

Antene exponențiale.

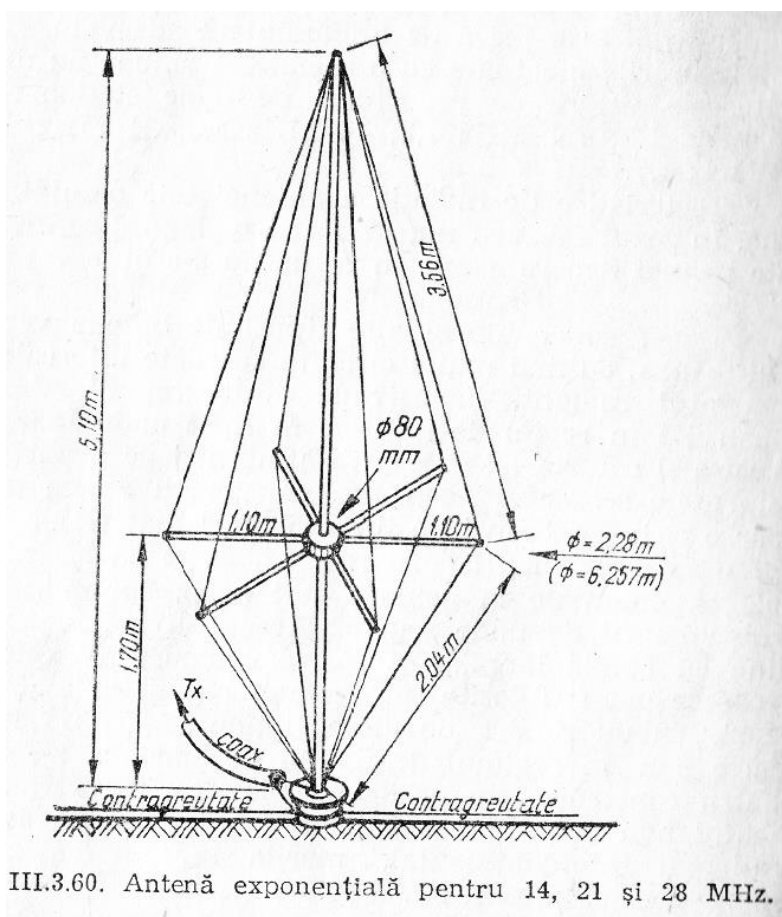
În amintirea lui YO2CJ Iosif Remete
"Antene pentru radioamatori (1979)"

YO4UQ – Cristian Colnati

Păstrez și acum cele două volume îngălbenite de vreme și uzate de atâta „răsfoială” din lucrarea regretatului YO2CJ. Pentru comunitatea radioamatorilor YO din acele vremuri lucrarea a reprezentat o culegere importantă de informații utile și exemple practice de realizarea antenelor. De atunci și până astăzi lumea a evoluat, cunoștințele au evoluat, noi instrumentele de calcul și măsurători și-au făcut apariția. În permanentă criză de antene și amplasamente convenabile am fost semnificativ atenționat și plăcut impresionat de descrierea făcută de YO2CJ pentru "Antena exponențială pentru 14,21 și 28 MHz" [vol.1 pag.169 – 171 scanată [aici](#)].

Recunosc că, din diverse motive, nu am reușit niciodată să construiesc și să folosesc această antenă. Cu un sentiment de nostalgie, având la îndemână noile instrumente performante, programul de simulare (gratuit) 4NEC2 și descrierea făcută de YO2CJ, am vrut să verific dacă antena se încadrează în parametrii de funcționare descriși.

Am respectat în totalitate parametrii dimensionali preluați de YO2CJ din documentațiile avute la dispoziție la acea vreme.



Schițele detaliate pentru descrierea parametrilor dimensionali necesari la datele de intrarea în programul 4NEC2 sunt prezentate ca anexe la material. În schițe se găsesc **coordonatele detaliate** ale segmentelor radiante și ale radialelor exprimate în metrii în sistemul cartezian X,Y,Z.

Coordonatele determinate pe baza schițelor au fost preluate în fereastra Edit, tabul Geometry din programul 4NEC2 și sunt prezentate alăturat.

