



YO/HD Antena



BULETIN DE INFORMARE

AL RADIOCLUBULUI YO HD ANTENA DX GRUP

www.yohddx.ro

Redactat și editat de Adrian Voica (YO2BPZ) str. Bejan 66/82, 330114 Deva, HD.
Tel. 0723.271676; 0254.217201; E-mail: yo2bpz@gmail.com

Deoarece suntem în posesia unui extrem de interesant material despre “vesnica problema” (adică antenele), scris de către Tavi Oproescu, YO4BKM, ne-am gândit să scoatem un număr – cadou de Anul Nou cu acest material în varianta integrală.

Totodată am dori să ne cerem scuze și să revenim cu o erată la o greșeală strecurată în numărul 160 în urma conversiei la formatul *.pdf. Astfel formula (4) are forma corectă de mai jos:

$$Z_{echiv} = \frac{Z_3}{\cos^2\left(2\pi \frac{l}{\lambda_{linie}}\right) + \frac{Z_3^2}{Z_0^2} \sin^2\left(2\pi \frac{l}{\lambda_{linie}}\right)} + jZ_0 \frac{\left(1 - \frac{Z_3^2}{Z_0^2}\right) \cos\left(2\pi \frac{l}{\lambda_{linie}}\right) \sin\left(2\pi \frac{l}{\lambda_{linie}}\right)}{\cos^2\left(2\pi \frac{l}{\lambda_{linie}}\right) + \frac{Z_3^2}{Z_0^2} \sin^2\left(2\pi \frac{l}{\lambda_{linie}}\right)} \quad (4)$$

unde $j = \sqrt{-1}$, simbolul *imaginar*

Partea reală reprezintă componenta rezistivă care include atât rezistența de pierdere (mica la cupru) cât și rezistența de radiație, partea imaginară reprezintă componenta reactivă care nu disipă energie, fiind conservativă.

Sperăm că cei interesați vor găsi multe explicații în cele două părți ale lucrării referitoare la liniile de alimentare, explicații care să rezolve multe din pataniile neplăcute.

Și în continuare se prezintă materialul care se referă la antene.

MODELE DE ANTENE

YO4BKM Gheorghe OPROESCU – Tavi

Daca un emitator ar putea vorbi, poate ca ar parafraza mult mai aproape de adevar acea vorba romaneasca “antena te ridica, antenna te coboara / antenna iti da viata, antenna te omoara”. Sau poate ca o face deja operatorul aceluia emitator. Voi face in cele ce urmeaza o prezentare a bazelor de calcul ale unei antene, cu un exemplu dezvoltat pe o antena concreta astfel incat sa se inteleaga mai clar ce se intampla cu antena din

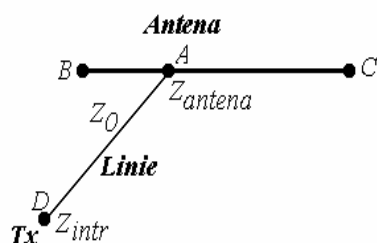


Figura 1. Un model fizic de antena

exploatare, sau, de ce nu, sa construim o antena noua si poate chiar nefolosita pana la noi. Un model fizic al unei antene oarecare este reprezentat in figura nr. 1. O linie de alimentare cu impedanta caracteristica Z_0 transmite energie de radiofrecventa la o antena care, in punctul A de alimentare de la linie, prezinta impedanta Z_{antena} . Consider ca este important ca, functie de constructia antenei, sa stim cat este Z_{antena} , cat este impedanta la punctul de alimentare a liniei Z_{intr} si care este diagrama de radiatie spatiala a antenei. Iar cine doreste mai multe detalii imi gaseste adresa pe radioamator.ro.

1. Antena este un dispozitiv electric cuplat la mediu.

In marea lor majoritate antenele sunt realizate din conductori monofilari. Am aratat la prezentarea liniilor de alimentare ca un conductor monofilar paralel cu solul are o inductanta L si o capacitate C proprii precum si o impedanta caracteristica. Daca vom calcula inductanta si capacitatea pe toata lungimea l (exprimata in m) si vom incerca sa aflam care este frecventa de oscilatie a acestui circuit cu constante distribuite vom obtine cele de mai jos.

$$L = 0,46 \cdot l \cdot \lg \frac{2h}{r} \cdot 10^{-6} \quad [\text{H}] \quad (1)$$

$$C = \frac{24,16}{\lg \frac{2h}{r}} \cdot l \cdot 10^{-12} \quad [\text{F}] \quad (2)$$

Circuitul LC format de conductor ar trebui sa aibe frecventa proprie data de cunoscuta formula

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{3 \cdot 10^8}{2\pi l} \quad [\text{Hz}] \quad (3)$$

