

Napisao Phil Harman ,VK6APH\*

Sa engleskog preveo Sejo Sudic T97C

## Šta ćemo sa Zemljom ?

*Znači vaša nova vertikalna antena više radi kao vještačko opterećenje nego kao antena ! Ali prije nego što počnete ukopavati stotine radijala ,dobro bi bilo da uzmete u obzir i najnovija razmišljanja o uzemljenju.Moglo bi vas spasiti krstobolje a i uštedjeti koju KM.*

Do sada mnogi od nas su bili ubjedjeni da moramo imati jako dobro uradjeno uzemljenje da bi se zračenje vertikalne antene bilo efikasno.Praktično sve knjige koje se bave antenama upozoravaju da ustvari nema smisla raditi na nižim opsezima sa vertikalnom antenom ako nije zakopana bar koja stotina radijala a što znači kilometre i kilometre bakarne žice!?! Medjutim ,šta ako postoji i neki drugi način da se dobije maksimalna efikasnost  $\frac{1}{4}$   $1/4\lambda$  vertikalne antene koja ima tek nekoliko kratkih radijala ?? Krenućemo od profesionalnih rezultata i amaterskih eksperimenata sa idejom da ne moramo ukopati kilometar žice za radijale (Pri tome treba imati na umu da je čitava diskusija oko  $1/4\lambda$  vertikalne antene a ne  $1/2\lambda$  vertikalne antene bez radijala koje se nude komercijalno)

### **Malo istorije**

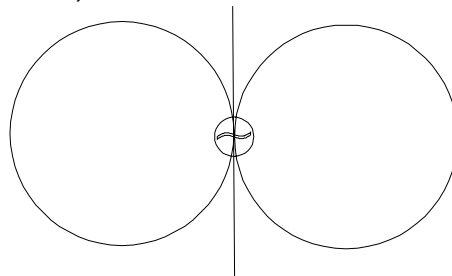
Koncept korištenja zemlje kao dio antene se spominje još u ranim godinama razvoja radio tehnike kada je Markoni eksperimentisao na vrlo dugim talasnim dužinama (od nekoliko hiljada metara).Ovi rani eksperimenti su praktično postavili temelje cijeloj radio tehnici koju smo naslijedili pa je stoga i bilo nekako prirodno da nastavimo sa korištenjem talasnih dužina od preko 200m i više.Ono što nije naširoko prihvaćeno je da kraće talasne dužine su manje efikasne i manje ima smisla koristiti zemlju kao dio antene.Praktično smo u području kratkih talasa razmišljali na način isti kao za duge talase.

Da se je radio tehnika razvijala od Hertz-ovog dipola koji je vršio eksperimente sa varničarima na vrlo kratkim talasnim dužinama, vjerovatno da koncept korištenja zemlje kao dijela rezonantne antene (npr Vertikal na nivou zemlje) ne bi postao aktuelan.

Više radioamatera 1920-tih godina je shvatilo i cijenilo antenske sisteme koji nisu bili direktno spojeni na zemlju i tada se javlja ideja o korištenju protutega. Izgleda da su radioamateri svih ovih godina primjenjivali dugotalasnu teoriju i praksu na kratkim talasima i pri tome plaćali cijenu u smislu neefikasnosti i nepredvidivosti. Ustvari, Jack Partridge 2KF koji je bio prvi britanski radioamater koji je ostvario radio vezu sa USA na talasnoj dužini od 200m koristeći inverted-L sa protutegom na visini od oko 2m iznad zemlje. Jednožični protuteg je i u 1930-tim godinama ostao vrlo popularan odnosno sve do pojave klasičnih istraživanja na području srednjih talasa od strane Dr. George Brown (izumitelj GP<sup>1</sup>) - Ground Plane antene izmedju ostalih) koji je koristio velik broj ukopanih radijala. Čak ni on nije bio imun na razne vanjske uticaje iako se često isticalo da je prototip GP antene imao samo dva radijala. Na insistiranje odjela marketinga prve komercijalne GP antene su imale četiri radijala jer su "izgledali simetričnije"