YO2CJ_2.nec - 4nec2 Edit

FileCellRowsSelectionOptions

Upd

Ins

Del

Symbols

Geometry

Source/Load

Freq./Ground

Others

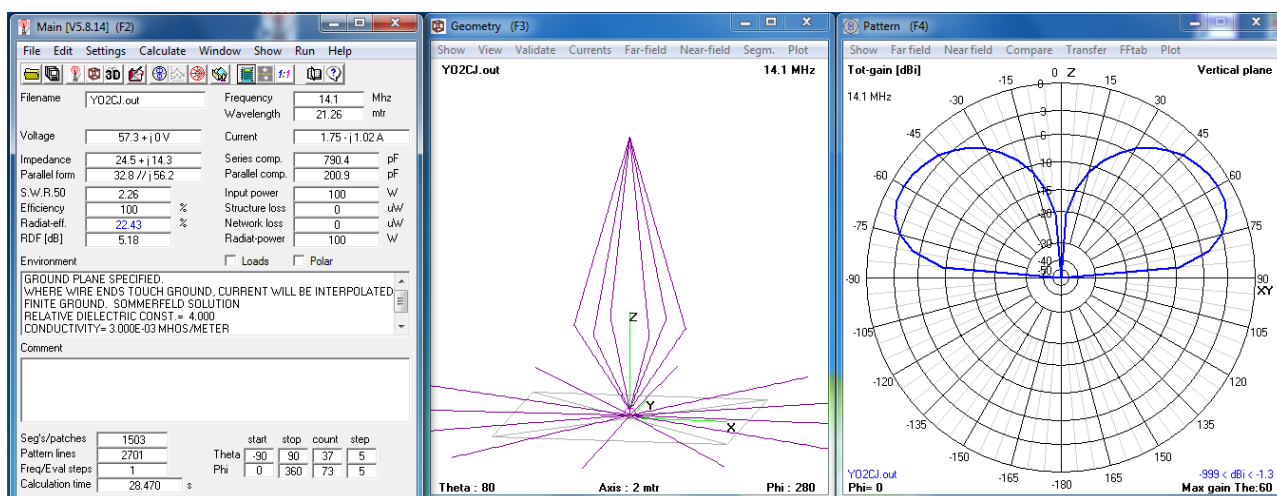
Comment

Geometry (Scaling=Meters)

☐ Use wire tapering

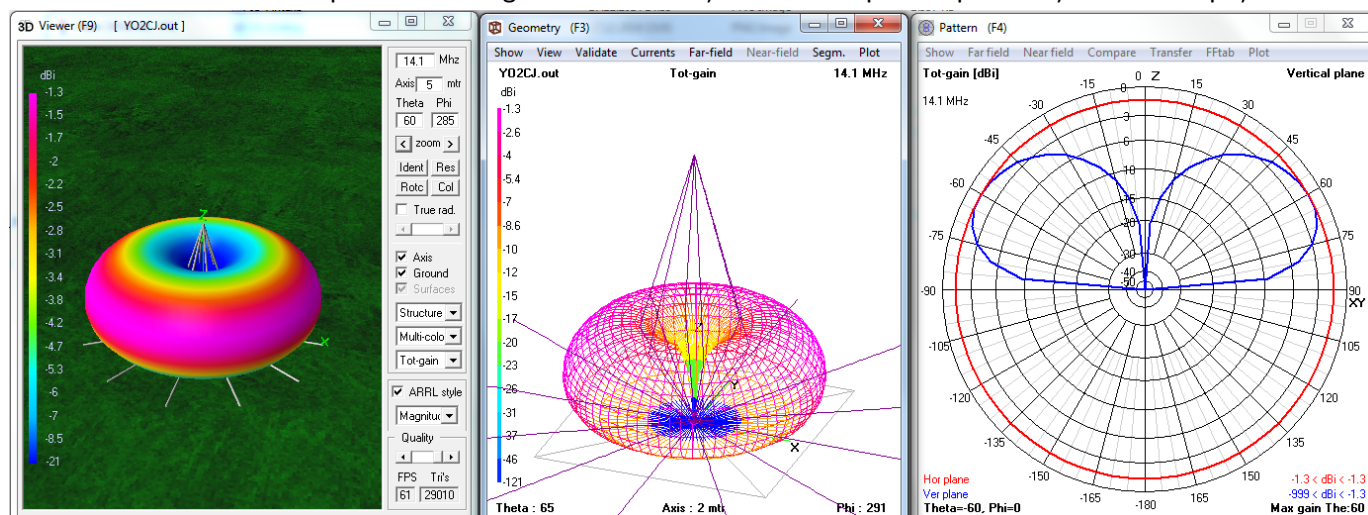
Nr	Type	Tag	Segs	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	Radius			
1	Wire	1	50	0	0	5.25	1.14	0	1.7	0.001			
2	Wire	2	50	1.14	0	1.7	0	0	0.15	0.001			
3	Wire	3	50	0	0	5.25	0.57	0.987	1.7	0.001			
4	Wire	4	50	0.57	0.987	1.7	0	0	0.15	0.001			
5	Wire	5	50	0	0	5.25	-0.57	0.987	1.7	0.001			
6	Wire	6	50	-0.57	0.987	1.7	0	0	0.15	0.001			
7	Wire	7	50	0	0	5.25	-1.14	0	1.7	0.001			
8	Wire	8	50	-1.14	0	1.7	0	0	0.15	0.001			
9	Wire	9	50	0	0	5.25	-0.57	-0.987	1.7	0.001			
10	Wire	10	50	-0.57	-0.987	1.7	0	0	0.15	0.001			
11	Wire	11	50	0	0	5.25	0.57	-0.987	1.7	0.001			
12	Wire	12	50	0.57	-0.987	1.7	0	0	0.15	0.001			
13	Wire	13	3	0	0	0.15	0	0	0.05	0.001			
14	Wire	14	50	0	0	0.05	5.6	0	0.01	0.001			
15	Wire	15	50	0	0	0.05	2.8	4.85	0.01	0.001			
16	Wire	16	50	0	0	0.05	-2.8	4.85	0.01	0.001			
17	Wire	17	50	0	0	0.05	-5.6	0	0.01	0.001			
18	Wire	18	50	0	0	0.05	-2.8	-4.85	0.01	0.001			
19	Wire	19	50	0	0	0.05	2.8	-4.85	0.01	0.001			
20	Wire	20	50	0	0	0.05	0	5.6	0.01	0.001			
21	Wire	21	50	0	0	0.05	0	-5.6	0.01	0.001			
22	Wire	22	50	0	0	0.05	4.85	2.8	0.01	0.001			
23	Wire	23	50	0	0	0.05	-4.85	2.8	0.01	0.001			
24	Wire	24	50	0	0	0.05	-4.85	-2.8	0.01	0.001			
25	Wire	25	50	0	0	0.05	4.85	-2.8	0.01	0.001			

