

Uticaj nosača na UHF Yagi Antene

Dragoslav Dobričić, YUIAW

dragan@antennex.com

Različiti uticaji okoline

Naša studija o različitim uticajima na karakteristike Yagi antene je pokazala da neka usvojena „empirijska pravila“ i „opšta uverenja“ vrlo često važe samo u ograničenom opsegu. Iz nekoliko prethodnih članaka [1, 2, 3, 4, 5, 7 i 8] možemo videti da mnogi uticaji okoline mogu pokvariti karakteristike antene, ali i da svi ti uticaji nisu podjednako jaki, niti su različite antene podjednako osetljive na njih.

Do sada smo istraživali kako rastojanje nosača od elemenata, dimenzije i poprečni presek nosača i način montaže elemenata utiču na karakteristike Yagi antene. Vezano za način montaže elemenata, takođe smo istraživali optimalnu korekciju dužine elemenata za različite montaže i tipove antena. Pored pomenutih uticaja nosača, istraživali smo, takođe, kako prisustvo napojnog koaksijalnog kabla i njegova pozicija u odnosu na elemente utiče na dijagram zračenja i ostale važne karakteristike antene.

Uticaji na UHF antene

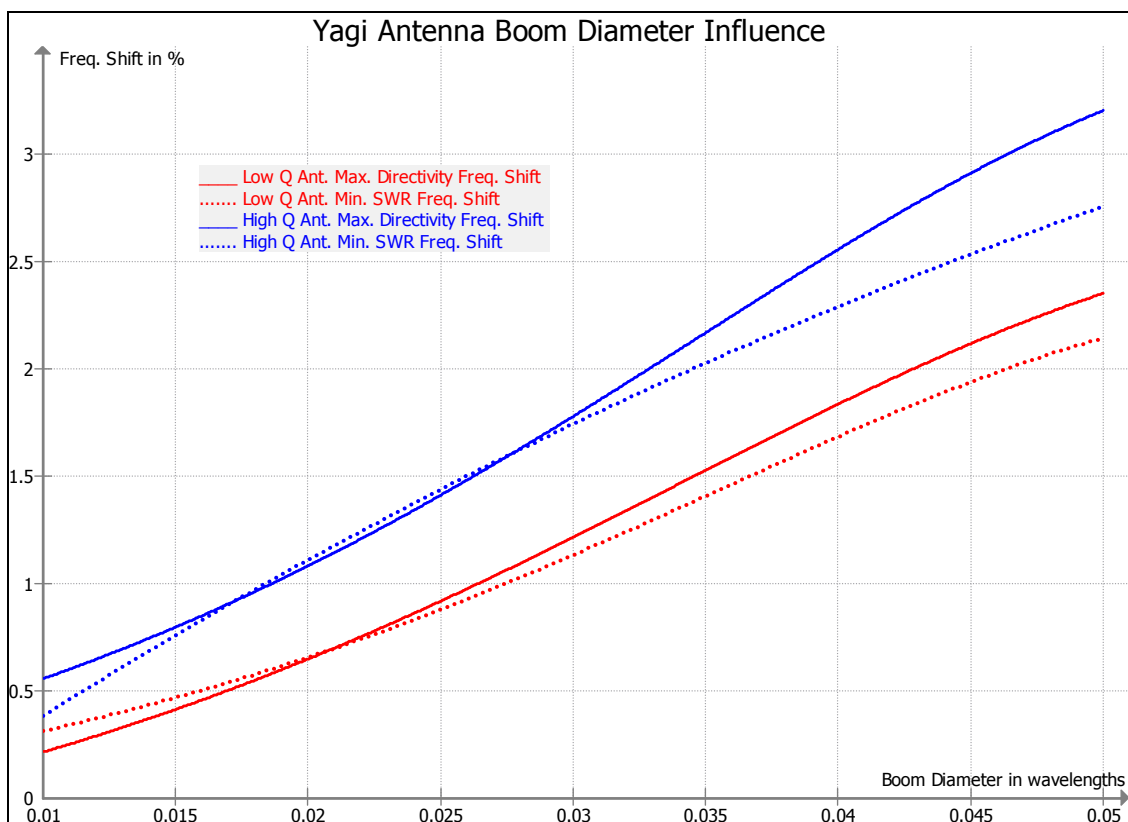
Sva ova istraživanja provedena su na VHF antenama za frekventijski opseg 144...146 MHz. Dobijeni rezultati se mogu ekstrapolirati na druge frekvencije pod uslovom da uzmemo u obzir proporcionalnost dimenzija i druge specifične okolnosti pojedinog istraživanja. Koristeći tu mogućnost možemo sa velikom verovatnoćom da zaključimo kako će slične antene da se ponašaju na nekoj drugoj frekvenciji. To je posebno važno za UHF Yagi antene kod kojih je radna frekvencija nekoliko puta veća i zbog čega dimenzije nosača i druge dimenzije antene postaju mnogo značajniji deo talasne dužine na kojoj antena radi. Kao posledica toga uticaji mogu biti mnogo više izraženi i vrlo često neka drugačija konstruktivna rešenja moraju biti primenjena na Yagi antene za više UHF opsege.

