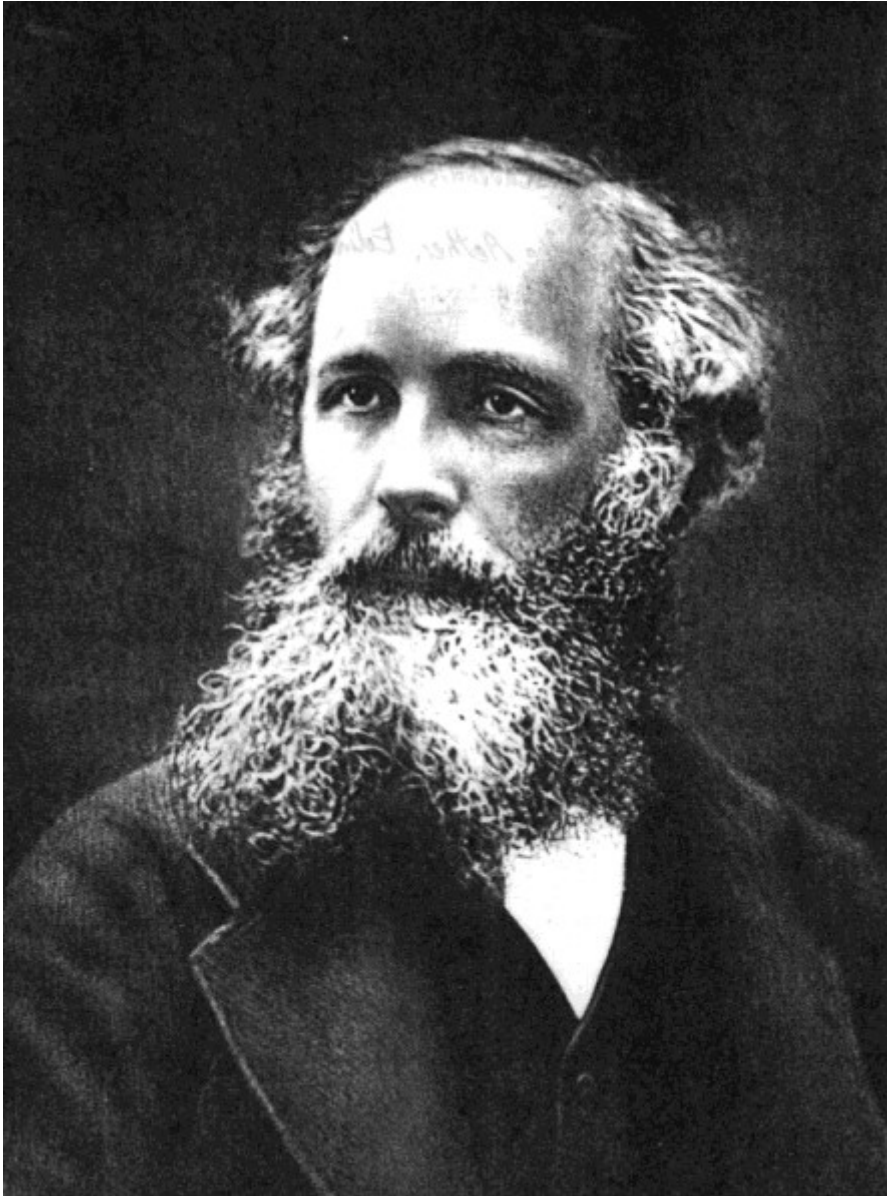


Εισαγωγή στη μοντελοποίηση κεραιών

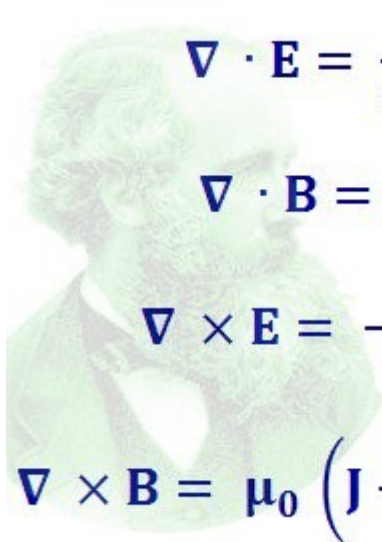
Όσοι από εμάς ασχολούνται με τις κεραίες θα έχουν κάποια στιγμή ακούσει ή διαβάσει για τη μελέτη μοντέλων κεραιών με προγράμματα που εξομοιώνουν τη λειτουργία και σχεδιάζουν τα διαγράμματα ακτινοβολίας τους. Τι είναι όμως αυτή η μοντελοποίηση, πως γίνεται και σε τι τελικά χρησιμεύει; Στα ερωτήματα αυτά θα προσπαθήσουμε να απαντήσουμε με μια σειρά άρθρων, που ξεκινά αυτό τον μήνα με μια εισαγωγή και θα συνεχιστεί με μια περιγραφή των προγραμμάτων που χρησιμοποιούνται από τους Ραδιοερασιτέχνες, μαζί με παραδείγματα.