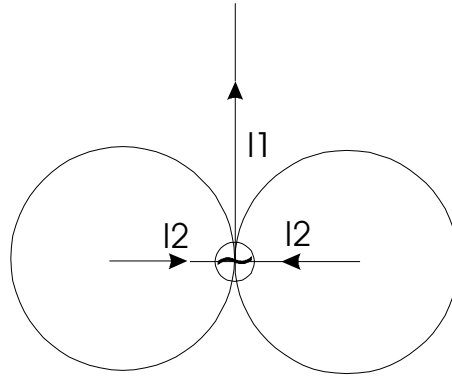
### Zašto na Zemlji ?

Da vidimo prvo zašto mi ustvari uopšte trebamo neki sistem uzemljenja kod vertikalnih antena ? Podjimo od vertikalnog polutalasnog dipola posmatranog u slobodnom prostoru ili barem dovoljno daleko da zemlja neće imati uticaja (Slika 1 )



Slika 1 Dijagram zračenja polutalasnog dipola u slobodnom prostoru

Otpor zračenja u centru dipola biće  $78 \Omega$  i imaće poznati dijagram zračenja koji se može naći u skoro svim knjigama o antenama. Sada ćemo malo izmjeniti vertikalni dipol tako što ćemo ukloniti donjni dio četvrttalasnog provodnika i zamjeniti ga sa dva četvrttalasna radijala (Slika 2 )



Slika 2 Dijagram zračenja GP u slobodnom prostoru

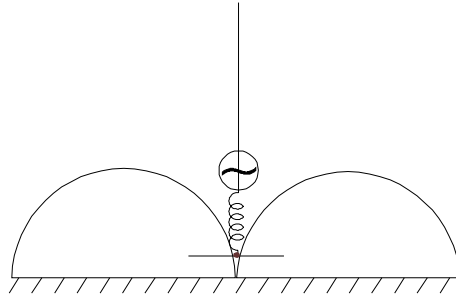
Važno je reći da su radijali jednaki tačno  $\frac{1}{4} \frac{1}{4} \lambda$  na radnoj frekvenciji da su potpuno iste dužine.

U tom slučaju struja  $I_1$  teče kroz vertikalni dio a dvije iste struje  $I_2$  teku kroz radijale tako da imamo  $I_1 = 2 \times I_2$ . Pošto su struje kroz radijale iste jačine i teku u suprotnim smjerovima, zračenje radijala će se poništiti pa će kompletno zračenje biti iz vertikalnog elementa. Pri tome se dijagram zračenja nije promjenio a na nekoj udaljenosti nije moguće više znati da li signal dolazi od vertikalnog dipola ili od GP.

E sad pošto je zračeći element pola dužine od polutalasnog dipola, njegov otpor zračenja mora biti jednak četvrtini impedance dipola i neovisan je šta god da uradimo sa radijalima pošto oni svakako ne zrače. Prema tome otpor zračenja od  $37\Omega$  s koji se pojavljuje u mnogim priručnicima o antenama nije tačan. Vidjećemo kasnije odakle dolaze ove brojčane vrijednosti. Takođe treba primjeniti da radijali ni u kom slučaju ne predstavljaju ravan refleksije pošto se njihova polja zračenja poništavaju u svim pravcima a takođe ne doprinose niti uglu zračenja.

U praksi nam je glavni problem korištenje  $\frac{1}{4} \lambda$  radijala pošto su tolerancije dužine uvijek konačne pa je nemoguće održavati jednake struje a pri tome mjenjati rezonancije. Ako četvrttalasni radijali ne zrače i nemaju uticaja na ugao zračenja, šta je onda praktično alternativa?