Uticaj metalnog nosača

Metalni nosač u blizini elemenata antene proizvodi frekventijsko pomeranje karakteristika antene. Veličina tog pomeranja zavisi od rastojanja i prečnika nosača. Veće rastojanje i manji prečnik nosača proizvode manji frekventijski pomeraj.

Na *Sl. 1* možemo videti kako različiti prečnici metalnog nosača sa fiksnim rastojanjem od 7 mm između gornje površine nosača i ose elemenata utiču na Yagi antenu i pomeraju njene karakteristike na više frekvencije zavisno od prečnika nosača.

Na VHF, prečnik nosača je obično samo 1 do 2.5 % od radne talasne dužine antene i frekventijski pomeraj zbog prisustva metalnog nosača je samo oko 1 do 1.5 % od radne frekvencije, zavisno od tipa antene. Na opsegu od 2 m to je oko 1.5 do 2.5 MHz.



Sl. 1. Uticaj prečnika metalnog nosača na Yagi antenu

Ali na UHF, na primer na opsegu od 23 cm, minimalni upotrebljivi prečnik nosača je preko 5 % od talasne dužine i odgovarajući minimalni frekvencijski pomeraj je više od 2 ili više od 3 % zavisno od tipa antene, a to odgovara pomeraju od preko 26 ili preko 38 MHz!

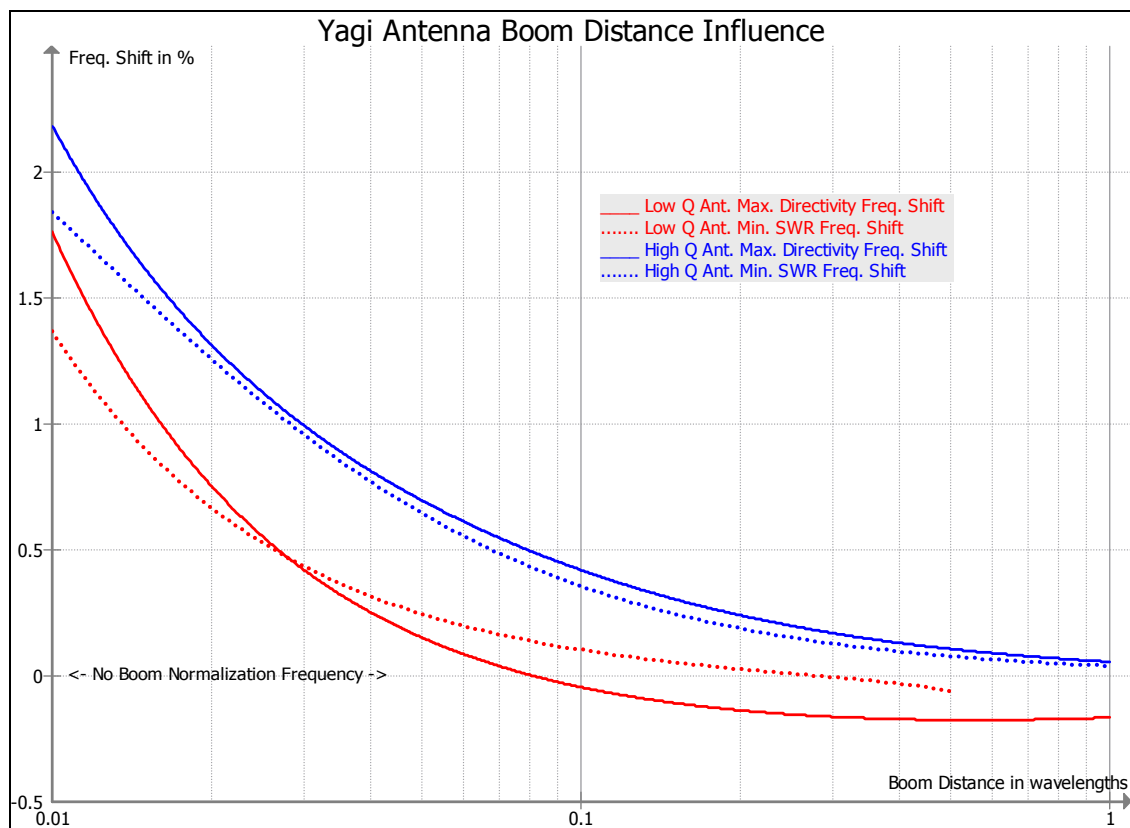
Sa druge strane, fiksirano rastojanje od 7 mm između nosača i elemenata je oko 0.0034 talasne dužine na 145 MHz, ali na 1296 MHz to je oko 0.03 talasne dužine ili 9 puta više. Za ispravnu ekstrapolaciju moramo uzeti isto rastojanje u talasnim dužinama na opsegu od 23 cm kao na opsegu od 2 m i to iznosi 0.8 mm. Prema tome možemo očekivati frekvencijski pomeraj karakteristika antene od preko 26 i 38 MHz, zavisno od tipa antene, na opsegu od 23 cm sa rastojanjem između nosača i elemenata od 0.8 mm. Sa većim rastojanjem možemo očekivati manji frekvencijski pomeraj, prema trendu krivih na dijagramu na Sl. 2.

