

# Uticaj koaksijalnog kabla na Yagi Antenu

*Dragoslav Dobričić, YUIAW*

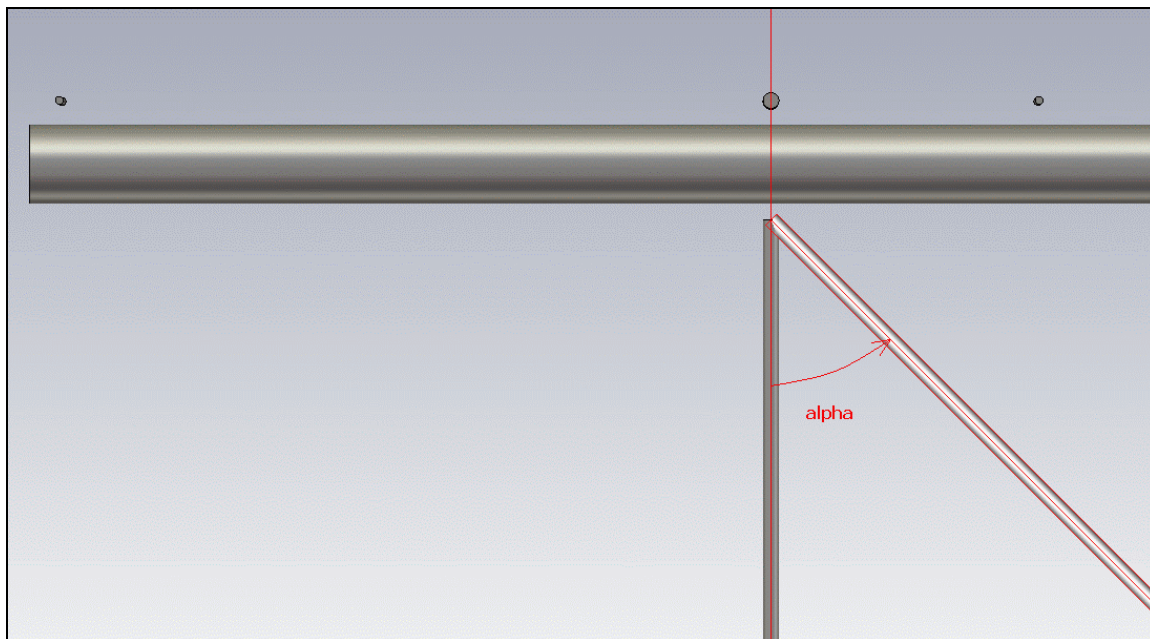
[dragan@antennex.com](mailto:dragan@antennex.com)

## Uvod

Do sada smo, u prethodnim člancima [1, 2, 3], istraživali kako prečnik nosača i njegovo rastojanje od elemenata antene utiče na karakteristike šest različitih Yagi antena za 2m koje su slične u svim karakteristikama osim u veličini Q faktora [4, 5].

Pored nosača kao neizbežnog dela antene, postoje i druge noseće strukture koje mogu da utiču na karakteristike antene. U prethodnom članku videli smo da se uticaj nosača ili druge slične provodne strukture proteže na prilično veliko rastojanje od elemenata antene. Međutim, postoji još jedan neizbežan deo antene, napojni vod, koji može da utiče na rad antene, posebno zbog toga što napojni kabl mora da bude blizu antene i u električnom spoju sa njom. Njegova blizina, spoj sa antenom, način kako je spojen na zračači element i put kojim je vođen do uređaja čine ga važnim faktorom koji može da izvrši ozbiljan uticaj na karakteristike antene.

Korišćenjem kompjuterskih simulacija, istražili smo kako koaksijalni kabl određenog prečnika koji dolazi do dipola pod različitim uglovima i iz različitih pravaca u odnosu na elemente antene utiče na karakteristike Yagi antene. Problem ostvarivanja minimalnog međusobnog uticaja između antene i njenog napojnog voda je vrlo interesantan i važan pa smo odlučili da ovaj problem malo bolje osvetlimo.