Consider drept mediu inconjurator aerul cu permitivitatea relativa egala cu unu pentru care conductorul are coeficientul de scurtare a lungimii de unda foarte apropiat de unitate, $\lambda_{cond} = \lambda_{aer}$. Lungimea de unda (in metri) ce corespunde frecventei proprii rezulta:

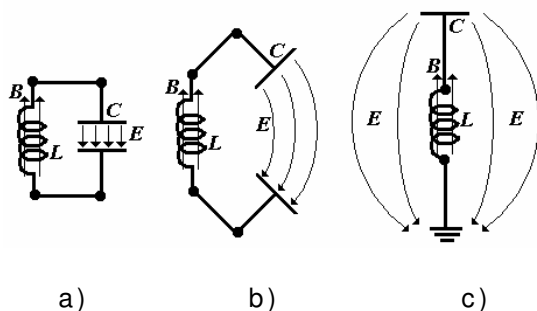


Figura 2. Un model fals al antenei

$$\lambda_{cond} = \frac{3 \cdot 10^8}{f} = 2\pi l \quad (4)$$

cu totul diferita de valorile cunoscute la rezonanta unui conductor pe frecventa fundamentala, adica $\lambda_{cond} = 4l$ sau $\lambda_{cond} = 2l$ functie de constructia antenei. De aici se trage o prima concluzie, anume ca o antena nu rezoneaza precum un circuit oscilant clasic pe o frecventa ce corespunde constantelor distribuite ale ei ci dupa alte reguli.

Se obișnuiește adesea să se imagineze o antena ca un circuit oscilant cu constante concentrate având capacitatea „desfacută” la maximum, figura 2, ceea ce este complet lipsit de adevăr. Un prim argument: circuitul cu constante concentrate din fig. 2 nu are câmpurile electrice E și câmpul magnetic B perpendiculare între ele după cum se prezintă lucrurile într-un câmp electromagnetic radiat de antena. Se mai știe că reactanțele produse de inductanța L și capacitatea C , respectiv $X_L = 2\pi fL$ sau $X_C = 1/2\pi fC$ nu disipă energie ci o acumulează, o conservă, transformând energia electrică în energie de câmp magnetic sau electric care sunt câmpuri conservative. Când intensitatea acestor câmpuri crește, inductanța sau capacitatea consumă curent (sarcini electrice în unitatea de timp) de la sursa alimentând astfel câmpurile; când intensitatea câmpurilor scade, inductanța sau capacitatea furnizează același curent sursei pe seama reducerii energiei câmpurilor. Și în aceste condiții, cum se face ca la un acord corect antena „suge” toată energia din emitor din moment ce are ca circuit echivalent un circuit LC neconsumator de energie?

Din ce am arătat până acum se vede că antena nu este chiar un circuit oscilant clasic. Ea este un dispozitiv electric mult mai complex, care are următoarele caracteristici:

- Are o frecvență proprie de rezonanță dar care nu este dată de valorile inductanței și capacității proprii; frecvența proprie de rezonanță este de fapt aceeași frecvență la care antena absoarbe maximum de energie electrică, respectiv are cel mai mare câștig, depinde de dimensiunile fizice ale antenei și nu de caracteristicile ei electrice;

- Are comportamentul unui circuit oscilant prezentând factor de calitate și bandă de trecere;

- Deși nu conține componente disipative (de exemplu pur rezistive) consumă energie de la emitor în orice cantitate și se transmite fără a se încălzi (cu excepția când componenta pur rezistivă a antenei este semnificativă și transformă ireversibil o parte din energia electrică în căldură cedată mediului);

- Antena este un dispozitiv care transferă **energia electrică de radiofrecvență de la o sursă către un mediu sub forma de energie de câmp electromagnetic**.

Această ultimă caracteristică este ceea ce deosebește antena de orice alt dispozitiv electric cu componente LC. Nu antena consumă energia emitorului ci câmpul electromagnetic care pe care îl creează în mediu și care este alimentat de către ea. Și cum mediul în care se generează câmp electromagnetic este infinit, energia transmisă câmpului poate fi oricât de mare deoarece un mediu infinit nu se saturează. Antena primește energie electrică printr-un capăt al său iar această energie „se scurge” în mediu prin toată antena, de aceea consumă de la sursă chiar dacă este alimentată numai la un capăt. Se poate face o comparație a antenei cu alte dispozitive de transferare a energiei. Am spus deja că o inductanță pură nu consumă energie. Să considerăm că inductanța bobina unui generator de curenți de înaltă frecvență pentru încălzirea pieselor metalice. Dacă o astfel de bobină ar fi lăsată în aer departe de orice piesă metalică etajul final ce o alimentează ar fi în pericol de a se distruge termic deoarece energia debitată de acesta s-ar disipa, în lipsa altui consumator, pe el însuși. Este suficient să apropiem bobina de un corp metalic, acesta se va încălzi puternic absorbind energie de la bobină iar