DX deo na 23 cm opsegu je praktično isti kao na 2 m opsegu i iznosi oko 0.5 MHz. Maksimalni dozvoljeni frekvencijski pomeraj karakteristika antene od 0.5 MHz, koji nam garantuje da će nameravane karakteristike antene ostati u DX delu opsega, na 145 MHz iznosi 0.34 %, dok na 1296 MHz iznosi 0.038 %, ili oko 9 puta manje!

Uticaji nosača na antenu vrše pomeranje karakteristika na višu frekvenciju, što je upravo obrnuto od uticaja koje vrši vlaga na elementima antene.

Prisustvo provodnog nosača i njegovi efekti delimično kompenzuju efekte vlage na elementima. To je glavni razlog zašto većina vlažnih antena radi bolje nego što MoM bazirani programi predviđaju. MoM bazirani programi poput NEC-2 i NEC-4 ne “vide” sve indukovane struje u nosaču i zbog toga ne mogu da računaju njegove “kompenzacione” efekte na karakteristike suve ili mokre antene [6].

Karakteristike antene koja je izračunata sa NEC programom, koji ne uzima u obzir efekte nosača, i koja je sagrađena sa nosačem od izolacionog materijala, trpe više zbog vlage na elementima nego karakteristike iste antene sagrađene sa nosačem od provodnog materijala, zbog nedostatka “kompenzujućih” efekata koje provodni nosač vrši na karakteristike vlažne antene.



Sl. 2. Uticaj odstojanja metalnog nosača na Yagi antenu

Dijagram na Sl. 2 prikazuje uticaj nosača nepromenljivog prečnika od 50 mm na različitim rastojanjima od elemenata antene. Uobičajena visina izolatora na koje se montiraju elementi na antenama za 2m je oko 20...30 mm ili oko 0.01...0.015 talasnih dužina. Frekvencijski pomeraj karakteristika antene zbog uticaja nosača na antenu je u opsegu od 1 do 2.2 % ili 1.5 do 3.3 MHz na opsegu od 145 MHz i zavisi od tipa antene. Na opsegu od 1296 MHz isto rastojanje između nosača i elemenata je 0.087 do 0.13 talasnih dužina i odgovarajući frekvencijski pomeraj je između -0.15 i +0.5 % ili -2 do +6.5 MHz, zavisno od tipa antene i visine izolatora.

S druge strane prečnik nosača od 50 mm na 144 MHz je 0.024 talasnih dužina, dok je na 1296 MHz oko 0.217. Za korektnu ekstrapolaciju na 23 cm opseg moramo da uzmemo isti prečnik nosača u talasnim dužinama kao na 2m opsegu i to iznosi 5.5 mm. To znači da možemo da očekujemo frekvencijski pomeraj karakteristika antene od -2 do + 6.5 MHz, zavisno od tipa antene, samo sa malim prečnikom nosača od 5.5 mm. Za veće prečnike nosača odgovarajući frekvencijski pomeraj biće veći kao što pokazuje trend krivih datih na dijagramu na *Sl. 1*.

Prečnik elemenata je takođe parametar koji može da kontroliše uticaj u nekom manjem stepenu i za kompletnu sliku trebali bi da ga preračunamo. Međutim, obično gradimo antene za 23 cm opseg sa tanjim elementima nego za 2 m tako da je to već delimično urađeno.

Za potrebe naših ekstrapolacija uzeli smo da izolatori koji drže elemente na nosaču ne utiču na rad i karakteristike antene na radnim frekvencijama.

Rezultati provedenih simulacija pokazuju da se uticaj nosača proteže na mnogo veća rastojanja nego što usvojeno empirijsko pravilo sugerise. Ustanovljeno je da maksimalno rastojanje od 300 mm između ose nosaca i ose elemenata, što je oko 0.15 talasnih dužina na 2 m opsegu, nije dovoljno veliko da uticaj nosaca na direktivnost i dijagram zračenja svede na zanemarljivo malu meru.

Vrlo je interesantno da za pojedine antene, na velikim udaljenostima od 200 do 300 mm između nosaca i elemenata, frekvencijski pomeraj maksimuma ulaznog povratnog slabljenja postaje vrlo mali u odnosu na istu antenu bez nosaca, ali usmerenost i dijagram zračenja se i dalje značajno razlikuju.

Ova činjenica pokazuje da nije uvek moguće ustanoviti da li neka antena trpi destruktivne uticaje svoje okoline samo pomoću jednostavnog merenja njenog ulaznog povratnog slabljenja ili SWR-a!

Elementi prolaze kroz nosač i nisu izolovani

Sa elementima koji nisu izolovani i prolaze kroz nosač imamo najveću moguću interakciju između nosača i elemenata antene. Kao što smo videli u našim prethodnim člancima [2, 3], zbog ovog najvećeg mogućeg uticaja na stabilnost karakteristika antene i najmanja promena dimenzija nosača ili čak samo promena oblika poprečnog preseka između kružnog i kvadratnog može značajno da se odrazi na karakteristike antene.