Όλοι μας κάποια στιγμή στήσαμε ένα κομμάτι σύρμα, πάνω σε μια τάρατσα, στην αυλή του εξοχικού, στη βεράντα του σπιτιού μας ή στο δέντρο του διπλανού λόφου, στα βραχέα ή στα VHF, και προσπαθήσαμε να επικοινωνήσουμε, μόνο και μόνο για να διαπιστώσουμε ότι η κατασκευή που κάναμε δεν ανταποκρινόταν στις προσδοκίες μας. Τα στάσιμα ήταν στον ουρανό, δεν τους ακούγαμε, δεν μας άκουγαν, τι απογοήτευση. Κι όμως αν ξέραμε με λίγες κινήσεις θα είχαμε καλύτερο αποτέλεσμα ή τουλάχιστον θα ξέραμε τι να περιμέναμε απ' αυτό που φτιάξαμε!

Για να εκτιμήσουμε όμως τις επιδόσεις της κεραιάς μας πρέπει να την αναπαραστήσουμε με μαθηματικό τρόπο (εξισώσεις) ως μοντέλο. Τι είναι όμως η μοντελοποίηση; είναι η τεχνική της εκτίμησης των επιδόσεων και της συμπεριφοράς μιας πραγματικής κατασκευής, εκτιμώντας την επίδοση και συμπεριφορά ενός μοντέλου της κατασκευής αυτής με μαθηματικό τρόπο. Όσο ακριβέστερο είναι το μοντέλο, τόσο ακριβέστερη και η εκτίμηση της συμπεριφοράς του, ενώ οι περιορισμοί στην μαθηματική απεικόνιση του μοντέλου περιορίζουν και την ακρίβεια των αποτελεσμάτων.



Όλα άρχισαν από τις περίφημες εξισώσεις του James Clerk Maxwell στα μέσα του 19^{ου} αιώνα, που περιέγραψαν με μαθηματικό τρόπο την αλληλεπίδραση του ηλεκτρικού με το μαγνητικό πεδίο, όταν από ένα αγωγό διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα. Η λύση αυτή των εξισώσεων, δηλαδή ο υπολογισμός των ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων, καθώς και της πραγματικής και φανταστικής αντίστασης, για το ρεύμα που διέρχεται από το σύρμα μιας κεραίας, μας δίνει το μέτρο των επιδόσεων της κεραίας αυτής.


$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$
$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$
$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$
$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \left(\mathbf{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right)$$



Η λύση όμως των εξισώσεων αυτών, που γραμμένες σε ανώτερα μαθηματικά με ολοκληρώματα και διαφορικά, δεν ήταν εύκολη με απλά μαθηματικά, τουλάχιστον όχι πριν την έλευση των ηλεκτρονικών υπολογιστών, που διευκόλυναν την επίλυσή τους. Έτσι λοιπόν αναπτύχθηκαν διάφορες μέθοδοι επίλυσης, των εξισώσεων αυτών, με κυρίαρχη την λεγόμενη Method of Moments (MoM) ή Μέθοδος των Ορμών (αδόκιμη δική μου μετάφραση). Με βάση αυτή την τεχνική γράφτηκαν δυο προγράμματα επίλυσης, τα NEC2 και NEC4, μαζί με το MININEC. Τα NEC2 και MININEC είναι προγράμματα ανοιχτού κώδικα και χρησιμοποιούνται χωρίς χρέωση, ενώ το NEC4 χρησιμοποιείται μόνο μετά από πληρωμή και άδεια χρήσης. Τα NEC2 και NEC4 είναι γραμμένα σε γλώσσα Fortran, ενώ το MININEC σε Basic. Για την διευκόλυνση του χρήστη και την αποδοτική εισαγωγή δεδομένων και εξαγωγή αποτελεσμάτων, τα προγράμματα αυτά ενσωματώθηκαν σε εφαρμογές με γραφικό περιβάλλον, που προβάλλουν την κεραία υπό διερεύνηση και τα αποτελέσματα σε μορφή γραφικών, ενώ η εισαγωγή των δεδομένων (π.χ. διαστάσεις κεραίας) γίνεται υπό μορφή πίνακα.