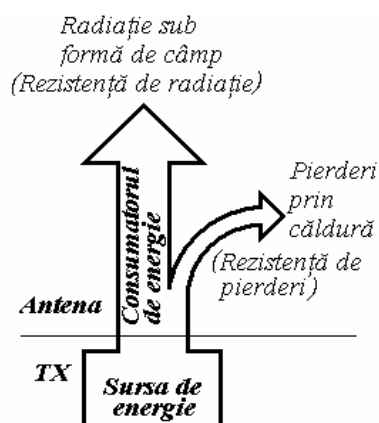
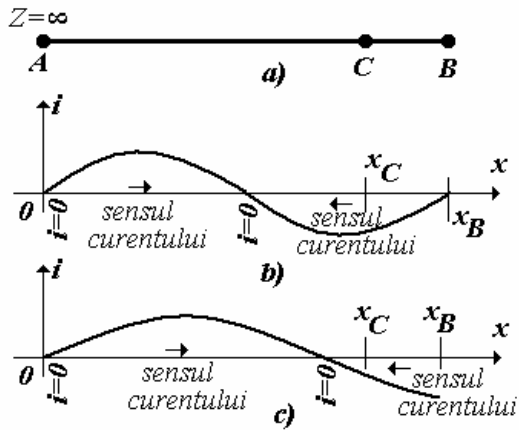


Figura 3. Fluxul energetic disipativ

etajul final va rămâne rece. Deci bobina a realizat un cuplaj între generatorul de energie de înaltă frecvență și mediul metalic, permițând transferul energiei. La fel și antena realizează un cuplaj între etajul final al emitorului și mediul înconjurător (enigmaticul „eter”) transferând energia emitorului către mediu sub forma de câmp electromagnetic, mediul fiind consumatorul final. Cum acest consumator este infinit el nu se va satura, deci nu va ajunge în starea în care să „reverse” din surplusul său înapoi când antena nu mai „pompează” energie, *mediul este deci un consumator de tip disipativ fără a fi însă rezistiv!* Deoarece suntem obișnuiți să evaluăm energia disipată (deci nerecuperabilă) ca energie consumată pe o rezistență pură R iar antena face de fapt acest lucru fără a exista fizic respectiva rezistență, a fost necesar să se introducă noțiunea de **rezistență de radiație a antenei**, care joacă rolul unei rezistențe disipative utile. Aceasta este o rezistență

fictivă, virtuală, care caracterizează din punct de vedere energetic-disipativ comportamentul antenei în raport cu câmpul, figura 3. Rezistența de radiație este necesară pentru a realiza adaptarea corectă a antenei la emitor și, mai mult, pentru a afla dacă antena lucrează preponderent în tensiune (rezistența de radiație de valoare mare) sau preponderent în curent (rezistența de radiație de valoare mică).

2. Antene rezonante (sau cu unde stationare)



- a) antena; b) antena cu lungimea cat λ ;
c) antena cu lungime oarecare

Figura 4. Diferite antene rezonante si curentul

aceea antena se considera rezonanta chiar daca lungimea ei nu este in stransa legatura cu lungimea de unda.

In capatul liber curentul prin antena este teoretic nul insa, datorita efectelor terminale (descarcari ale sarcinilor electrostatice prin asazisele efluvii de curent), valoarea curentului nu este nula dar, fiind destul de mica, astfel de efecte se pot neglija. Deoarece din punct de vedere electric capatul liber este complet definit prin valoarea nula a curentului, acest capat se considera unul din punctele de referinta de pe antena in raport cu care se vor determina parametrii electrici din alte puncte. in capatul celalalt al liniei, notat cu **B** in figura 4, curentul poate avea orice vloare si, numai in cazurile in care se impune constructiv ca si in acest capat **B** curentul sa fie tot nul, numai atunci lungimea antenei se coreleaza cu un multiplu intreg de jumataati de lungime de unda iar antena se numeste antena acordata. Datorita acestor cazuri particulare de multe ori se confunda antena rezonanta cu antena acordata. Antena se poate alimenta prin orice punct, fie el **B** sau **C**. Antena cu lungime oarecare, figura 4c, va avea in punctul **B** o impedanta terminala care poate fi chiar impedanta liniei ce o alimenteaza.