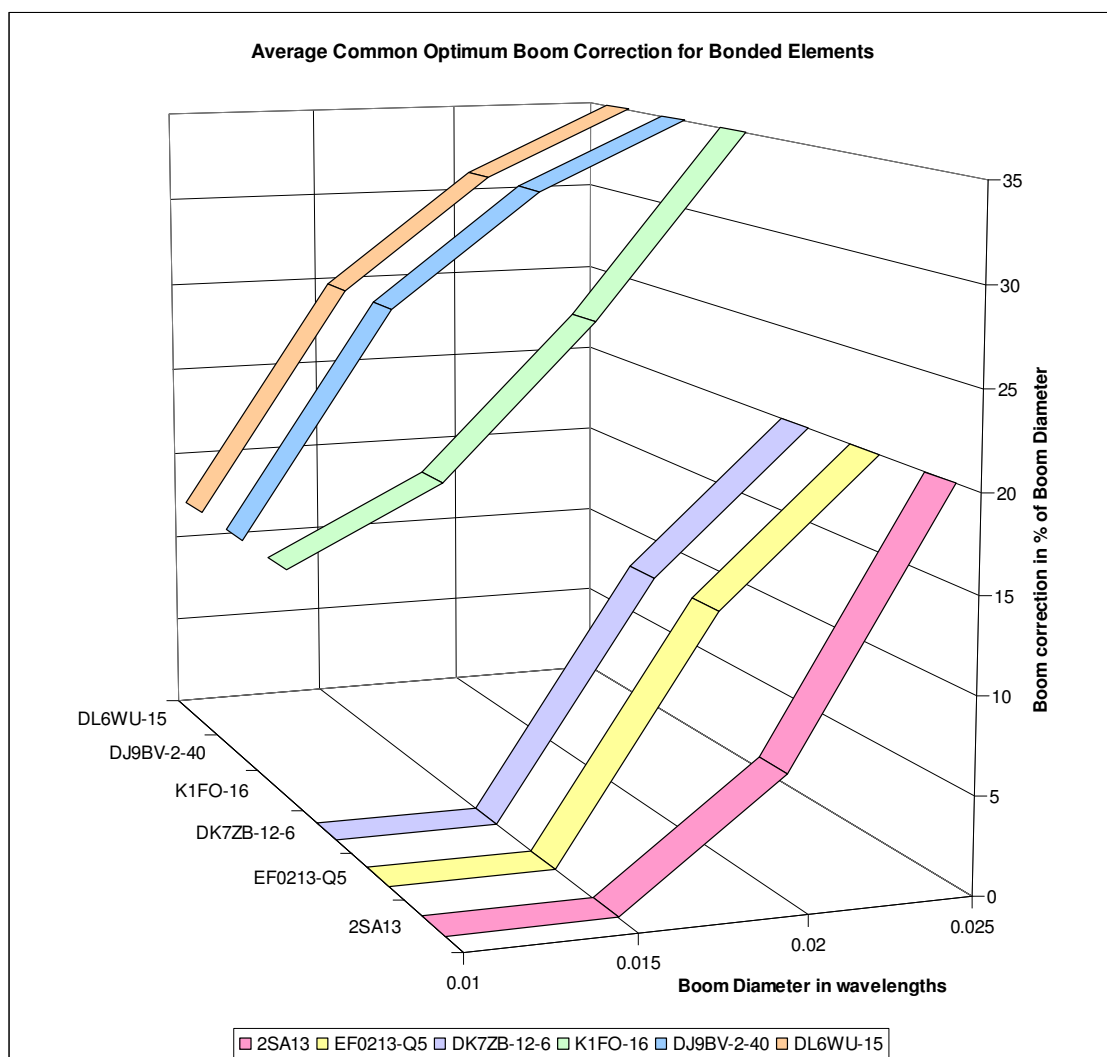
Ovaj način montaže elemenata proizvodi ekstremno veliki uticaj nosača na karakteristike antene. Frekvencijski pomeraj karakteristika je obično tako veliki da je neophodno primeniti korekciju dužine elemenata poznatu i kao *boom correction* da bi se sačuvala nameravane karakteristike antene na željenom frekvencijskom opsegu.

Svaka od glavnih karakteristika antene (direktivnost, SWR, Q faktor, dijagram zračenja itd.) može biti posebno optimizirana, ali takođe je moguće naći jednu ili više zajedničkih vrednosti korekcije koja istovremeno optimizira sve važnije karakteristike antene za dati

prečnik nosača. Pronađeno je da sve antene nemaju istu vrednost ili opseg vrednosti korekcije za isti prečnik nosača i da vrednosti korekcije veoma mnogo zavise od tipa antena i njenog Q faktora [2, 3 i 9].

Dijagram na Sl. 3 ilustruje ovu razliku prosečne vrednosti zajedničke korekcije koja optimizira karakteristike antene sa određenim prečnikom nosača za različite tipove antena.

Različiti tipovi antena pokazuju različitu osetljivost na uticaje okoline i bilo je očekivano da ista korekcija dužine elemenata takođe može da ima različite efekte na različitim antenama. Dakle, ovaj dijagram je potvrda tog očekivanja i pokazuje da različiti tipovi Yagi antena zahtevaju različite vrednosti korekcije za isti prečnik nosača.



Sl. 3. Prosečne vrednosti zajedničke korekcije za neizolovane elemente

Pod istim uslovima možemo očekivati da UHF Yagi antene takođe zahtevaju različite vrednosti korekcije dužine elemenata da bi kompenzovale efekte metalnog nosača.