Οι περισσότερες διαδεδομένες εφαρμογές είναι οι εξής:

α) EZNEC, γραμμένο από τον Roy W, Lewallen, W7EL, τώρα στην έκδοση 6 που διατίθεται με πληρωμή, ενώ υπάρχει και έκδοση δωρεάν με περιορισμένες δυνατότητες. Θα το βρείτε στο www.eznec.com/.

The screenshot displays the EZNEC v. 3.0 software interface for a project named "N4PC Loop [CQ, Dec. 1990]". The main window shows a 3D wireframe model of a horizontal loop antenna with four wires, labeled with "Wire numbers" and "End 1 markers". A callout box indicates: "Select wires from either the Wires or View Antenna windows".

The "Wires" table is visible, listing connections, coordinates, and properties:

Conn	X (ft)	Y (ft)	Z (ft)	Conn	Diameter (in)	Segs
W4E2	0	51	50	W2E1	#12	6
W1E2	51	51	50	W3E1	#12	6
W2E2	51	0	50	W4E1	#12	6
W3E2	0	0	50	W1E1	#12	6

Other interface elements include a "Full Windows interface and menus, on line context sensitive help" window, a text editor window titled "N4PCLOOP.txt" containing antenna notes, a 2D radiation pattern plot with "Selectable colors" and "2D traces track in all displays", and a 3D view window with "3D and View Antenna positions track" and "Convenient Windows controls". The 2D plot shows gain data at 14.1 MHz:

Elevation Plot	Cursor Elev	18.0 deg.
Azimuth Angle	Gain	6.75 dBi
Outer Ring		-0.39 dBmax
3D Max Gain		7.14 dBi
Slice Max Gain		7.14 dBi @ Elev Angle = 21.0 deg.
Beamwidth		21.9 deg., -3dB @ 11.3, 33.2 deg.
Sidelobe Gain		7.14 dBi @ Elev Angle = 159.0 deg.
Front/Sidelobe		0.0 dB

β) 4NEC2, γραμμένο από τον Arie Voors, με περισσότερες και κατά την γνώμη μου καλύτερες δυνατότητες από το EZNEC. Τώρα στην έκδοση 5.8.16 και είναι δωρεάν. Θα το βρείτε στο www.qsl.net/4nec2/.

Filename	3YAGI20.out	Frequency	14.2	Mhz
Radiat-eff.	77.67 %	Wavelength	21.11	mtr
Voltage	56.6 + j0 V	Current	1.77 + j0.16 A	
Impedance	31.8 - j2.92	Series comp.	0.033	uH
Parallel form	32.1 - j349	Parallel comp.	3.915	uH
S.W.R.	1:1.58	Structure loss	1.256	W
Radiat-power	98.74	Network loss	0	W
Input power	100	Efficiency	98.74	%