În tabel Tag-urile de la 1 la 12 reprezintă elementul radiant format din cele 6 fire de sârmă de cupru. Tag-ul 13 este sursa de tensiune amplasată la baza antenei în segmetul 2. Tag-urile de la 14 la 25 sunt cele 12 radiale de câte 5,6m. Antena este ridicată de la sol cu 15cm în ideea amplasării ei pe un izolator ceramic împreună cu conectorul sursei de alimentare. În simularea inițială a fost ales un sol "Real ground – Moderate". Rezultatul simulărilor este prezentat în cele ce urmează.

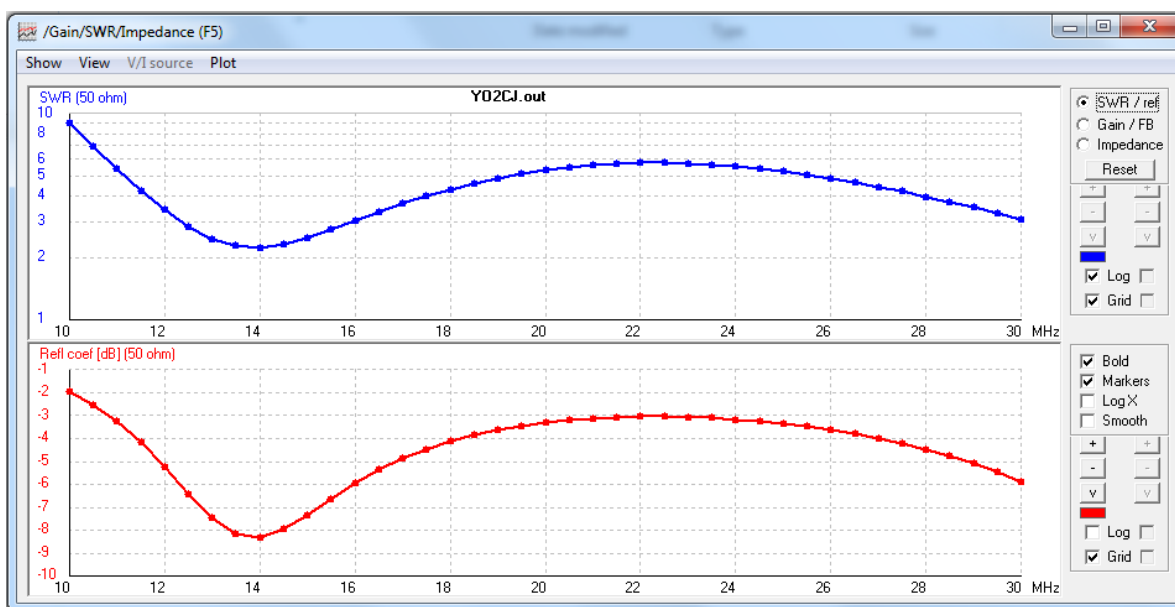
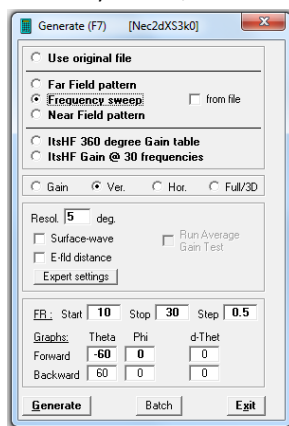


Așa arată generarea inițială a structurii antenei exponențiale conform datelor dimensionale inițiale împreună cu fereastra "Main" de parametri calculați și diagrama de radiație (pattern) verticală.