Intensitatea curentului prin conductor va avea valori variabile functie de locul considerat (distanța x de capatul de referinta) si functie de timp (curentul este alternativ), distributia curentului printr-un astfel de conductor avand expresia

$$i(x,t) = I_{max} \sin\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) \sin(2\pi f t) \quad (5)$$

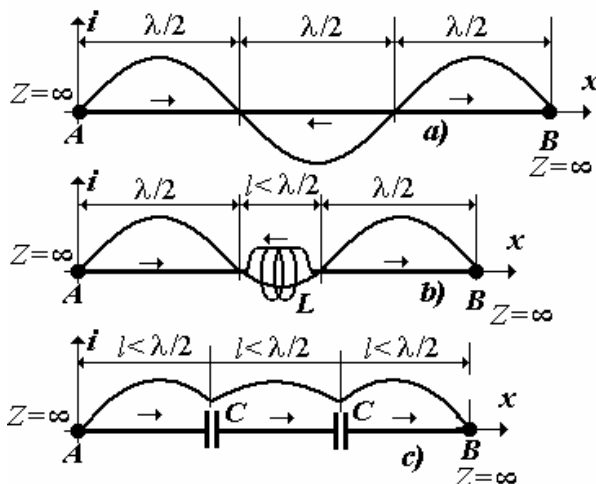


Figura 5. Modificarea distributiei curentului in antena

unde I_{max} este curentul maxim (la ventru), x este distanta de la capatul liber la locul considerat, λ este lungimea de unda in conductor, egala cu cea din aer datorita absentei izolatiei drept pentru care factorul de scurtare este egal cu 1, f este frecventa in Hz, t =timpul. Formula (5) valabila pentru linii, considerate neradiante, are abateri in cazul antenei care pierde energie prin radiatie pe toata lungimea ei in sensul ca curentul descreste de la punctul de alimentare datorita pierderii de energie dar este suficient de precisa in domeniul undelor scurte unde lungimea antenei este mica in comparatie cu lungimea de unda. Faza curentului din antena se schimba de la valoarea $+\pi$ la $-\pi$ pe fiecare semialternanta.

Distributia curentului prin antena poate fi influentata prin inserierea in anumite puncte de

capacitati sau inductante, figura 5 unde s-a ales ca exemplu un conductor cu lungimea $3\lambda/2$ si cu capetele in gol. O inductanta introdusa intr-un punct cu ventru de curent scurteaza lungimea conductorului fizic dintre cele doua noduri vecine micșorand si valoarea maximului de curent in locul unde este amplasata, figura 5b. O capacitate introdusa intr-un ventru mareste distanta dintre noduri. Daca se inseriaza capacitati la distante putin mai mici decat jumatate din lungimea de unda minimele nu mai sunt nule cu exceptia celor de la capetele antenei iar curentii sunt in faza pe toate portiunile antenei, cu efecte favorabile asupra intensitatii campului radiat, figura 5c. Dar astfel de constructii sunt pretentioase, necesitand multe determinari experimentale pentru care sunt necesare spatiul corespunzator, timp, multa rabdare deoarece o dimensionare prin calcul este departe de realitate.

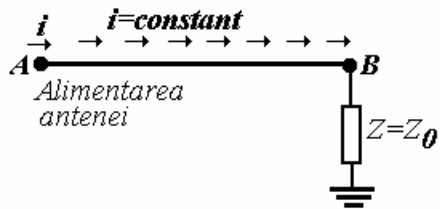


Figura 6. Antena nerezonanta

inductantele maresc variatia acesteia.

4. Rolul si efectul solului (pamantului).

Cand antena se afla aproape de sol, solul actioneaza ca un reflector pentru campul radiat de antena. Daca se aplica legile reflexiei pentru campul radiat de orice punct al antenei pe orice directie, prelungirea in sol a directiilor undelor reflectate duce la obtinerea unei imagini precum imaginile optice din oglinzile plane. Se obtine astfel o antena virtuala, asanumita antena imagine plasata simetric fata de suprafata solului.

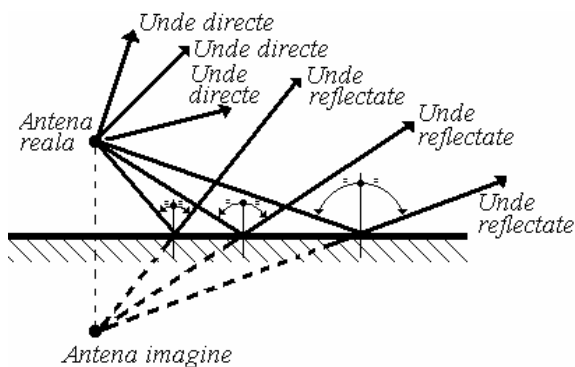


Figura 7. Antena imagine

Antena imagine radiaza si ea iar intre cele doua antene apare impedanta mutuala ca la orice dispozitive electrice cuplate intre ele prin camp. Considerand antena imagine se poate determina mai usor forma campului radiat de o antena care se afla aproape de sol prin compunerea campurilor radiate de antena reala si de antena imagine. Daca pamantul este creat artificial (reflectoare metalice, contragreutati, corpuri de aeronave etc) efectul este acelasi, cu o precizare: daca antena cu pamant artificial se afla destul de aproape de pamantul natural trebuie sa se tina cont de ambele imagini ce se creeaza si care radiaza, precum imaginile in doua oglinzi.