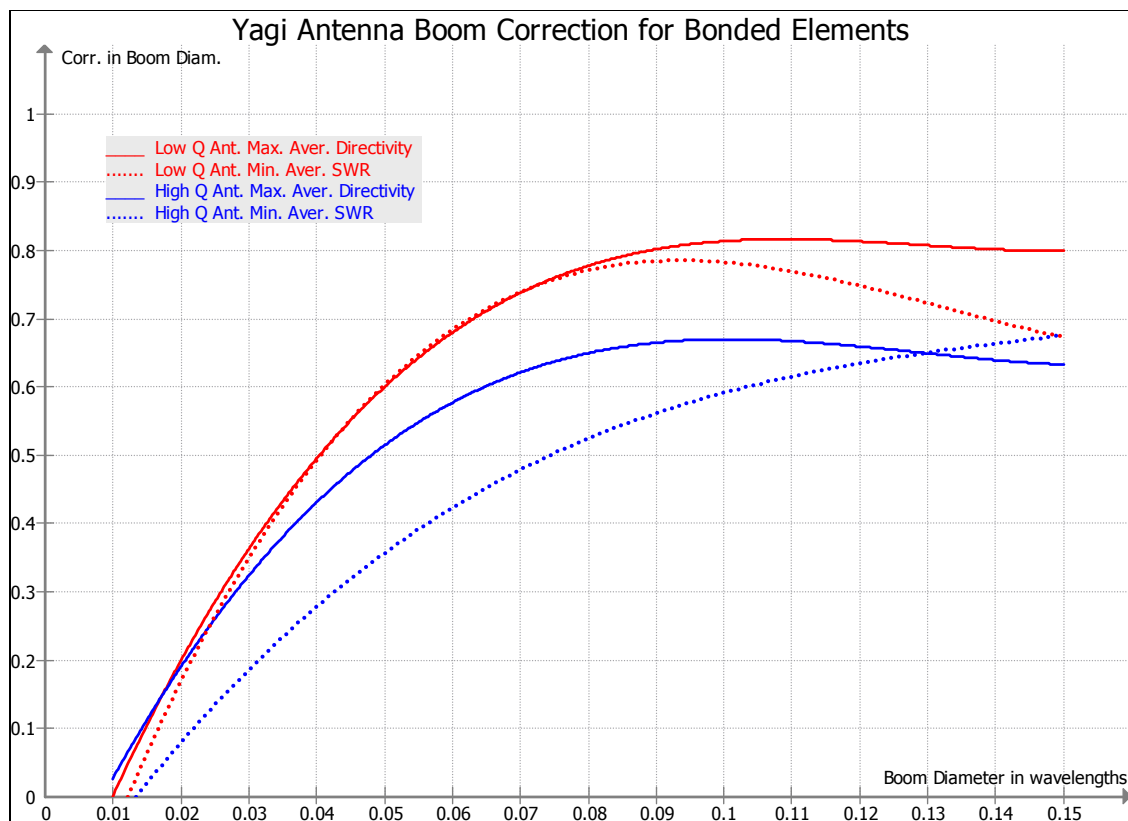
Međutim, zbog male talasne dužine, izbor optimalne korekcije je mnogo kritičniji zbog mnogo većeg uticaja i frekvencijskog pomeraja. Izbor je mnogo lakši ako antena ima manje kritičan dizajn i veći opseg mogućih vrednosti za optimalnu korekciju.

Koliko velika korekcija može biti?

Još jedno interesantno pitanje se pojavljuje kada razmišljamo o Yagi antenama za vrlo visoke frekvencije. Šta se dešava kada talasna dužina postane toliko mala da prečnik, svakog praktično upotrebljivog, nosača postane vrlo veliki meren u talasnim dužinama? Ili, drugim rečima, koliko daleko možemo ići u kompenzaciji vrlo velikih prečnika nosača?

Ginter, DL6WU je prvi postavio to pitanje i takođe dao svoj odgovor na osnovu praktičnih merenja. Njegova merenja jasno pokazuju da korekcija ima „zasićenje“ za prečnik nosača veći od oko 0.07 talasnih dužina. Vrednost korekcije dostiže oko 65 % prečnika nosača i ne menja se sa daljim povećanjem prečnika!

Na prvi pogled to je izgledalo kao veoma „čudno“ ponašanje antene i bilo je vrlo izazovno videti kako bi naše simulacije odgovarale njegovim praktičnim merenjima. Ginter je ljubazno ponudio sve neophodne podatke svojih merenja koji su bili potrebni da bi se napravio korektan model i izvršile precizne simulacije.