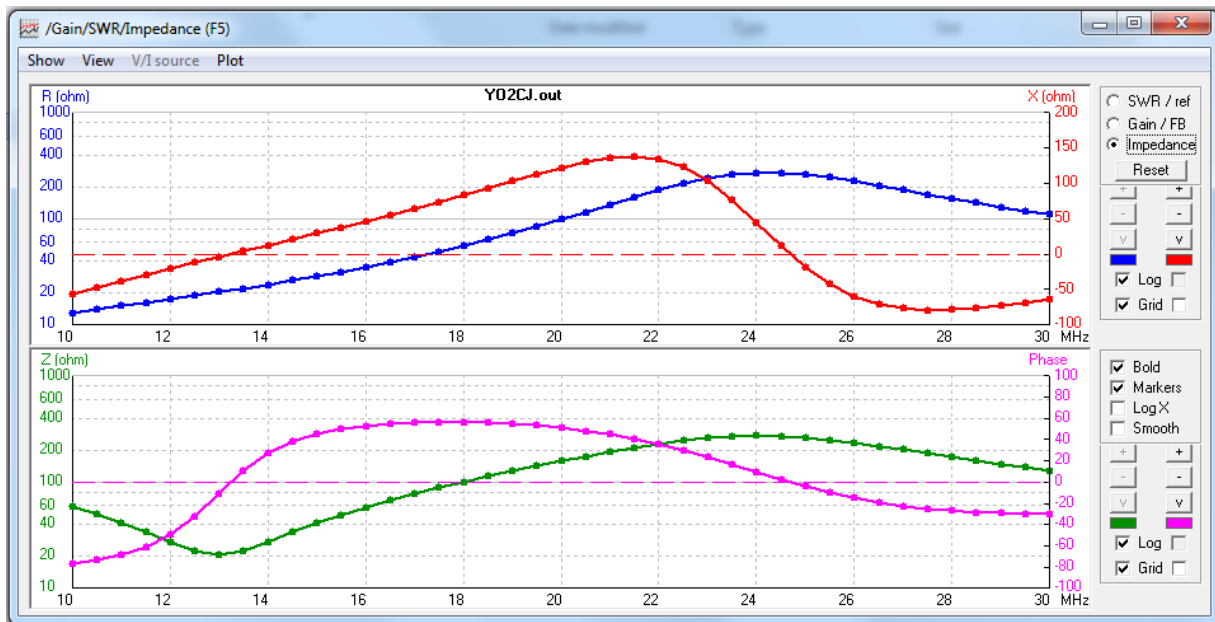
În continuare sunt prezentate diagramele de radiație în ambele planuri precum și în vedere spațială.



Cine citește documentația originală află că antenna este de bandă largă pentru benzile de la 14 la 30MHz (pe acele vremuri nu existau încă benzile WARC). În consecință să vedem cum raspunde antenna, cu parametrii dimensionali originali acestei provocări! Pentru acesta am dat o baliere (generarea într-un interval de frecvențe) pentru determinarea principalilor parametri de funcționare, de la 10 la 30 MHz adică pentru SWR, RL, R_s , X_s , Z și Φ .



SWR și RL coeficient de reflexie (Return Loss).



Impedanța Z, rezistența Rs și reactanța Xs.