Pamantul mai reprezinta si conductorul de intoarcere la sursa a curentului de alimentare pentru antene ai caror conductori se alimenteaza numai la un capat. in astfel de cazuri antena se considera pusa la pamant cu capatul respectiv, fara a avea inasa la acel capat potentialul pamantului.

5. Impedantele antenei.

Impedanta proprie unei antene Z_{ant} intr-un punct oarecare al ei este impedanta pe care o intalneste curentul ce trece prin punctul considerat. Daca acel punct este punct de alimentare, impedanta proprie devine impedanta de intrare in antena si ne intereseaza pentru a alege linia de alimentare precum si adaptarea cu emitorul.

Impedanta caracteristica a unei antene este asemenea cu impedanta caracteristica a unei linii cu constante distribuite. De exemplu o antena verticala pusa la pamant este asemenea unui conductor monofilar vertical avand o anumita lungime l , cu capatul superior in gol, pentru care pamantul este conductor de intoarcere. Impedanta dintre capatul inferior si pamant variaza cu raportul l/λ dupa cum se cunoaste de la liniile de alimentare, fiind minima pentru rapoarte l/λ egale cu multipli intregi de $1/4$. In mod identic se poate afla impedanta in centrul unei antene orizontale izolate de pamant considerand-o ca o linie cu doi conductori, fiecare cu lungimea cat jumatate din lungimea antenei.

3. Antene nerezonante (aperiodice sau cu unde progresive)

Daca in loc de un capat liber antena se termina cu o impedanta egala cu impedanta caracteristica liniei din care provine, amplitudinea curentului este constanta pe lungimea conductorului iar faza acestuia creste continuu si liniar cu cate 2π la fiecare lungime de unda, figura 6. Capacitati sau inductante inseriate pe conductorul antenei la distante care sa fie diferite de $\lambda/4$ fac ca legea de variatie a fazei sa se schimbe, capacitatile micșoreaza variatia fazei, inductantele maresc variatia acesteia.

Amplitudinea curentului prin antena rezonanta este variabila, functie de pozitia unde se determina. Este deci usor de inteles ca exista si un curent maxim. Daca valoarea impedantei antenei se poate determina in orice punct al ei (si intereseaza in mod deosebit impedanta in punctul de alimentare), rezistenta de radiatie R_{rad} se determina numai in punctele cu maxim de curent. Daca punctul de alimentare coincide cu maximul de curent, numai atunci impedanta antenei in acel punct este egala cu rezistenta de radiatie R_{rad} .

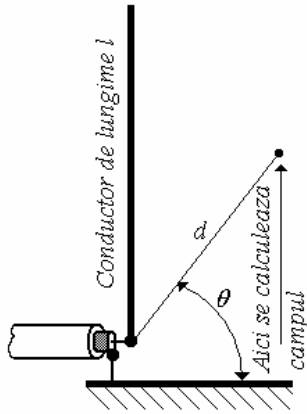


Figura 8. Cosntructia unei antene verticale puse la pamant

6. Antene verticale puse la pamant.

Capatul inferior se afla in apropierea pamantului, se alimenteaza fie pe la baza ei, fie in apropiere de baza, inchiderea circuitului facandu-se prin pamant, figura 8. In tot ce urmeaza se ia in considerare efectul complet al solului. In calculul rezistentei de radiatie apar integrale improprii din functii transcendente (asa numitele *sinus* si *cosinus integral*) care nu se poate calcula decat folosind metode numerice programate pe un calculator, in trecut se recurgea la rezolvarea pe cale grafica. Pentru cine poate face calculul (pun si eu raul inainte, HI), dau mai jos formulele

$$R_{rad} = 60 \left\{ \begin{aligned} & S_1\left(4\pi \frac{l}{\lambda}\right) \cos^2\left(2\pi \frac{l}{\lambda}\right) - \frac{1}{4} S_1\left(8\pi \frac{l}{\lambda}\right) \cos\left(4\pi \frac{l}{\lambda}\right) - \\ & - \frac{1}{2} \sin\left(4\pi \frac{l}{\lambda}\right) \left[Si\left(4\pi \frac{l}{\lambda}\right) - \frac{1}{2} Si\left(8\pi \frac{l}{\lambda}\right) \right] \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

in care functiile S_1 si Si sunt functii transcendente si se calculeaza cu

$$S_1(x) = \ln(x) + 0,5772 + \int_x^{\infty} \frac{\cos(u)}{u} du; \quad Si(x) = \int_0^x \frac{\sin(u)}{u} du \quad (7)$$