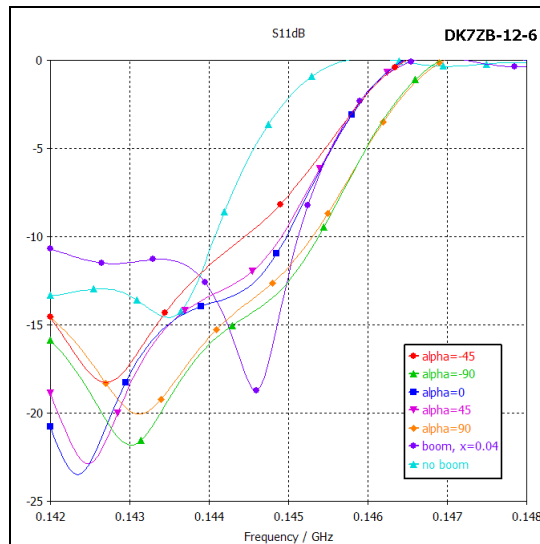
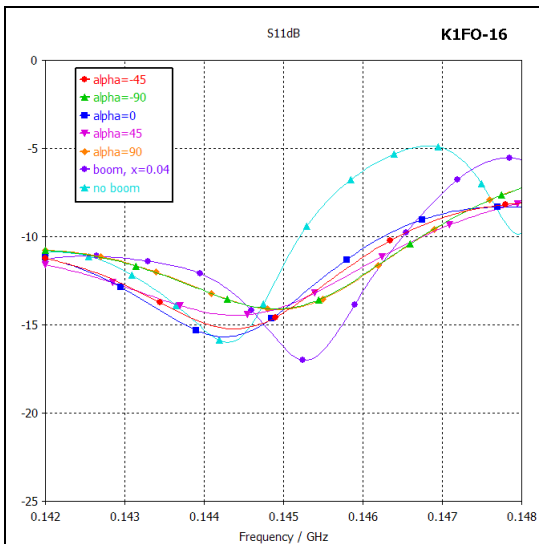
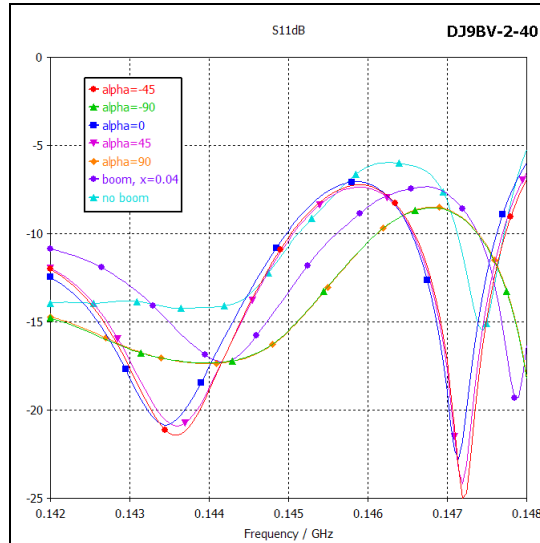
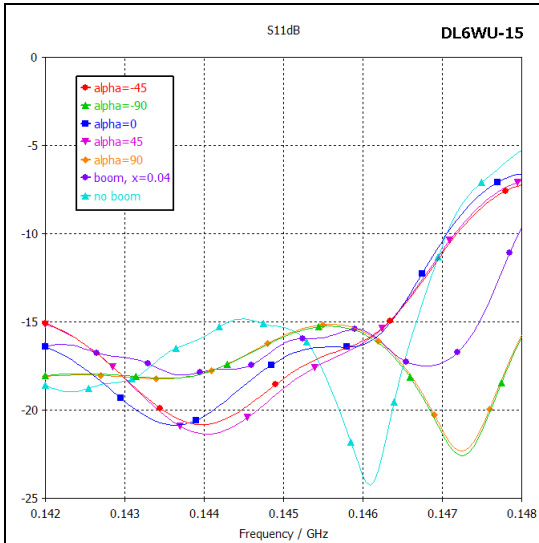


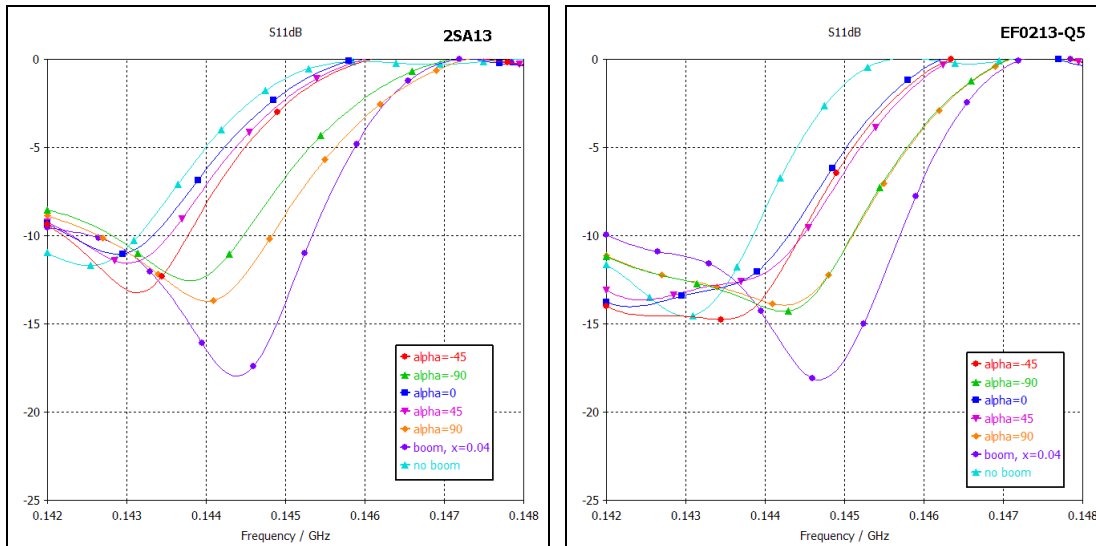
*Sl.1 Yagi antena sa koaksijalnim kablom i načinom kako je definisan prilazni ugao alfa*