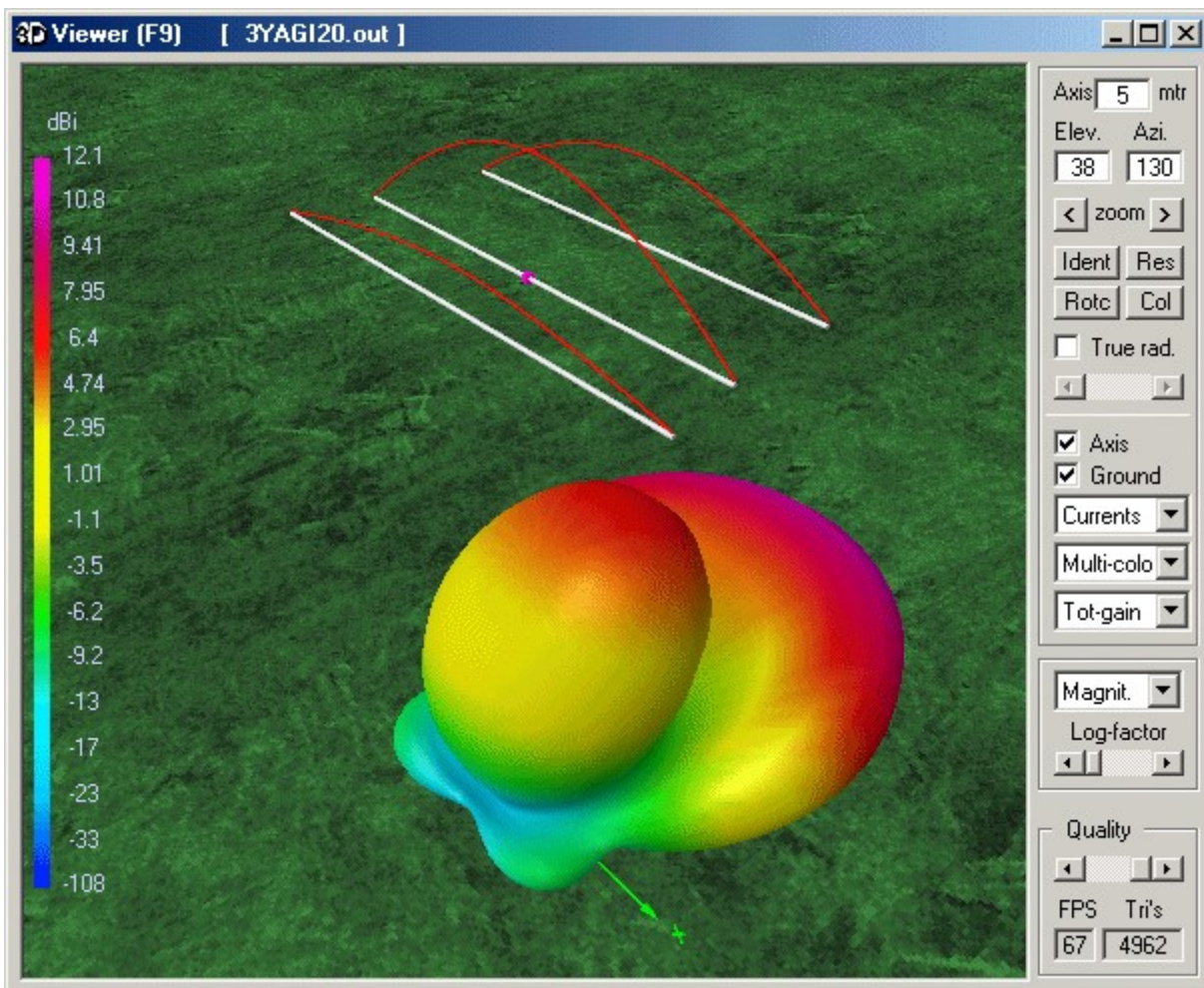
Environment

FINITE GROUND. REFLECTION COEFFICIENT APPROXIMATION
 RELATIVE DIELECTRIC CONST.= 14.000
 CONDUCTIVITY= 6.000E-03 MHOS/METER
 COMPLEX DIELECTRIC CONSTANT= 1.40000E+01-7.59550E+00

Comment

3el Yagi for 20 meters @ 50 feet.
 *.Out loading-time=0.109

Seg's/patches	57		start	stop	count	step
Pattern lines	2701	Theta	-90	90	37	5
Freq/Eval steps	1	Phi	0	360	73	5
Calculation time	0.270					s



γ) MMANA-GAL, γραμμένο από τον αρχικά από τον JE3HHT, Makoto Mori. Στη συνέχεια οι DL1PBD - Alex Schewelew και DL2KQ - Igor Gontcharenko συνέχισαν και βελτίωσαν την εφαρμογή, ενώ εξέδωσαν και το MMANA-GAL Pro για επαγγελματική χρήση. Το απλό πρόγραμμα είναι δωρεάν, ενώ το επαγγελματικό με πληρωμή. Είναι στην έκδοση 3.0.0.31 και διατίθεται από το <http://hamsoft.ca/pages/mmana-gal.php>.

The screenshot shows the MMANA-GAL software interface. The window title is "F:\MMANA\ANT\VHF\Loops beam\3HENT.MAA". The menu bar includes File, Edit, Service, Tools, and Help. The main window has tabs for Geometry, View, Calculate, and Far field plots. The "Calculate" tab is active, showing simulation parameters and results.