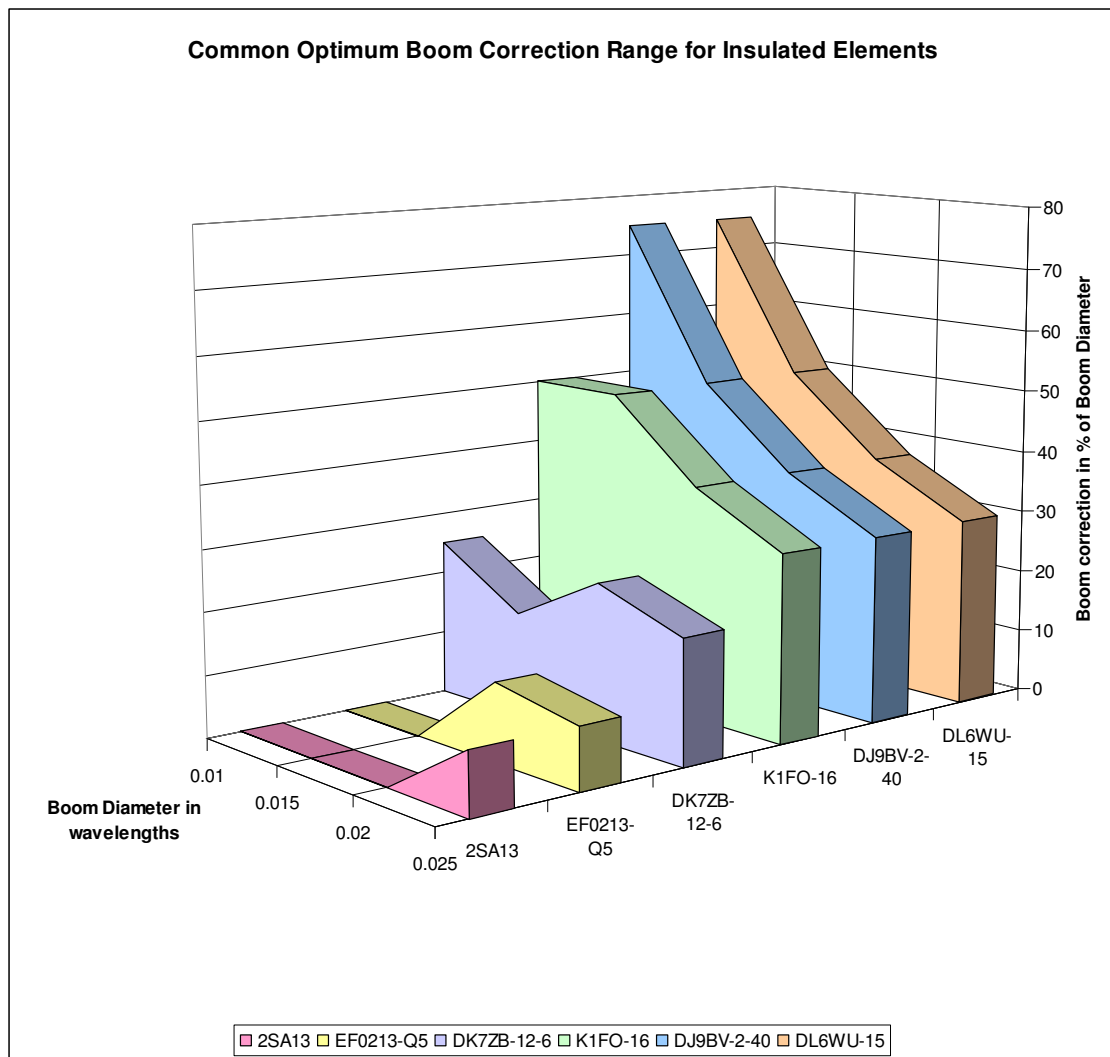


Sl. 4. Vrednosti korekcije za neizolovane elemente

Rezultati simulacije antena sa vrlo velikim prečnikom nosača koje su prikazane na Sl. 4 pokazuju da antene sa visokim Q faktorom imaju „zasićenje“ vrednosti korekcije na oko 65 % prečnika nosača i ono počinje pri prečniku nosača od oko 0.07...0.08 talasnih dužina, upravo onako kako je Ginter pronašao pri svojim praktičnim merenjima!

Antene sa nižim Q faktorom imaju vrlo sličan trend ali one dosežu nešto veći procenat korekcije. To je u vrlo dobrom saglasju sa rezultatima na Sl. 3 gde antene sa nižim Q faktorom imaju značajno veće vrednosti korekcije za iste veličine prečnika nosača. Čak šta više, pošto ove antene imaju mnogo širi opseg vrednosti koje optimalno vrše korekciju karakteristika antene, ove praktično izmerene vrednosti su duboko u opsegu vrednosti optimalnih korekcija za date prečnike nosača.

Ginterova merenja su vršena na kratkim antenama, dok su naše simulacije vršene na dužim Yagi antenama. Dobro slaganje rezultata merenja i simulacija pokazuje da je izgleda ovo ponašanje Yagi antena opšte i da ne zavisi od dužine nosača.