## Uslovi pod kojima su vršene simulacije

Svih šest Yagi antena su simulirane pod jednakim uslovima. Yagi antene su prvo simulirane bez provodnog nosača i bez koaksijalnog napojnog voda kao referenca za

poređenje, zato što je to uobičajen i čest način kako se antene simuliraju u NEC programima. Kasnije je dodat provodni nosač u vidu okrugle cevi prečnika 50 mm. Nosač je postavljen ispod elemenata tako da je rastojanje  $x$  između ose nosača i ose elemenata 40 mm. To predstavlja prilično dobar prikaz simulacije Yagi antene sa izolovanim elementima od nosača, koji su montirani na nosač pomoću plastičnih izolatora sa vrlo malom relativnom dielektričnom konstantom i na visini od 15 mm iznad gornje površine nosača. Najzad, Yagi antena sa istim nosačem i elementima postavljenim horizontalno je napajana sa koaksijalnim kablom određenog prečnika koji dolazi odozdo vertikalno naviše ka zračecem elementu. Koaksijalni kabl je pod pravim uglom u odnosu na osu nosača i osu elemenata i leži u vertikalnoj ravni simetrije antene. Koaksijalni vod je 10 mm u prečniku, 3m dugačak i njegov gornji kraj se nalazi u blizini donje površine nosača ali je ne dodiruje (Sl.1). Oba kraja spoljašnjeg provodnika koaksijalnog kabla ostavljena su nepovezana, tako da oni u električnom smislu „lebde“. RF izvor je postavljen i spojen za krakove u sredini izolacionog procepa otvorenog dipola.





Sl.2 Ulazno povratno slabljenje za svih šest antena u zavisnosti od prilaznog ugla ( $\alpha$ ) koaksijalnog kabla

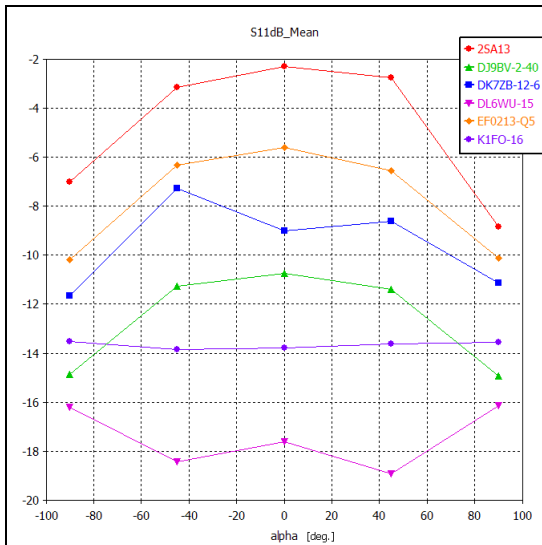
Na ovaj način je predstavljena simulacija antene napajane koaksijalnim kablom preko veoma dobrog 1:1 baluna koji predstavlja vrlo visoku impedansu za „common mode“ struje koje teku po spoljašnjoj površini spoljašnjeg provodnika koaksijalnog kabla. Ovakav aranžman daje dobre mogućnosti da se istraži uticaj koaksijalnog kabla na Yagi antenu samo usled indukovanih struja koje teku po spoljašnjoj površini koaksijalnog kabla kao posledica bliskog elektromagnetnog polja antene. Očekivalo se da međusobni uticaj antene i koaksijalnog kabla koji leži u ravni simetrije antene bude minimalan zbog međusobnog poništavanja indukovanih struja na spoljašnjoj površini spoljašnjeg provodnika koaksijalnog kabla. Dužina koaksijalnog kabla je bila ograničena isključivo zahtevima obimnih kompjuterskih proračuna.