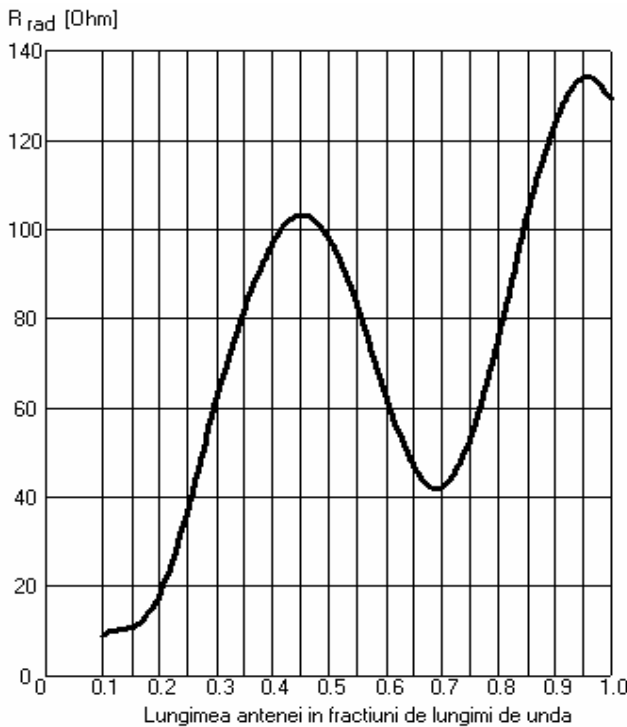


Figura 9. Rezistenta de radiatie a antenei

unde in loc de x se scrie expresia argumentelor din (6).

Daca raportam rezistenta de radiatie la curentul de la baza antenei valoarea rezultata din (6) trebuie impartita la $\sin^2\left(2\pi \frac{l}{\lambda}\right)$ iar daca baza antenei este punct de alimentare obtinem de fapt impedanta de alimentare.

Ca exemplu aleg o antena verticala pusa la pamant cu $l/\lambda = 1/4$ pentru care din (6) se obtine

$$R_{rad} = 60 \left\{ \begin{aligned} & S_1(\pi) \cos^2\left(\frac{\pi}{2}\right) - \frac{1}{4} S_1(2\pi) \cos(\pi) - \\ & - \frac{1}{2} \sin(\pi) \left[Si(\pi) - \frac{1}{2} Si(2\pi) \right] \end{aligned} \right\} =$$

$$= 60 \left\{ 0 + \frac{1}{4} 2,378 - 0 \right\} = 35,67 \Omega$$

Deoarece $\sin^2\left(2\pi \frac{l}{\lambda}\right) = 1$ aflam ca impedanta la

baza antenei (in punctul de alimentare) este de $35,67 \Omega$ asa dupa cum se cunoaste dejã Pentru alte valori l/λ se va consulta figura 9, trasata de subsemnatul pe baza relatiilor (6) si (7).

Campul radiat de o astfel de antena se calculeaza cu formula

$$E = 60 \frac{I_{max}}{d} \left| \frac{\cos\left(2\pi \frac{l}{\lambda}\right) - \cos\left(2\pi \frac{l}{\lambda} \sin \theta\right)}{\cos \theta} \right| \quad (8)$$

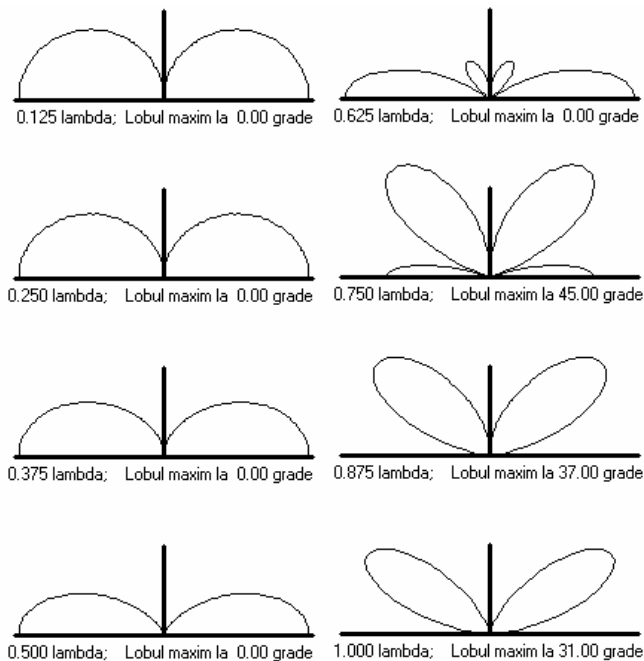


Figura 10. Caracteristica de radiatie in plan vertical pentru diferite lungimi ale conductorului antenei