Sl. 5. Opseg vrednosti optimalnih zajedničkih korekcija za izolovane elemente

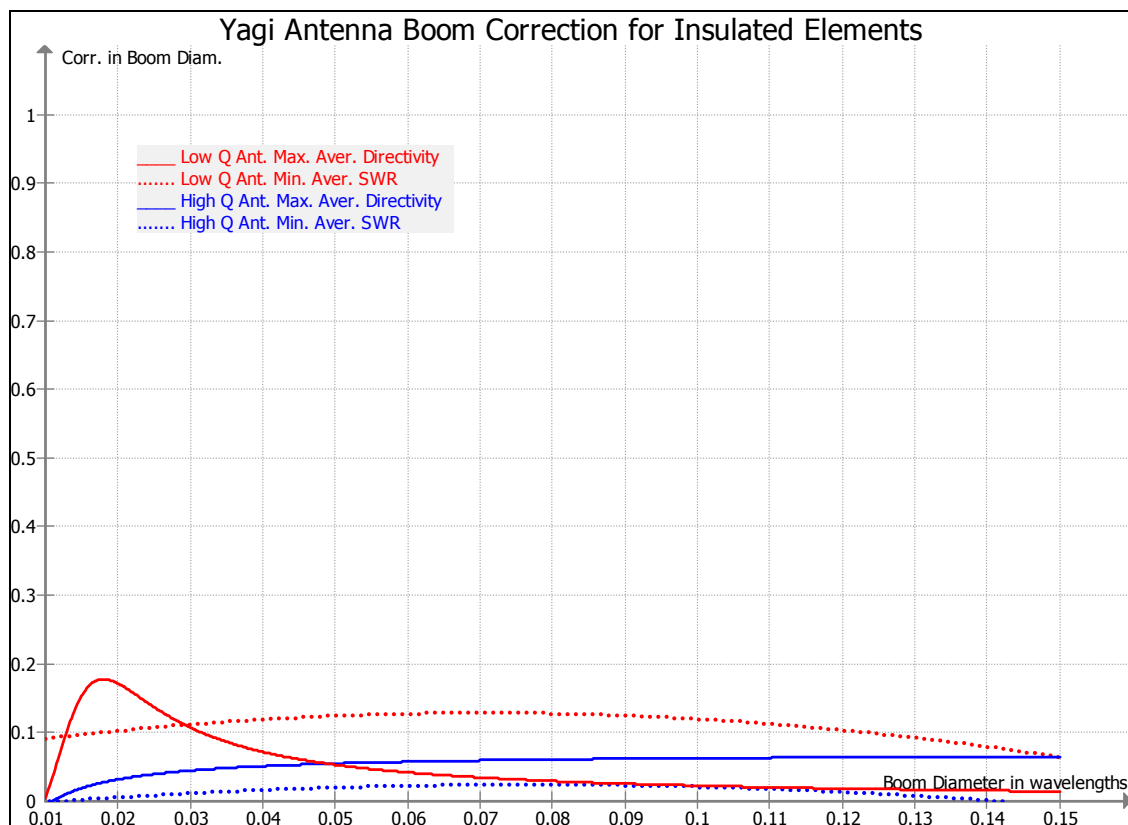
Elementi prolaze kroz nosač i izolovani su od njega

Sa elementima koji prolaze kroz nosač ali su izolovani od njega svi ovi uticaji metalnog nosača nisu tako veliki. Veličina uticaja nosača je manja zbog izolacije elemenata od nosača i odgovarajuće veličine promene posmatranih karakteristika takođe su manje.

Međutim, opšti trend za svaki tip antene je vrlo sličan. To jasno pokazuje da je podložnost antene na uticaje okoline određena njenim dizajnom i da veličina uticaja okoline takođe zavisi od njene konstrukcije, tj. načina montaže elemenata.

Veličina uticaja nosača, a time i promena karakteristika antene, zavisi od prečnika nosača i zato je neophodno primeniti različite vrednosti korekcije dužine elemenata kao kompenzaciju za različite prečnike nosača.

Dijagram na Sl. 5 prikazuje opseg vrednosti kompenzacije za različite antene. Iz tog dijagrama je vidljivo da dok neke antene mogu biti kompenzovane sa ekstremno velikim opsegom vrednosti korekcije dužine elemenata kako bi bile optimalne, druge antene mogu biti kompenzovane samo sa jednom ili nekoliko vrednosti korekcije iz vrlo ograničenog i uskog opsega vrednosti. Ovo nam daje vrlo dobru sliku o stepenu tolerantnosti svakog pojedinog tipa antene.



Sl. 6. Vrednosti korekcije za izolovane elemente

Na visokim frekvencijama gde su svi uticaji izraženiji zbog male talasne dužine, antene postaju mnogo kritičnije, tako da su tolerantne antene sa širokim opsegom vrednosti

korekcije dužine elemenata mnogo poželjnije i imaju prednosti u upotrebi na UHF opsezima.

Na *Sl. 6* možemo videti dijagram sa istom razmerom na osama kao i na *Sl. 4* da bi se lakše vršila poređenja. Ali ovoga puta to je dijagram za antene sa vrlo velikim prečnicima nosača i izolovanim elementima koji prolaze kroz metalni nosač. Očigledno je da su uticaji a time i vrednosti korekcije dužine elemenata mnogo manji nego za elemente koji nisu izolovani.

Interesantno je primetiti da korekcija dužine elemenata za velike vrednosti prečnika nosača takođe ima „zasićenje“ ali na mnogo manjoj vrednosti nego za neizolovane elemente, kao što se može videti na dijagramu na *Sl. 6*.