Uslovi pod kojima su vršene simulacije su vrlo slični praktičnoj situaciji kada je samo jedna antena postavljena na vrh visokog i tankog stuba. Ova simulacija bi trebala da pruži odgovor na pitanje na koji je način najbolje da se vodi koaksijalni kabl u odnosu na stub, nosač antene i druge moguće noseće strukture za ojačanje antene. Da li je bolje voditi kabl kroz vazduh dijagonalno prateći najkraći put, ili je bolje voditi kabl uz sam metalni nosač i stub? Da li je bolje koaksijalni kabl od dipola voditi nazad ili napred u odnosu na smer zračenja antene? Da li je najbolja pozicija kabla koja vrši najmanji uticaj na antenu, pronađena simulacijom, ista za sve tipove simuliranih antena? Kako su pozicija kabla i veličina pogoršanja karakteristika povezani i zavisni od Q faktora antene? Želeli smo da pokušamo da odgovorimo na sva ova pitanja. Pogledajmo šta pokazuju rezultati simulacija.

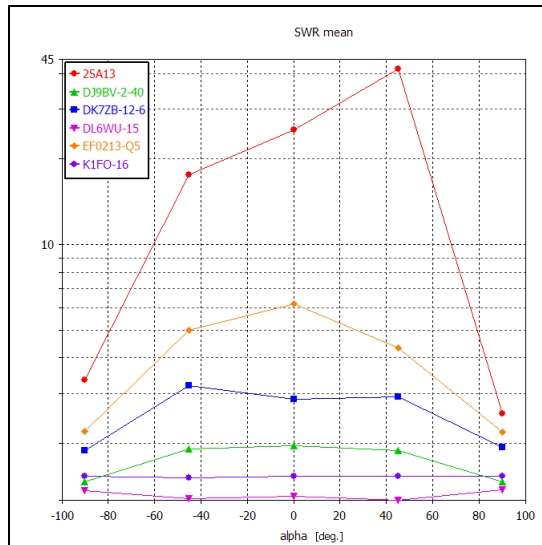
Kao i u prethodnim člancima, za ovaj posao korišćen je profesionalni program za simulaciju antena baziran na FIT metodi umesto uobičajenih MoM baziranih programa koji su se pokazali neodgovarajući zbog nekoliko neprihvatljivih programskih ograničenja [3]. Uticaj nosača je posmatran na sledećim karakteristikama antena u zavisnosti od ugla  $\alpha$  pod kojim koaksijalni kabl prilazi anteni u odnosu na početni vertikalni položaj koaksijalnog kabla (Sl. 1):

1. Srednja vrednost ulaznog povratnog slabljenja ( $S_{11}$ ) u opsegu 144...146 MHz
2. Srednja vrednost prilagođenja, tj. SWR-a u opsegu 144...146 MHz
3. Srednja vrednost širokopojasne usmerenosti u opsegu 144...146 MHz

4. Srednja vrednost Q faktora antene u opsegu 144...146 MHz
5. Dijagram usmerenosti antene u E i H ravni na frekvenciji 144.5 MHz



Sl. 3 Srednja vrednost povratnog slabljenja u opsegu 144...146 MHz



Sl. 4 Srednja vrednost SWR-a u opsegu 144...146 MHz

### Uticaj na ulazno povratno slabljenje i SWR

Očekivan je izvestan stepen uticaja koaksijalnog kabla na ulazno povratno slabljenje i SWR antene. Provedene simulacije su dale jasnu potvrdu da prisustvo i položaj napojnog koaksijalnog kabla proizvodi značajne promene ulazne impedanse antene (Sl. 2).

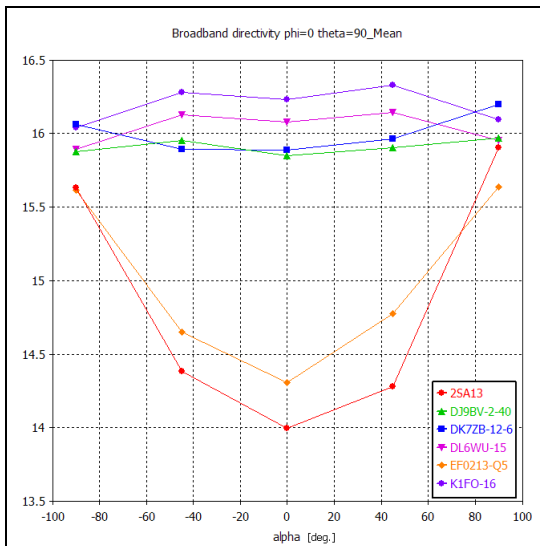
Sa prikazanih dijagrama na Sl. 3 i 4 očigledno je da većina antena, a naročito onih sa višim Q faktorom, ima najbolje srednje vrednosti SWR-a i povratnog slabljenja pri položaju kabla pod uglom  $\alpha = \pm 90$  stepeni, tj. kada kabl ide paralelno sa nosačem antene i blizu njega. Ima male razlike u veličini degradacije karakteristika antene kada kabl dolazi sa zadnje strane ( $\alpha = -90$  st.) i sa prednje ( $\alpha = 90$  st.) u korist ove druge. Pomalo je iznenađujući rezultat da vertikalni kabl ( $\alpha = 0$  ili  $180$  st.) proizvodi najveći uticaj na ulaznu impedansu kod skoro svih antena sa višim Q faktorom. Izgleda da se zajedno sa povećanjem Q faktora antene istovremeno povećava srednja vrednost ulaznog SWR-a antene ako kabl dolazi pod pravim uglom, tj. kada je  $\alpha = 0$  ili  $180$  st.