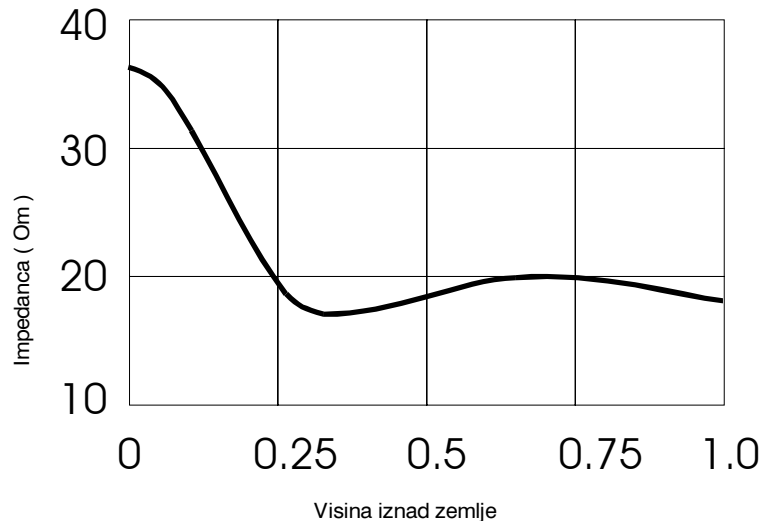
Već smo vidjeli da ako uspijemo izjednačiti struje koje teku kroz radijale - oni neće zračiti. Odatle je logično da ih možemo skratiti proizvoljno a da pri tome ne ugrožavamo otpor zračenja. Ako skratimo radijale onda treba dodati induktivitet (zavojnicu) u centru napajanja da bi smo ih ponovo doveli u rezonanciju (Slika 3). Sve dok su gubici na zavojnici mali u poredjenju sa  $20\Omega$  efikasnost sistema će ostati visoka. Sada ćemo dipol spustiti iz slobodnog prostora na zemlju (Slika 4).



Slika 4 GP sa radijalima iznad perfektne zemlje

Malo prije nego što dotakne nivo zemlje antena se mjenja od dipola u monopol. Impedanca će porasti na  $35 \Omega$  (iznad perfektnog uzemljenja) zbog međusobne impedance između antene i njene kolinearne slike u zemlji. Dijagram zračenja u vertikalnoj ravni će se proširiti na polovinu od dipola a pri tome će se povećati gubici jer struja počinje teći u nesavršenom uzemljenju.

Promjena otpora zračenja u zavisnosti od visine može se izračunati ako se uzme u obzir antena i njena slika kao kolinearni par odvojen razmakom težišta raspodjele struja. Ovo je prikazano na dijagramu (Slika 5) koji matematički dokazan od strane VK2BBF<sup>2)</sup>



Slika 5 Osnovna zavisnost četvrt-talasnog vertikala od visine

Sve dok su struje jednake i teku u suprotnim smjerovima kroz radijale, oni ne zrače. Ne zrače - znači da struja ne može biti inducirana u zemlju preko radijala a to znači da nema gubitaka. Upravo zbog ovoga jedan radijal nema efekta pošto nema jednakih struja suprotnog smjera toka i prema tome jedan radijal zrači a to znači proizvodi gubitke.

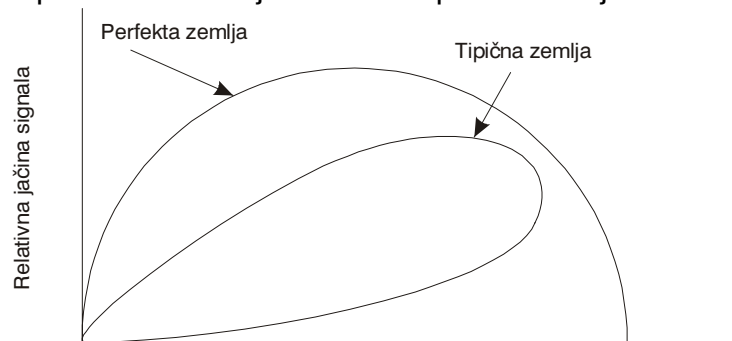
## Efekat Zemlje

Iz prethodnog ste možda mogli zaključiti da ja nastojim da kažem da uzemljenje nema efekta na zračenje antene. Medjutim kao što ćete vidjeti to svakako nije slučaj. Ono što hoću da kažem je slijedeće – antena će raditi i sa stotinama radijala ali oni nisu neophodni da nadomjeste nedostajeću polovinu dipola i a pogotovo ne da poboljšaju efikasnost antene.