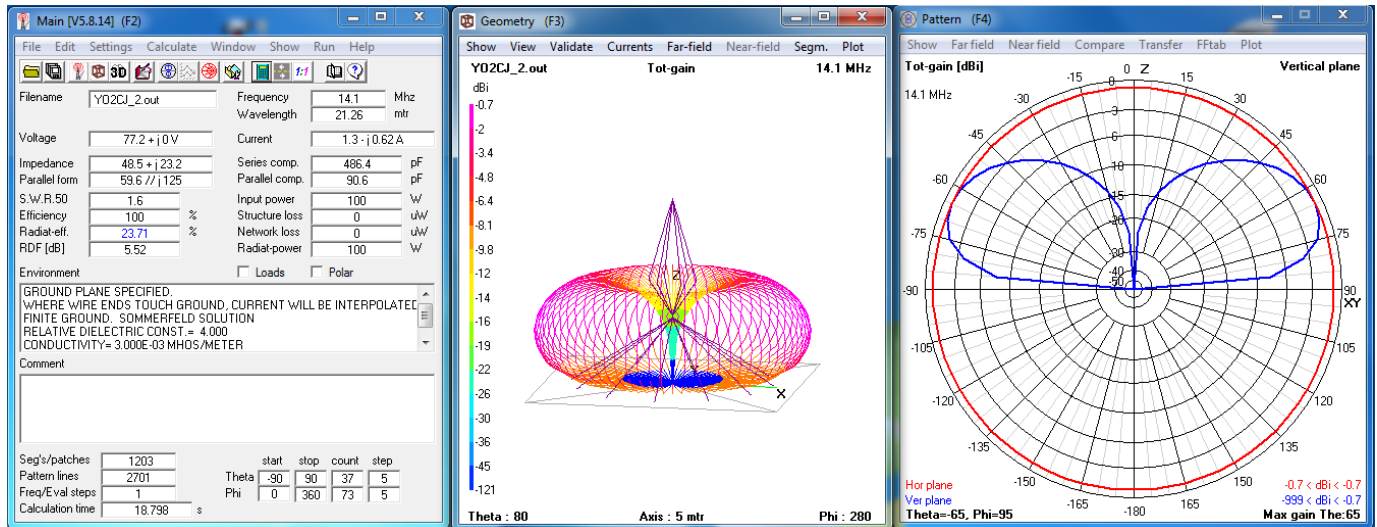
Se pot extrage câteva constatări preliminare pentru soluția de bază:

1. Antena are caracteristicile unei antene de bandă largă cu variația SWR între 1:2 până la 1:6 în toată gama de la 14 la 30MHz.
2. Rs variază de asemenea între 25 ohmi până la 300 ohmi în același interval iar Z între 30 și 300 ohmi.
3. În carte este recomandată alimentarea cu un cablu coaxial de 75 de ohmi (altul nu prea exista atunci).
4. Probabil că autorul acestei antene folosea și un tuner autoconstruit cu care reușea o funcționare relativ rezonabilă în tot acest interval.

Fiindcă tot am cules datele dimensionale, coordonatele necesare necesare 4NEC2 pentru această antenă, mi-am propus să verific și cum se comportă atunci când este ridicată de la sol. Se știe că la o antenă verticală prin înclinarea radialelor la un unghi de aproximativ de 120 grade față de verticală se asigură creșterea impedanței de intrare de la cca. 32 de ohmi la 50 de ohmi asigurând o mai bună adaptare. Din simularea anterioară se observă că impedanța este de $24,5 + j14,3$ adică în modul de $|Z| = 28,36$ ohmi la 14,1MHz. Am efectuat ridicarea de la sol cu 2,8m asigurând un unghi de 120 grade față de verticală. Noile coordonate introduse în fereastra Geometry a programului 4NEC2 se prezintă astfel:

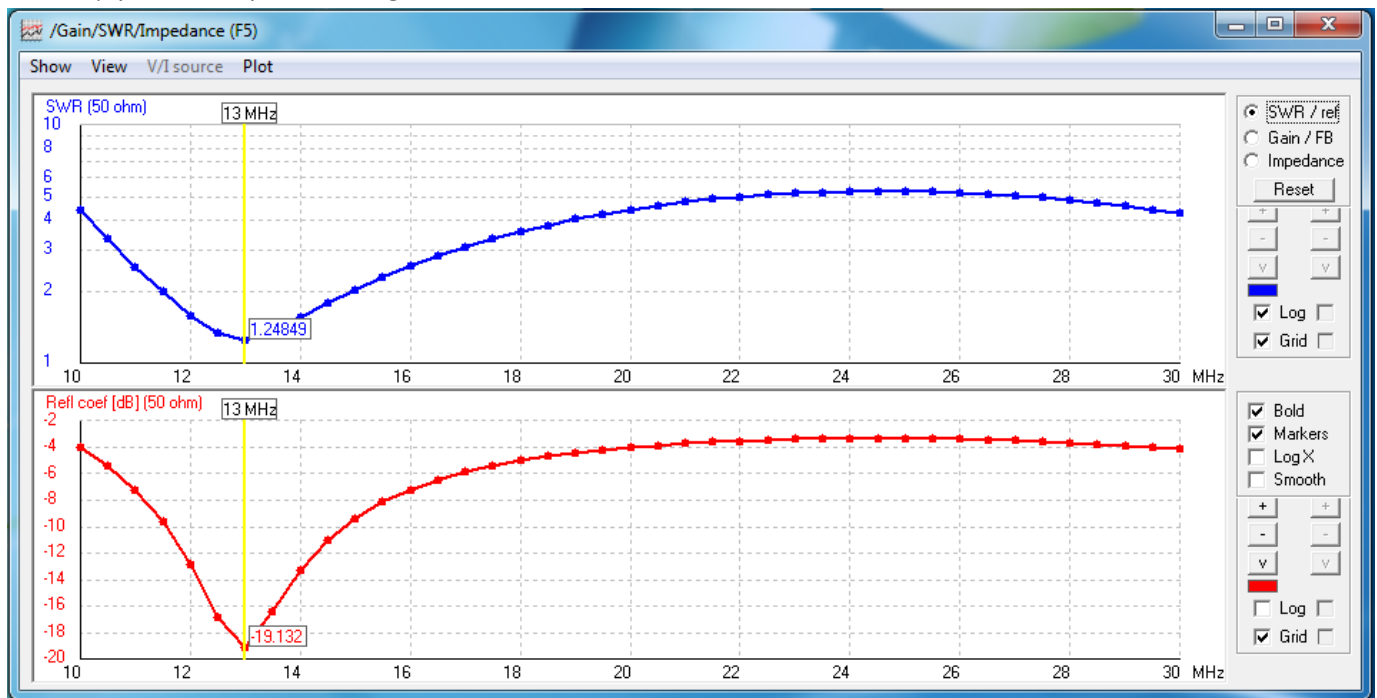
YO2CJ_2nec - 4nec2 Edit										
File Cell Rows Selection Options										
Default straight line wire element										
Symbols Geometry Source/Load Freq/Ground Others Comment										
Geometry (Scaling=Meters)										
Nr	Type	Tag	Segs	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	Radius
1	Wire	1	50	0	0	8.05	1.14	0	4.5	0.001
2	Wire	2	50	1.14	0	4.5	0	0	2.95	0.001
3	Wire	3	50	0	0	8.05	0.57	0.987	4.5	0.001
4	Wire	4	50	0.57	0.987	4.5	0	0	2.95	0.001
5	Wire	5	50	0	0	8.05	-0.57	0.987	4.5	0.001
6	Wire	6	50	-0.57	0.987	4.5	0	0	2.95	0.001
7	Wire	7	50	0	0	8.05	-1.14	0	4.5	0.001
8	Wire	8	50	-1.14	0	4.5	0	0	2.95	0.001
9	Wire	9	50	0	0	8.05	-0.57	-0.987	4.5	0.001
10	Wire	10	50	-0.57	-0.987	4.5	0	0	2.95	0.001
11	Wire	11	50	0	0	8.05	0.57	-0.987	4.5	0.001
12	Wire	12	50	0.57	-0.987	4.5	0	0	2.95	0.001
13	Wire	13	3	0	0	2.95	0	0	2.85	0.001
14	Wire	14	50	0	0	2.85	4.85	0	0.01	0.001
15	Wire	15	50	0	0	2.85	2.425	4.2	0.01	0.001
16	Wire	16	50	0	0	2.85	-2.485	4.2	0.01	0.001
17	Wire	17	50	0	0	2.85	-4.85	0	0.01	0.001
18	Wire	18	50	0	0	2.85	-2.425	-4.2	0.01	0.001
19	Wire	19	50	0	0	2.85	2.485	-4.2	0.01	0.001
20	Wire	20	50	0	0	2.85	0	4.85	0.01	0.001
21	Wire	21	50	0	0	2.85	0	-4.85	0.01	0.001
22	Wire	22	50	0	0	2.85	4.2	2.425	0.01	0.001
23	Wire	23	50	0	0	2.85	-4.2	2.425	0.01	0.001
24	Wire	24	50	0	0	2.85	-4.2	-2.425	0.01	0.001
25	Wire	25	50	0	0	2.85	4.2	-2.425	0.01	0.001

Realizând o nouă generare de parametri funcționali în noile condiții am obținut următoarele:



Pentru banda de 14,1MHz situația este mai mult decât onorabilă. Cu o impedanță de $48,5+j23,2$ adică un $R_s=48,5$ ohmi și o încărcare inductivă de $+j23,2$ ohmi adică $|Z|=53,6$ ohmi se asigură un SWR de numai 1:1,6.

Să vedem totuși ce se întâmplă cu rezonanța adevărată în noile condiții și cu evoluția SWR-ului și a celorlalți parametri pe toată lărgimea de bandă.