### Uticaj na širokopoljarnu direktivnost i Q faktor

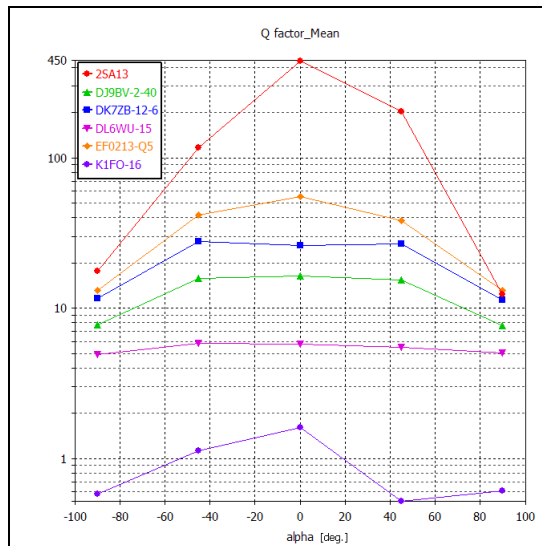
Krive širokopoljarsne direktivnosti se pomeraju po frekvenciji pod uticajem prisustva i položaja koaksijalnog napojnog kabla slično kao pod uticajem provodnog nosača ili vlage na elementima [4, 5]. Antene sa višim Q faktorom imaju uže krive širokopoljarsne direktivnosti i veću osetljivost na spoljašnje uticaje sredine. Kao rezultat frekvencijskog pomeranja krivih direktivnosti one imaju značajno veću promenu srednje vrednosti direktivnosti antene u radio-amaterskom opsegu.

Uticaj kabla na širokopoljarnu direktivnost je u skladu sa uticajem na SWR. Najmanja degradacija, za antene sa višim Q faktorom, je kada je kabl paralelan sa nosačem i u njegovoj blizini ( $\alpha = \pm 90$  st.). Međutim za antene sa nižim Q faktorom bilo koja pozicija kabla je skoro ista i te antene gotovo da ne trpe nikakav uticaj zbog prisustva i položaja kabla (Sl. 5).

Promena vrednosti Q faktora antene takođe sledi istu zakonomernost kao SWR i direktivnost antene. Antene sa višim Q faktorom trpe mnogo značajnije povećanje Q faktora zbog prisustva i položaja kabla nego antene sa nižim Q faktorom (Sl. 6). Ovo je vrlo slično promeni Q faktora usled uticaja vlage kao što smo već ranije ustanovili i opisali u ranijim člancima [4, 5]. Svi ovi uticaji na najvažnije osobine antene na očigledan način ilustruju verovatno ponašanje i osetljivost antene na spoljašnje uticaje okoline u praktičnim radnim uslovima.