din ce in ce mai putin pe masura ce distanta creste. Caracteristicile antenei se determina mai intai fara a tine cont de efectul pamantului apoi se corecteaza considerand efectul comun al antenei si al imaginii sale in pamant. Rezistenta de radiatie proprie unei antene de lungime l , fara a tine cont de influenta pamantului se afla cu formula

$$R_{rad 0} = 30 S_I \left(4\pi \frac{l}{\lambda} \right) \quad (9)$$

unde S_I este ca la antenele verticale puse la pamant. Daca $l > \lambda$ rezistenta de radiatie se poate calcula cu formula mai simpla

$$R_{rad 0} = 17,32 + 30 \ln \left(4\pi \frac{l}{\lambda} \right) \quad (10)$$

Se vede din figura 11 ca in cazul antenelor multibanda, chiar daca antenele sunt acordate corect, rezistenta de radiatie creste cu cresterea frecvetei. Pentru un dipol deschis in semiunda rezulta o valoare de cca 74Ω , deci iarasi o valoare care se stia deja. Campul radiat E_0 al unui conductor unic aflat departe de pamant are valoarea

unde I_{max} =curentul maxim in A, l =lungimea antenei in m, λ =lungimea de unda in m, d =distanta fata de antena masurata in m (considerata pe toate directiile din spatiu si masurata fata de centrul acesteia deoarece $d \gg l$), θ =unghiul cu planul orizontal, figura 8, rezultand $[E]=V/m$. Cum I_{max} este adesea necunoscut relatia (8) serveste mai ales pentru a afla directiile lobilor de radiatie; rezolvand (8) pentru o valoare oarecare a curentului (de exemplu IA) si diferite valori date lui d si θ rezulta o multime de valori pentru E . Daca se unesc punctele de valoare egala ale campului se afla caracteristica de radiatie in plan vertical, figura 10. in plan orizontal caracteristica de radiatie este circulara.

7. Antene acordate monofilare departate de pamant.

Pamantul se afla la o anumita distanta de antena si influenteaza caracteristicile antenei

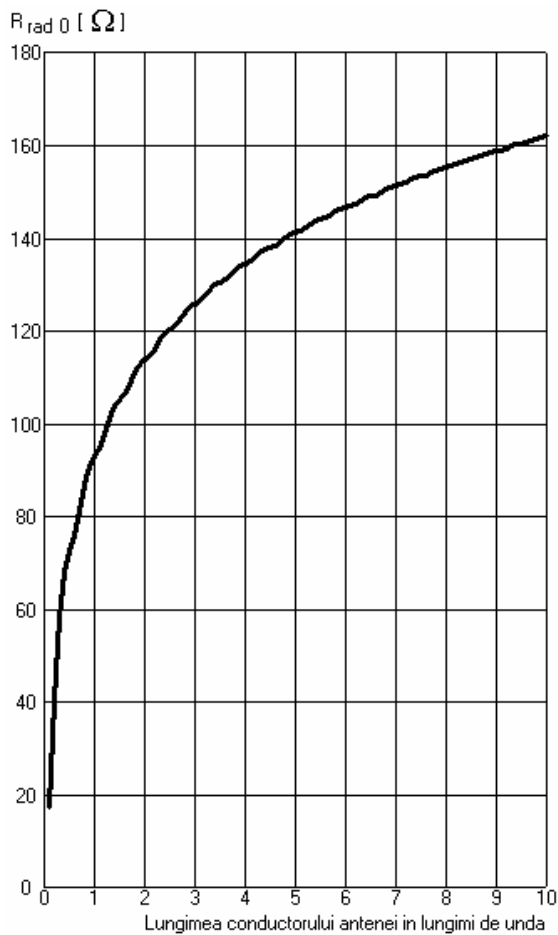


Figura 11. Rezistenta de radiatie $R_{rad 0}$

$$E_0 = \begin{cases} \frac{60I_{max} \cos\left(\pi \frac{l}{\lambda} \cos \varepsilon\right)}{d \sin \varepsilon}, & \frac{2l}{\lambda} = \text{impar} \\ \frac{60I_{max} \sin\left(\pi \frac{l}{\lambda} \cos \varepsilon\right)}{d \sin \varepsilon}, & \frac{2l}{\lambda} = \text{par} \end{cases} \quad (11)$$

unde I_{max} = curentul maxim in A, l = lungimea antenei in m, λ = lungimea de unda in m, d = distanta fata de antena (considerata pe toate directiile din spatiu si masurata fata de centrul acesteia deoarece $d > l$) exprimata in m, ε = unghiul cu axa antenei, rezultand $[E_0] = V/m$. Rezolvarea analitica este greoaie, mai ales ca trebuie sa se tina cont si de efectul de reflector al solului.