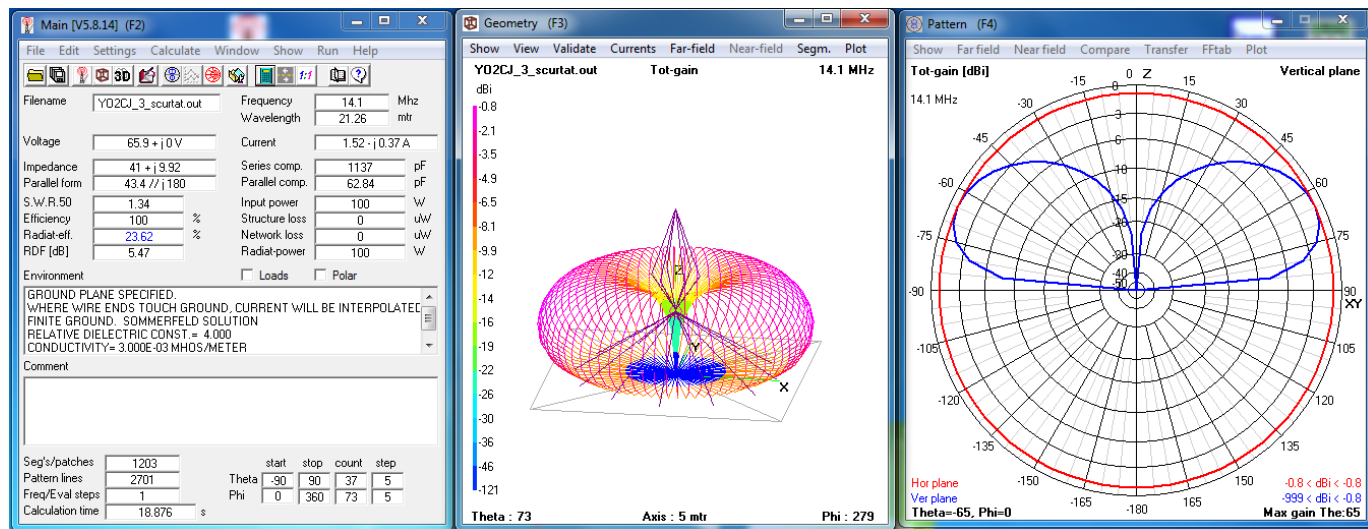


Întradevăr se observă cum SWR a scăzut de la 1:2,26 la rezonanța de 14,1MHz la numai 1:1,25 dar pentru o modificare substanțială a frecvenței, pentru o rezonanță la 13MHz. Ce este de făcut? Pentru cea mai simplă simulare am hotărât să micșorez un singur parametru adică lungimea antenei pentru a o aduce la rezonanță în frecvența de 14MHz. Vârful antenei a fost coborât de la 8,05m la 7,5m din câteva încercări succesive.

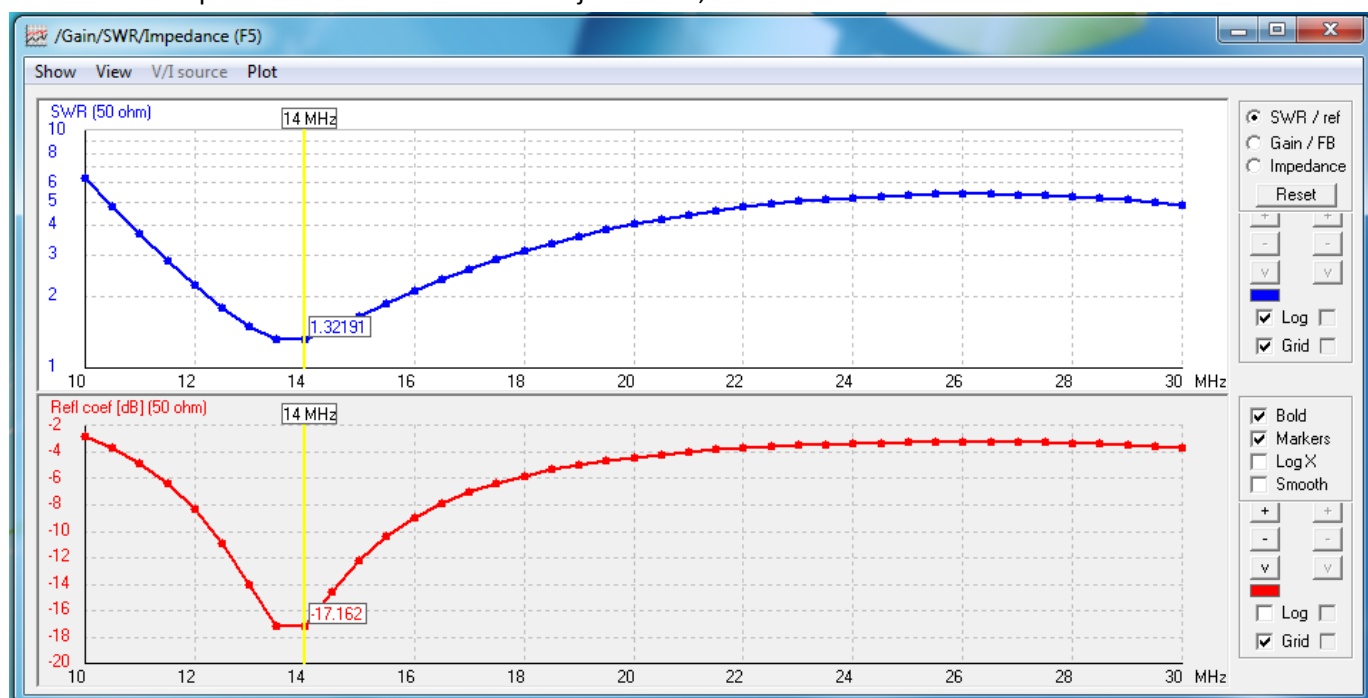
S-a obținut un raport de unde staționare în frecvența de 14,1 MHz de 1:1,34 rezonabil pentru o funcționare corespunzătoare fără nici un element de adaptare (tuner) pentru această frecvență.