Sl. 5 Srednja vrednost direktivnosti u opsegu 144...146 MHz



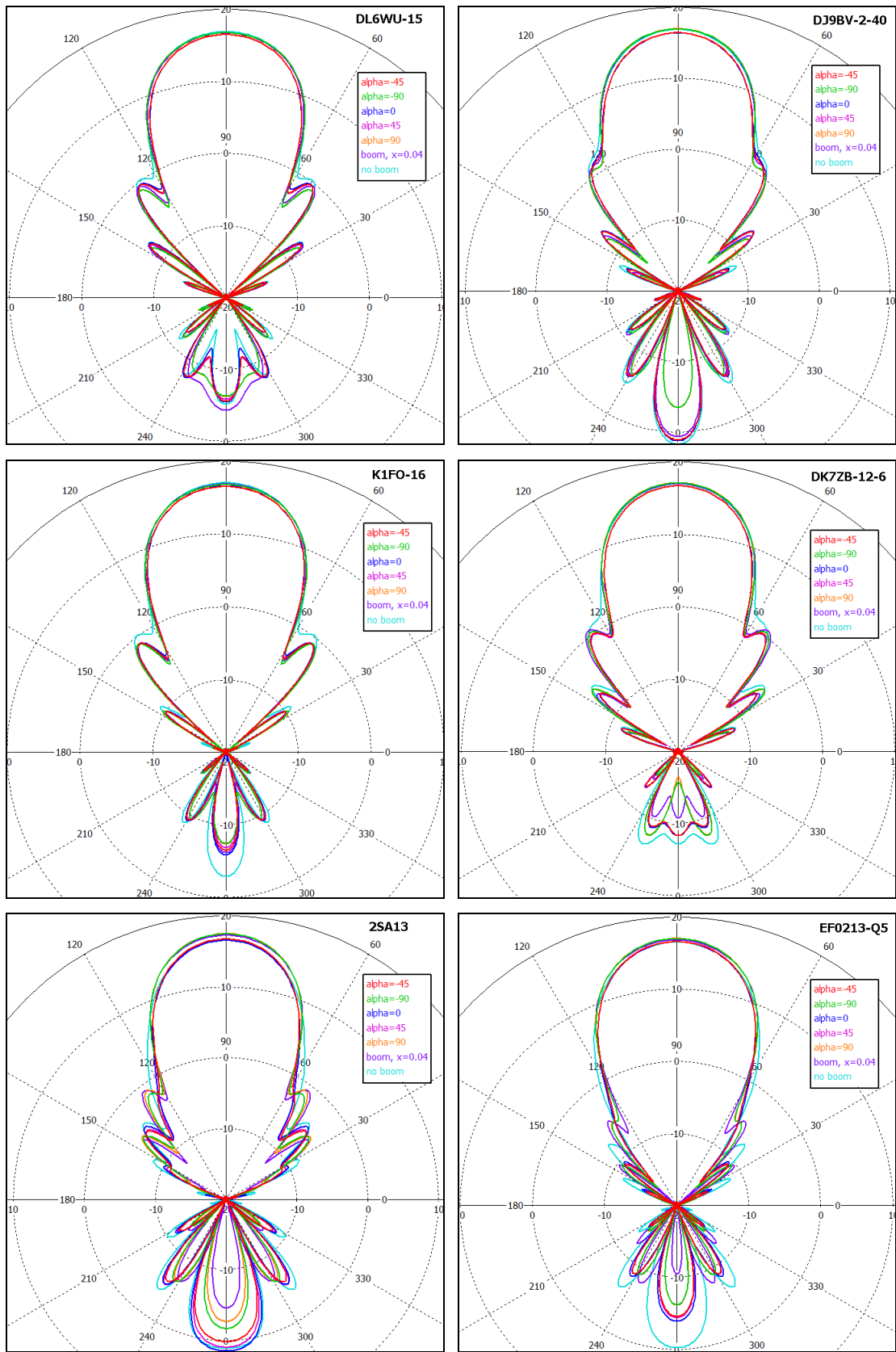
Sl. 6 Srednja vrednost Q faktora u opsegu 144...146 MHz