Simulation Parameters:

- Noname
- Freq: 50.2 MHz
- Ground: Real (Ground setup)
- Add height: 7 m
- Material: No loss

Simulation Results:

```

WAVE LENGTH = 5.972 (m)
TOTAL PULSE = 291
FILL MATRIX...
FACTOR MATRIX...
PULSE   U (V)           I (mA)           Z (Ohm)         SWR
w7c     1.00+j0.00        21.53+j1.37      46.25-j2.94     1.10
CURRENT DATA...
FAR FIELD ...
NO FATAL ERROR(S)
8.96(s)
    
```

No.	F (MHz)	R (Ohm)	X (Ohm)	SWR 50.0	Gh dBd	Ga dBi	F/B dB	Elev.	Ground	Add H.	Polar.
9	50.2	46.252	-2.94	1.1	—	15.86	19.7	10.1	Real	7.0	hori.
8	50.56	46.79	38.904	2.2	—	15.75	14.28	10.0	Real	7.0	hori.
7	50.4	46.7	19.619	1.51	—	15.84	16.62	10.1	Real	7.0	hori.
6	50.0	45.667	-25.738	1.72	—	15.77	15.39	10.2	Real	7.0	hori.
5	49.8	45.092	-48.912	2.7	—	15.58	11.5	10.2	Real	7.0	hori.
4	50.2	46.252	-2.94	1.1	—	15.86	19.7	10.1	Real	7.0	hori.

Buttons at the bottom: Start, Optimization, Optimization log, Plots, Wire edit, Element edit.

Γιατί να χρησιμοποιήσουμε όμως ένα μοντέλο κεραίας για μελέτη; Πολλές φορές είναι δύσκολο να συναρμολογήσουμε, να στήσουμε, να ρυθμίσουμε, να μετατρέψουμε ή να βελτιστοποιήσουμε μια κεραία στη φυσική της μορφή. Μπορεί να μας λείπει ο χώρος, είτε ο χρόνος, είτε τα εργαλεία ή όργανα, ακόμη και η μουρμούρα κάποιου πολλές φορές μας αποτρέπει ή μας επιβαρύνει, ώστε στο τέλος η όποια κατασκευή να είναι πρόχειρη και όχι η καλύτερη δυνατή. Ακόμη είναι πολύ δύσκολο, χρονοβόρο ή και αδύνατο για τον μέσο ραδιοερασιτέχνη να μετρήσει το κέρδος, το διάγραμμα ακτινοβολίας ή την απόδοση της πραγματικής κεραίας του. Έτσι λοιπόν τα μοντέλα κεραιών μπορούν να μας δώσουν πληροφορίες για όλα τα παραπάνω, ακόμη και για την σύνθετη αντίσταση της και το λόγο στασίμων (SWR) της κεραίας πριν την κατασκευάσουμε. Εξ' άλλου είναι μια γρήγορη διαδικασία που μπορούμε να την επαναλάβουμε όσες φορές θέλουμε και να πάρουμε στην οθόνη του υπολογιστή μας τα αποτελέσματα που θέλουμε. Έτσι αν φτιάξουμε το σωστό μοντέλο θα πάρουμε αποτελέσματα που είναι κοντύτερα με την πραγματικότητα. Αν όμως το

μοντέλο μας δεν είναι σωστό και δεν υπακούει σε ορισμένους κανόνες, τα αποτελέσματα που θα πάρουμε θα είναι λανθασμένα.

Πως όμως γίνεται η μοντελοποίηση; Η κεραία διαιρείται σε πολύ μικρά ευθύγραμμα τμήματα που αποκαλούνται *segments*. Ακόμη και πολύπλοκη γεωμετρικά κεραία, όπως η έλικοειδής, μπορεί να αναπαρασταθεί με τέτοιο τρόπο. Η πηγή ισχύος (το σημείο που συνδέεται το καλώδιο) τροφοδοτεί την κεραία και συνεπώς κάθε τμήμα - segment με ρεύμα. Το ρεύμα σε κάθε τμήμα - segment προκαλεί την παραγωγή ηλεκτρομαγνητικού πεδίου. Το διάγραμμα ακτινοβολίας της κεραίας προκύπτει από την αλγεβρική άθροιση όλων των επιμέρους πεδίων των τμημάτων. Η δεν αντίσταση της κεραίας είναι επίσης το άθροισμα των επιμέρους αντιστάσεων του τμημάτων. Με τον τρόπο λοιπόν αυτό του κατακερματισμού μιας σύνθετης κατασκευής κεραίας σε μικρά επιμέρους τμήματα γίνεται ευκολότερος ο υπολογισμός των παραμέτρων της.

Στα επόμενα άρθρα θα παρουσιάσουμε κάθε ένα από τα προγράμματα που αναφέραμε, μαζί παραδείγματα υπολογισμού κεραίας, καθώς και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που κάθε εφαρμογή έχει, ξεκινώντας με το EZNEC και μαζί με κάποιες από τις βασικές αρχές μοντελοποίησης κεραιών.

Μέχρι τότε πολλά DX

73 de SV1IVK