Antenele acordate monofilare pot fi antene orizontale sau antene verticale. Daca inaltimea antenei fata de sol este mai mare de 10λ (usor de indeplinit numai la UUȘ caracteristica de radiatie in planul perpendicular pe axa ei este foarte apropiata de caracteristica circulara chiar si pentru antene orizontale iar in planul ce contine axa se formeaza lobi de radiatie. La distante mai mici efectul solului modifica rezistenta de radiatie si valoarea campului radiat. Pentru un sol ideal campul radiat are expresia

$$E = \begin{cases} 2E_0 \sin\left(2\pi \frac{l}{\lambda} \sin \theta\right) & \text{antene orizontale} \\ 2E_0 \sin\left(2\pi \frac{l}{\lambda} \sin \theta\right) & \text{antene verticale cu } l = \text{multiplu par de } \frac{\lambda}{2} \\ 2E_0 \cos\left(2\pi \frac{l}{\lambda} \sin \theta\right) & \text{antene verticale cu } l = \text{multiplu impar de } \frac{\lambda}{2} \end{cases} \quad (12)$$

unde E_0 este din (11) iar θ este unghiul cu suprafata pamantului. Programand (12) pe un calculator se afla caracteristicile de radiatie din care prezint un exemplu in figura 12, de fapt o copie ecran.

In afara de cele tratate aici mai pot oferi celor interesati completarea modelului cu calculul rezistentei de radiatie la antenele departate de sol considerand efectul solului (extrem de complicat, dar se rezolva in cazuri concrete!), modele si pentru alte constructii de antene precum antenele cu elemente pasive, antenele compuse din mai multe elemente active dispuse oricum spatial. Programele de calcul, foarte usor de folosit, le pot oferi prin posta electronica oricarui doritor daca ma solicita la adresa oproescu.gheorgheaugal.ro

8. Multumiri.

Multumesc pentru ajutorul dat prin observatiile facute la aceasta lucrare in urma unor lungi discutii la obiect cat si pentru incurajare colegilor de la Clubul Sportiv al Radioamatorilor din Braila **YO4CAI, YO4AH, YO4GNJ, YO4XZ**. Nu in cele din urma sunt profund indatorat lui **YO9IF - Lucian** pentru ajutorul ce mi l-a dat cu mare generozitate la un moment de mare nevoie din partea mea.

Bibliografie.

- [1] **Rothammel Karl.** *Antennenbuch.* Deutscher Militaerverlag, Berlin 1969.
- [2] **Smirenin B.A.** *Manual de radiotehnica, vol. I.* Editura Energetica de Stat, 1953.
- [3] **Smirenin B.A.** *Manual de radiotehnica, vol. II.* Editura Energetica de Stat, 1954.
- [4] ******* *The ARRL Handbook for Radio Communications.* 86th Edition, editor K1RO, Newington, CT 06111 USA, 2009.

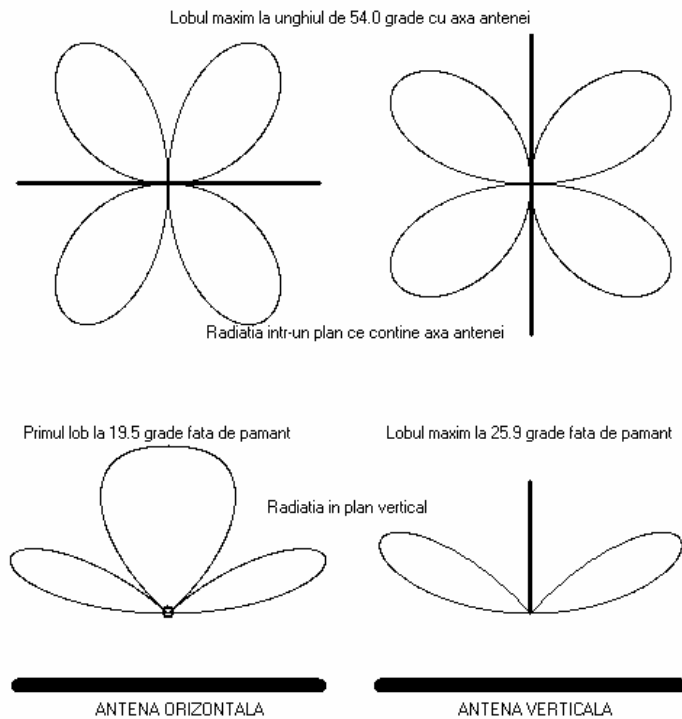


Figura 12. Radiatia unei antene in λ aflata la o inaltime de $3\lambda/4$ de sol