### Uticaj na dijagram usmerenosti antene

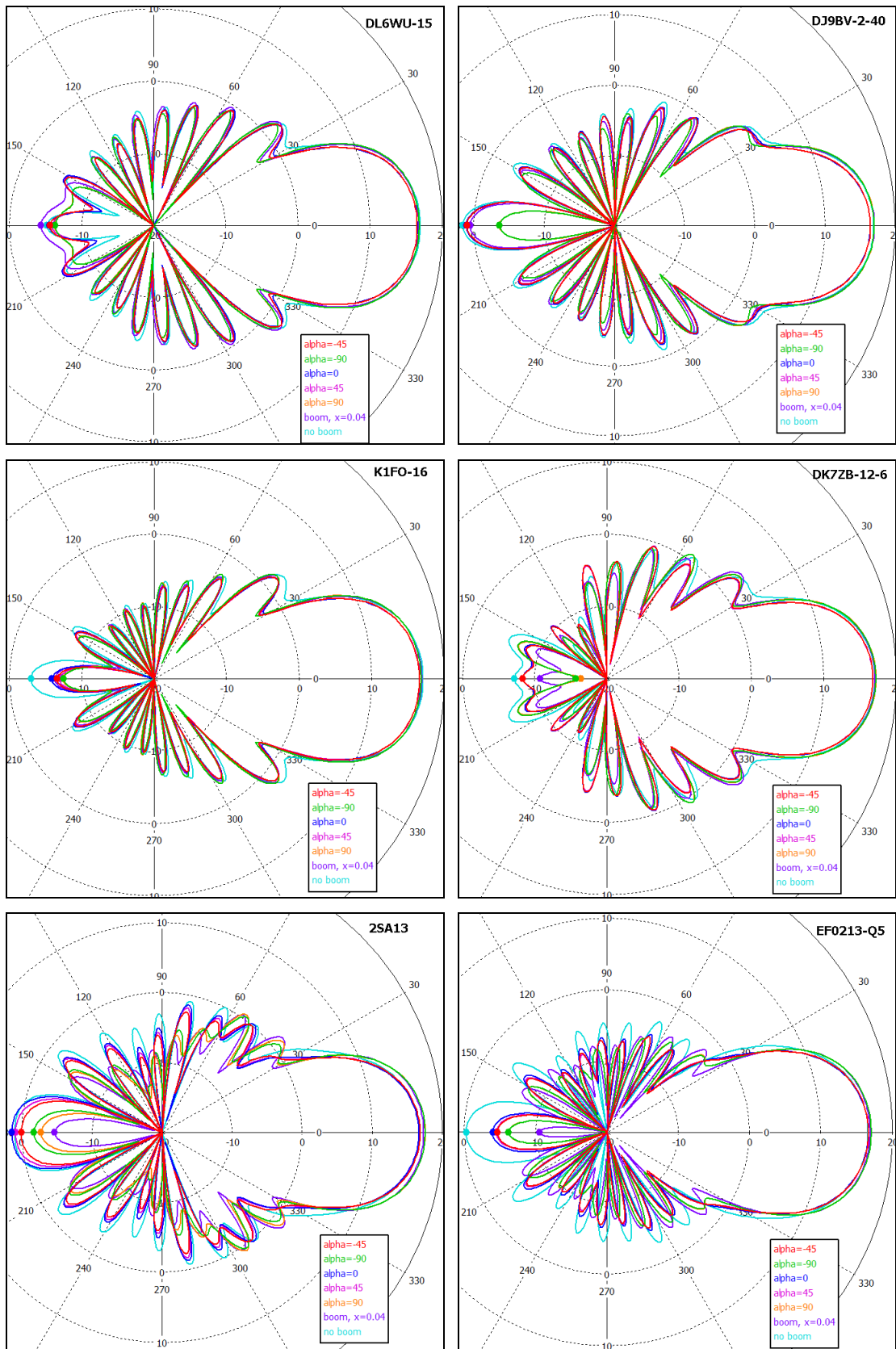
Dijagram zračenja u E ravni za svih šest antena u zavisnosti od ugla *alfa* pod kojim kabl prilazi dipolu dati su na Sl. 7. Pored toga, radi poređenja, dati su takođe dijagrami istih antena sa provodnim nosačem prečnika 50 mm na rastojanju  $x = 0.04$  m između ose nosača i ose elemenata, ali bez koaksijalnog kabla. Dijagrami istih antena bez koaksijalnog kabla, ali i bez nosača, tj. antene sagrađene na neprovodnom nosaču, date su takođe radi poređenja. Dijagrami zračenja u H ravni dati su na Sl. 8.

Kao što se može videti na prikazanim slikama, dijagrami zračenja antena sa nižim Q faktorom su manje poremećeni usled prisustva i položaja koaksijalnog kabla zbog njihove manje osetljivosti na spoljašnje uticaje sredine [4, 5]. Najveći uticaj je na veličinu i ugaonu poziciju sporednih snopova, kao i na zadnji snop. Slično ponašanje smo našli kada smo istraživali uticaj provodnog nosača na dijagram zračenja antene.

Na prikazanim dijagramima možemo uočiti da nam uticaj koaksijalnog kabla na zadnji snop ne izgleda baš intuitivno. Naime, kada kabl prilazi zračućem elementu sa zadnje strane antene paralelno sa nosačem (alfa = -90 st.), to na izvestan način, „produžava“ metalni nosač u smeru zadnje strane antene. To rezultira manjom veličinom zadnjeg snopa nego u situaciji kada kabla dolazi vertikalno, tj. normalno na nosač (alfa = 0 ili 180 st.) i naizgled bi trebalo da manje utiče na zadnji snop.



Sl. 7 Dijagrami zračenja svih šest antena u E ravni na frekvenciji 144.5 MHz u zavisnosti od prilaznog ugla kabla ( $\alpha$ )



Sl. 8 Dijagrami zračenja svih šest antena u H ravni na frekvenciji 144.5 MHz u zavisnosti od prilaznog ugla kabla ( $\alpha$ )

## Zaključak

U ovom članku prezentirali smo rezultate istraživanja kako koaksijalni napojni kabl utiče na karakteristike antene. Istraživanja su provedena pomoću kompjuterskih simulacija šest antena pod istim uslovima. Koaksijalni kabl je postavljen tako da nije u električnom kontaktu sa antenom da bi se modeliralo napajanje antene preko idealnog 1:1 baluna koji predstavlja beskonačnu impedansu za „common mode“ struje. Samo struje indukovane elektromagnetnim (uglavnom bliskim) poljem antene su uzete u obzir.

