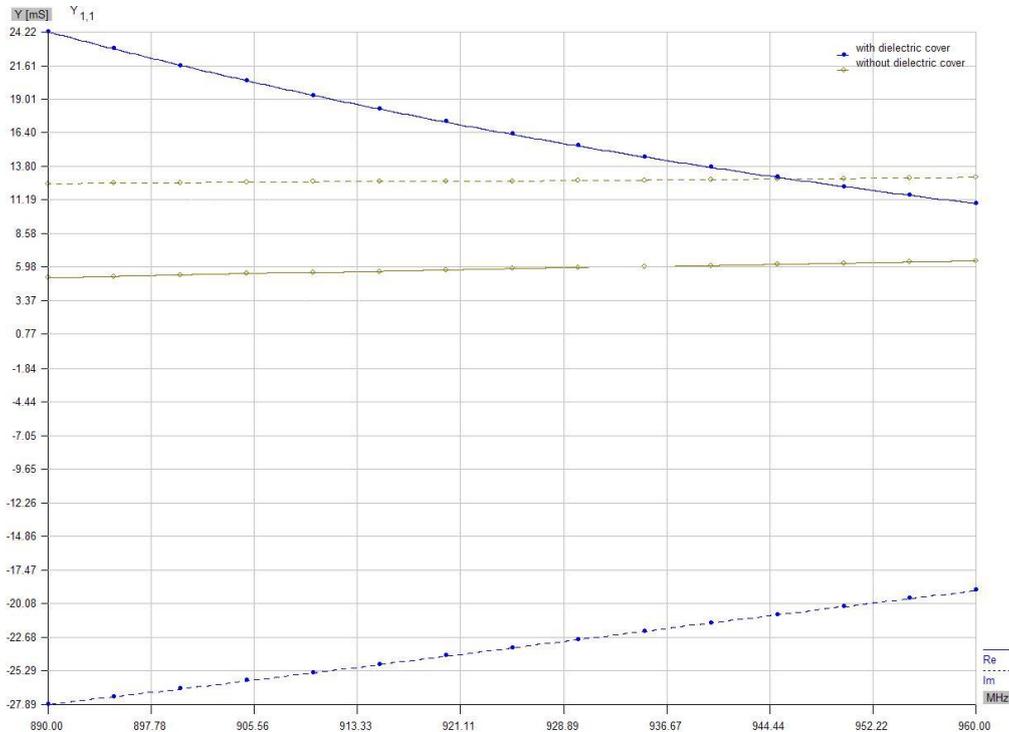
Slika 4(a).

Na slici 4(b) prikazan je dijagram zračenja mobilnog telefona sa L-monopol GSM antenom za određene θ i φ preseke, sa slučaj sa i bez dielektrične zaštite.



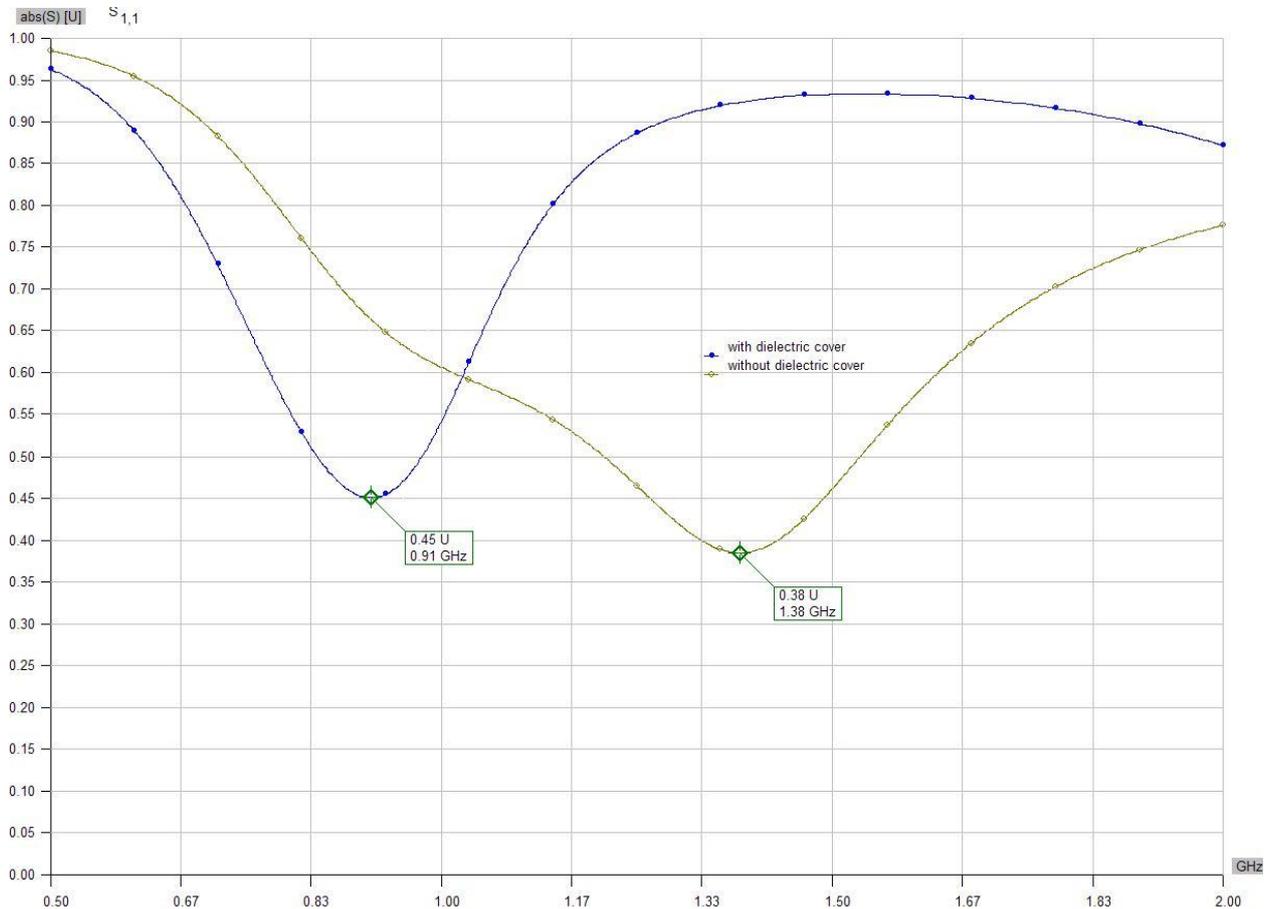
Slika 4(b).

Na slici 4(c) prikazana je ulazna (kompleksna) admitansa mobilnog telefona sa L-monopol GSM antenom (realni i imaginarni deo) za slučaj sa i bez dielektrične zaštite.



Slika 4(c).

Kako je opseg učestanosti od 890MHz do 960MHz relativno uzak, teško je primetiti translaciju rezonantne učestanosti usled prisustva dielektrika. Iz tog razloga, posmatrajmo rezultat za $|s_{11}|$ u širem opsegu učestanosti od 0,5GHz do 2GHz, prikazan na slici 4 (d).



Slika 4(d).

Da li je data translacija rezonantne učestanosti očekivana? Prokomentarisati dobijene grafike. Zašto je translacija po učestanosti manja od 2 ($\sqrt{|\epsilon_r|} = \sqrt{4} = 2$)?

Domaći: Ponoviti prethodni primer koristeći se simetrijom.