Ako ste već postavili vertikalku sa velikim brojem radijala onda je najjednostavnije da ustanovite da su svi manji od  $\frac{1}{4} \lambda$  kao i da provjerite jednakost struja.

U praksi, priroda zemlje ispod monopola ima vrlo važan uticaj na dijagram zračenja. Glavni uticaj dolazi od provodnosti zemlje i dielektrične konstante oko antene pa do udaljenosti od nekoliko desetaka talasnih dužina od antene.

Efekat provodljivosti zemlje je prikazan na Slici 6. gdje se vidi dijagram zračenja iznad perfektne zemlje i iznad tipične zemlje.



Slika 6 Uticaj uzemljenja na otpor zračenja

Kao što se može vidjeti iz dijagrama zračenja iznad perfektne zemlje ,zračenje pri malim uglovima je smanjeno i "pojačanje" antene je smanjeno. Praktično govoreći korisnik može jako malo učiniti da bi popravio ovu situaciju ukoliko nema takav sistem radijala koji koji bi se protezao do nekoliko desetaka talasnih dužina daleko od postolja antene. Medjutim ipak je moguće napraviti neka poboljšanja. Kao što je ranije primjećeno u portabl radu sa morske obale ili sa broda (čamca) mogu se postići spektakularni rezultati.

Najčešće poboljšanje u vidu sistema od nekoliko vertikalki poredanih u pravcu na odredjenom odstojanju jedna od druge , žrtvujući jedan kraj dipola ekvivalentne bim antene. Čak i iznad perfektne zemlje maksimalno pojačanje vertikalka je oko 6 dB u poredjenju sa teoretskom vertikalkom u slobodnom prostoru. Ako faziramo dvije vertikalka automatski postizemo pojačanje od 5.3 dB bez obzira na provodljivost zemlje i uopšteno govoreći uz manje troškova i krstobolje.

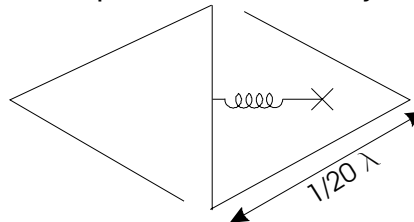
## Praktični sistemi

Eksperimentalno je potvrđeno da se podešana zavojnica u napojnoj tački može koristiti dokle god su gubici usljed otpora manji od  $20\Omega$  i pri tome radijali mogu biti smanjeni na bilo koju dimeziju (po želji). Praktična preporuka je da ne budu manji od  $1/12\lambda$  jer se ispod ove dužine širina radnog opsega bitno smanjuje a isto tako nema praktične prednosti ako je veća od  $1/8\lambda$ .

U knjizi *HF Antennas For All Locations, Les Moxon, G6XN, RSGB* je opisana uspješna konstrukcija vertikalne antene za 14 MHz koja koristi radijale dužine 1.5m i zajedničku zavojnicu induktiviteta od  $3\mu\text{H}$ .

U najjednostavnijem obliku sistem radijala se može sastojati od horizontalne žice ili cijevi dužine između  $1/12$  i  $1/8\lambda$  i dobro izolovan i udaljen od okolnih objekata – prepreka poštivan na rezonanciju i napojen preko zavojnice. Dobra osnova za proračun je zavojnica prečnika 75mm sa razmakom zavoja za debljinu žice i dužine onoliko koliko je potrebno da postigne rezonanciju. – npr dužina od 25mm će dati oko  $3\mu\text{H}$  induktiviteta.