Zaključak

U ovom članku prezentirali smo sumarne rezultate simulacija i analiza raznih uticaja na antenu i njihove posledice na Yagi antenu za više frekvencije. Upoređivani su uticaji različitih prečnika nosača, različitih odstojanja nosača kao i različitih metoda montaže elemenata na vrednost korekcije dužine elemenata za optimalno ulazno povratno slabljenje i širokopoljnu direktivnost šest različitih tipova antena.

Još jedanput je potvrđeno da je dizajn i odgovarajući Q faktor antene veoma bitan faktor koji određuje podložnost antene na uticaj nosača, ali takođe determiniše i opseg dejstva korekcije uticaja nosača. Evidentno je da korekcija dužine elementa Yagi antene zavisi veoma mnogo od njenog dizajna i da ona nije ista za sve tipove Yagi antena.

Možemo uzeti rezultate sabrane u ovom članku kao vodilju koju bismo morali da sledimo ukoliko hoćemo da dizajniramo i sagradimo dobru UHF Yagi antenu.

Kao što je vidljivo sa dijagrama na *Sl. 1* i *Sl. 2* dobra je ideja sagraditi vrlo tolerantnu UHF Yagi antenu sa što manjim prečnikom nosača i sa što većim rastojanjem između nosača i elemenata. Možda ovakav zaključak ne zvuči kao nešto novo i neočekivano, ali verovatno važnost zadovoljavanja ovih zahteva sada postaje mnogo očiglednija ako je dobro ponašanje sagrađene UHF antene naš cilj.

Program za dizajniranje antena koji ne uzima u obzir i ne računa sve uticaje nosača, nije mnogo dobar i precizan alat za dizajniranje i optimizaciju UHF Yagi antena, posebno onih za više opsege.

Ako pogledamo rezultate svih dosadašnjih simulacija sa različitim montažom elemenata (izolovane na sigurnom rastojanju od nosača i neizolovane i izolovane koji prolaze kroz nosač) [1, 2, 3, 4, 5 i 6] kao i uticaj nakupljene vode ili leda na elementima [7], i konačno uticaj napojnog koaksijalnog kabla na karakteristike antene [8], možemo videti da svaki tip antene prati svoj specifičan način ponašanja u svim tim različitim okolnostima. One se uvek ponašaju na vrlo sličan način koji skoro potpuno zavisi od njihovog dizajna i odgovarajuće veličine Q faktora.

Zahvalnica

Zahvaljujem se Ginteru, DL6WU na njegovoj ljubaznoj pomoći i slanju rezultata njegovih merenja, kao i vrlo plodnim stručnim diskusijama u vezi sa ovom temom!

Reference:

1. Dragoslav Dobričić, YU1AW, **Yagi Antenna Insulated Elements Boom Correction**, *antenneX*, February 2010, Issue No. 154.
Prevedeno na srpski jezik: Dragoslav Dobričić, YU1AW, **Korekcija dužine izolovanih elemenata usled uticaja nosača Yagi antene**, http://yulaw.ba-karlsruhe.de/Kor_izol_el_yagi_ant.pdf
2. Dragoslav Dobričić, YU1AW, **Yagi Antenna Elements Correction for Square Boom**, *antenneX*, January 2010, Issue No. 153.
Prevedeno na srpski jezik: Dragoslav Dobričić, YU1AW, **Korekcija dužine elemenata Yagi antene usled uticaja kvadratnog nosača**, http://www.yulaw.ba-karlsruhe.de/Kor_elem_kv_nosac.pdf
3. Dragoslav Dobričić, YU1AW, **Yagi Antenna Elements Boom Correction**, *antenneX*, December 2009, Issue No. 152.
Prevedeno na srpski jezik: Dragoslav Dobričić, YU1AW, **Korekcija dužine elemenata usled uticaja nosača Yagi antene**, http://www.yulaw.ba-karlsruhe.de/Kor_duzine_elem.pdf
4. 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.yulaw.ba-karlsruhe.de/Uticaj_odstoj_nosaca_na_yagi.pdf
5. 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.yulaw.ba-karlsruhe.de/Uticaj_precnika_nosaca_na_Yagi_antenu.pdf
6. 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.yulaw.ba-karlsruhe.de/Uticaj%20nosaca%20na%20Yagi%20antenu.pdf>
7. 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.yulaw.ba-karlsruhe.de/Osetljivost%20Yagi%20antena%20u%20praksi.pdf>
8. Dragoslav Dobričić, YU1AW, **Coaxial Cable Feeder Influence on Yagi Antenna - Part 1 and Part 2**, *antenneX*, September and October 2009, Issues No. 149 and 150.
Prevedeno na srpski jezik: Dragoslav Dobričić, YU1AW, **Uticaj koaksijalnog kabla na Yagi antenu**, http://www.yulaw.ba-karlsruhe.de/Uticaj_koaksa_na_Yagi.pdf
Prevedeno na srpski jezik: Dragoslav Dobričić, YU1AW, **Uticaj koaksijalnog kabla na Yagi antenu – 2 deo**, http://www.yulaw.ba-karlsruhe.de/Uticaj_koaksa_na_Yagi-2.pdf

9. Dragoslav Dobričić, YU1AW, **Yagi Antenna Q factor**, *antenneX*, July 2008,
Issue No. 135.

(Članak je preveden iz časopisa *antenneX*, March 2010.)