Rezultati pokazuju visok stepen zavisnosti od položaja kabla, tj. ugla *alfa* pod kojim kabl dolazi do aktivnog zračećeg elementa. Prilazni ugao kabla *alfa* je stalno ležao u ravni simetrije antene kako bi se održao minimum međusobnog uticaja između kabla i antene. Koristili smo idealni 1:1 balun sa beskonačnom impedansom za „common mode“ struje i položaje kabla koji su uvek ležali u ravni simetrije antene namerno kako bismo dobili rezultate minimalno moguće interakcije i uticaja kabla na antenu.

Čak i pod tim idealizovanim uslovima i u odsustvu svih drugih uticaja okoline (čak i zemlje) rezultati pokazuju značajnu degradaciju karakteristika antene za neke od antena, pretežno za one sa višim Q faktorom.

Prikazani rezultati sada mogu da daju odgovore na pitanja koja su postavljena na početku ovog članka a odnose se na uticaje kabla na karakteristike antene same na stubu.

Na pitanje da li je bolje voditi kabl kroz vazduh sledeći najkraći put ( $\alpha = 45$  st.), ili voditi kabl pričvršćen uz nosač antene ( $\alpha = 90$  st.) možemo odgovoriti da je bolje voditi kabl pričvršćen uz, tj. ispod nosača antene ( $\alpha = 90$  st.). Na pitanje da li je bolje koaksijalni kabl voditi napred ( $\alpha = 90$  st.) ili nazad ( $\alpha = -90$  st.) u odnosu na smer zračenja antene, možemo odgovoriti da je nešto bolje voditi kabl napred uz nosač.

Takođe, pronađeno je da je najbolji položaj kabla sa minimalnim uticajem na karakteristike antene praktično isti za sve ispitivane antene. Na pitanje kako je položaj kabla i veličina degradacije karakteristika povezana sa Q faktorom, odgovor je da su ove simulacije pokazale da su antene sa višim Q faktorom mnogo podložnije uticajima koaksijalnog kabla i degradaciji karakteristika od antena sa malim ili srednjim Q faktorom.

Korišćenjem realnog baluna, ili napajanjem antene čak i bez ikakvog baluna i vođenjem kabla tako da on ne leži u ravni simetrije antene, što je uobičajeno u svakodnevnoj praksi, možemo očekivati mnogo viši stepen uticaja i degradacije karakteristika antene.

## Reference:

1. Dragoslav Dobričić, YU1AW, **Boom Distance Influence on Yagi Antenna**, *antenneX*, August 2009, Issue No. 148. *Prevedeno na srpski jezik*: Dragoslav Dobričić, YU1AW, **Uticaj odstojanja nosača na Yagi antenu**, [http://www.yu1aw.ba-karlsruhe.de/Uticaj\\_odstoj\\_nosaca\\_na\\_yagi.pdf](http://www.yu1aw.ba-karlsruhe.de/Uticaj_odstoj_nosaca_na_yagi.pdf)
2. Dragoslav Dobričić, YU1AW, **Boom Radius Influence on Yagi Antenna**, *antenneX*, June 2009, Issue No. 146. *Prevedeno na srpski jezik*: Dragoslav Dobričić, YU1AW, **Uticaj prečnika nosača na Yagi antenu**, [http://www.yu1aw.ba-karlsruhe.de/Uticaj\\_precnika\\_nosaca\\_na\\_Yagi\\_antenu.pdf](http://www.yu1aw.ba-karlsruhe.de/Uticaj_precnika_nosaca_na_Yagi_antenu.pdf)
3. Dragoslav Dobričić, YU1AW, **Boom Influence on Yagi Antenna**, *antenneX*, May 2009, Issue No. 145. *Prevedeno na srpski jezik*: Dragoslav Dobričić, YU1AW, **Uticaj nosača na Yagi antenu**, <http://www.yu1aw.ba-karlsruhe.de/Uticaj%20nosaca%20na%20Yagi%20antenu.pdf>



4. Dragoslav Dobričić, YU1AW, **Yagi Antenna Design Sensitivity in Practice**, *antenneX*, November 2008, Issue No. 139. *Prevedeno na srpski jezik*: Dragoslav Dobričić, YU1AW, **Osetljivost Yagi antena u praksi**, [http://www.yu1aw.ba-  
karlsruhe.de/Osetljivost%20Yagi%20antena%20u%20praksi.pdf](http://www.yu1aw.ba-<br/>karlsruhe.de/Osetljivost%20Yagi%20antena%20u%20praksi.pdf)
5. Dragoslav Dobričić, YU1AW, **Yagi Antenna Q factor**, *antenneX*, July 2008, Issue No. 135.

(Članak je preveden iz časopisa *antenneX*, Septembar 2009, Issue No. 149.)