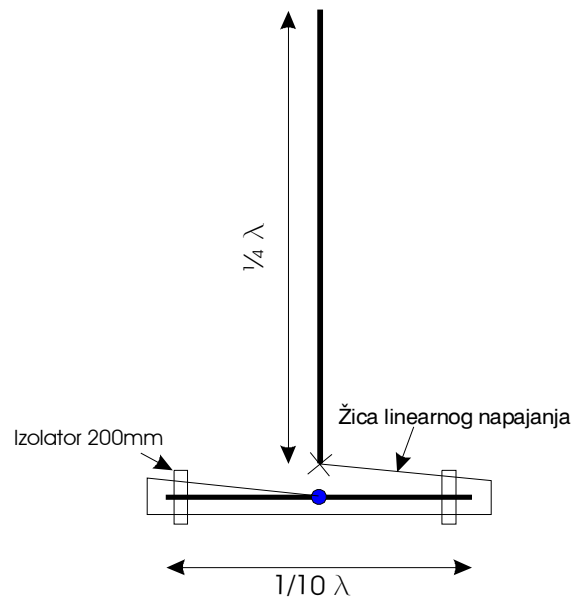
Ako je prostor za postavljanje ograničen, sistem radijala se može smotati kako je prikazano na Slici 7 pri čemu se dobije vrlo kompaktna struktura.



Slika 7 Kompaktni sistem radijala

Visina radijala od jednog metra se pokazala praktično da zadovoljava antene za 160m i 80m.

Ako zavojnica postane velika i teška onda je alternativa da se koristi linearno napajanje kao što je prikazano na Slici 8.



Napojeno sa 50Ω koaksom u X  
Slika 8 Linearno napojeni sistem radijala

U ovom slučaju neophodni induktivitet je dobijen iz dužine žice montirane na izolatorima kao što je prikazano na slici.

Ovdje je vrlo bitno naglasiti da se kompletan sistem mora dovesti u rezonanciju korištenjem Grid Dip metra, Antena analizatora ili SWR metra ri tome podešavajući dužinu žice linearnog napajanja.

### Zaključak

Za sada se nadam da će vas ovaj članak u najmanju ruku zagolicati da napravite eksperiment sa linearnim napajanjem prije nego se odlučite da prekopavate travnjak oko kuće i ukopavate kilometre žice.

Da rezimiramo, **r a d i j a l i** :

- 1) djeluju kao jedan pol dipola kako bi obezbjedili povratnu struju koja teče u drugom polu.
- 2) Smanjuju struju koja teče kroz napojni koaks i tako onemogućće napojni kabal da zrači
- 3) Omogućavaju da se “dipol” spusti na zemlju bez kopanja rupe za donji elemenat.
- 4) Ne djeluju kao ravan refleksije
- 5) Nemaju nikakvog uticaja na ugao zračenja
- 6) Mogu se skratiti do približno 1/12 talasne dužine a onda rezonanciju postići dodavanjem napojne zavojnice u centru
- 7) (kad su rezonantni) nemaju uticaja na otpor zračenja antene

Sve u svemu, ovo bi bio prilično ne-kontroverzan članak! U slijedećem članku opisaću vertikalku za donje opsege dužine samo  $1/10\lambda$  a koja

zrači vrlo efikasno i sa jednom jedinom žicom - protutegom. A do tada , svi na eksperimentisanje !

\*) Phill Harman , VK6APH ,45 Ventnor St.,Scarborough,WA 6019,Australia,e-mail : [philh@xenotech.com.au](mailto:philh@xenotech.com.au)

- 1) GP- Ground Plane je naziv za vještačko radio frekventno uzemljenje, napravljeno od od žica ili drugih oblika provodnika i sa zadatkom da predstavlja idelno provodljivo uzemljenje. Ground Plane se najčešće sreće kod vertikalnih antena pa odatle dolazi uobičajen naziv za vertikalne antene - GP .Obično se izvodi tako što se žice dužine nešto veće od  $\frac{1}{4} \lambda$  radijalno pružaju iz baze vertikalne antene i tako formiraju kružnu površinu oko vertikalnog dijela.
- 2) «The Feed impedance Of An Elevated Vertical Antenna « Guy Fletcher,VK2BBF,Amateur Radio magazine,Wireless Institute of Australia ,August 1984