Ce mai putem observa din punct de vedere al caracteristicilor de radiație în cele trei cazuri:

- radiația este omnidirecțională în toate cele trei analize.
- față de orizont unghiul radiației verticale a scăzut de la 30 de grade la 25 de grade odată cu ridicarea antenei cu 2,8m. (Unghiul Theta θ față de verticala Z de la 60 grade la 65 grade).



Iar în capăt de bandă la 14MHz SWR a ajuns la 1:1,32 ceea ce este foarte bine.



În continuare am făcut o comparație pentru principalii parametri ai antenei exponențiale în cele trei situații de evaluare pentru toate benzile de radio de la 14 la 30 MHz expusă în tabelul următor:

F MHz	SWR			Rs [Ω]			Xs [Ω]		
	V1	V2	V3	V1	V2	V3	V1	V2	V3
14,05	2,25	1,57	1,33	24,3	48,1	40,7	+j13,5	+j22,4	+j9,11
18,1	4,35	3,62	3,16	57	93,5	75,2	+j85,5	+j83,4	+j70,1
21,05	5,63	4,76	4,44	138	158	123	+j136	+j109	+j105
24,95	5,26	5,26	5,33	262	256	227	-j15,4	+j42,5	+j92,3
28,05	3,94	4,81	5,26	153	227	263	-j78,5	-j54,5	-j10,4
28,5	3,73	4,7	5,19	141	216	257	-j76,3	-j62,2	-j26,6

V1 – Antena la sol cu dimensiuni conform YO2CJ (vezi biblio [1]). Elementul radiant 5,1m, 8 radiale 5,6m.

V2 – Antena ridicată la 2,8m cu 8 radiale înclinate la 120 grade față de verticală.

V3 – Antena ridicată cfm V2 și scurtat elementul radiant la 7,5m pentru SWR minim la 14,1MHz.

Notă: Toate calculele sunt referință la 50 de ohmi / 100 watt. Determinările au fost făcute din opțiunile 4NEC2.

Unele concluzii.

- Expunerea nu a fost făcută pentru a promova această antenă, cu toate că este interesantă.
- Expunerea a fost făcută pe un exemplu concret, pentru a evidenția valențele programelor de simulare, care oferă posibilitatea de analiză pentru o antenă existentă sau pentru o antenă nouă, înainte de a o realiza fizic, cu multă muncă și cheltuieli materiale.
- Din punctul de vedere al funcționării antenei cred că răspunde satisfăcător atributului de „bandă largă” ajutată de un tuner. Dacă s-ar utiliza un External Automatic Antena Tuner, montat chiar la punctul de alimentare al antenei, cu o construcție bine izolată contra intemperiilor, operarea poate decurge în cele mai bune condițiuni pe toate benzile de frecvențe acoperite. Impedanțele de intrare la diverse frecvențe pot fi ușor acoperite de performanțele acestor echipamente disponibile astăzi.
- În prezentarea sa YO2CJ menționează posibilitatea de a se realiza o antenă exponențială și pentru benzile joase de la 80 la 20 de metrii. Înălțimea sa de 13,7m, sugerată în material, precum și diametrul antenei de 6,257m o face dificil de realizat și de amplasat. Nu am făcut simularea acestei variante.

Anexe.

- Paginile originale ale Antenei exponențiale din cartea lui YO2CJ.
- Schița coordonatelor carteziane și Tag-urilor antenei. (.pdf)
- Fișierele YO2CJ_1_initial.nec , YO2CJ_2_urcat.nec , YO2CJ_3_scurtat.nec , pentru lucru “on-line” cu ele salvate în 4NEC2 > models.
- Articolul în format .pdf.