

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**  
**ΕΙΔΙΚΕΣ ΚΕΡΑΙΕΣ – ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΕΡΑΙΩΝ**

**ΘΕΜΑΤΑ**

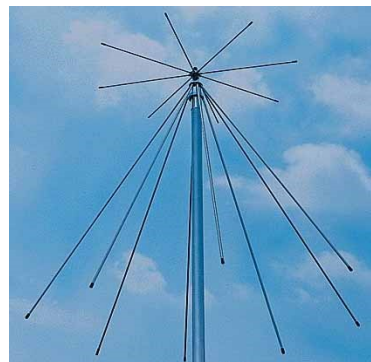
**ΣΕΙΡΑ 1 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ ΜΕ ΤΟ NEC**

Ημερομηνία Παράδοσης: 27 Μαρτίου 2019

Για την ανάλυση των κεραιών που ακολουθούν διατίθεται το πρόγραμμα 4nec2, το οποίο μπορείτε να κατεβάσετε από τη σχετική ιστοσελίδα: <http://www.qsl.net/4nec2/>. Αν και απαιτείται αναζήτηση των χαρακτηριστικών και των λειτουργιών του προγράμματος, εντούτοις σε γενικές γραμμές θεωρείται ένα εύχρηστο πακέτο (προσοχή: για ορθή λειτουργία, ίσως χρειαστεί μετά την εγκατάσταση να αλλάξουμε τα Properties του φακέλου του 4nec2, απομακρύνοντας τυχόν επιλογή Read Only)

**1. Δισκοκωνική κεραία**

Η δισκοκωνική κεραία είναι μια κεραία ευρείας ζώνης συχνοτήτων. Στις περισσότερες εφαρμογές, ο κώνος και ο δίσκος (ground) δεν υλοποιούνται με συμπαγείς επιφάνειες αλλά με σύρματα, όπως φαίνεται στο σχήμα. Η τροφοδοσία γίνεται με ομοαξονικό καλώδιο, ο κεντρικός αγωγός του οποίου συνδέεται με τα σύρματα του δίσκου, ενώ το περίβλημα του καλωδίου συνδέεται με τα σύρματα του κώνου. Σκοπός της άσκησης είναι η μοντελοποίηση της κεραίας με το πρόγραμμα NEC.



Οι διαστάσεις της κεραίας είναι  $r=0.3\lambda$  για την ακτίνα του δίσκου,  $l=0.5\lambda$  για το μήκος των συρμάτων του κώνου και  $2\theta_0=60^\circ$  για τη συνολική γωνία ανοίγματος του κώνου ( $\theta_0=30^\circ$  από τον άξονα). Υποθέστε διάμετρο συρμάτων  $\lambda/100$ . Στη σχεδίαση του αρχείου NEC μπορούμε να θεωρήσουμε ότι τα σύρματα του κώνου ενώνονται σε ένα κοινό σημείο που βρίσκεται σε μικρή απόσταση (έστω  $d=\lambda/20$ ) κάτω από το σημείο όπου ενώνονται τα σύρματα του δίσκου. Μεταξύ των δύο σημείων αυτών θα τοποθετηθεί ένα σύρμα (wire) με ένα μόνο segment τροφοδοσίας.

Επιλέξτε το μήκος κύματος με βάση τον παρακάτω πίνακα και υπολογίστε την κεντρική συχνότητα της κεραίας αυτήν για την οποία το μήκος κύματος είναι το επιθυμητό ( $f_0=c_0/\lambda$ ).

Επώνυμο	A-Θ	I-M	N-Π	P-Σ	T-Ω
$\lambda$	0.1 m	0.3 m	1 m	2 m	5 m

**α.** Φτιάξτε ένα μικρό κώδικα Matlab που θα δέχεται ως μεταβλητές τις  $r$ ,  $l$ ,  $\theta_0$  και  $d$  και θα κατασκευάζει τη γεωμετρία της υπό μελέτη κεραίας. Συγκεκριμένα, θα κατασκευάζει γραμμές GW, όπως τις δέχεται το αρχείο εισόδου του NEC (.nec). Οι γραμμές GW μπορούν να δημιουργούνται με την fprintf.

**β.** Για ένα εύρος συχνοτήτων από  $0.5f_0$  έως  $4f_0$  σχεδιάστε τη μεταβολή του πραγματικού και του φανταστικού μέρους της  $Z_{in}$  της κεραίας. Θεωρώντας γραμμή τροφοδοσίας  $50 \Omega$ , απεικονίστε και το μέτρο του συντελεστή ανάκλασης στη ζώνη αυτή. Σε περίπτωση που δεν επιτυγχάνεται καλή λειτουργία σε όλη την παραπάνω ζώνη, σκεφτείτε αν θα μπορούσε αυτή να βελτιωθεί επιλέγοντας μια καταλληλότερη χαρακτηριστική αντίσταση γραμμής τροφοδοσίας, κοιτάζοντας το μέτρο της  $Z_{in}$  της κεραίας.

**γ.** Σχεδιάστε το διάγραμμα ακτινοβολίας (οριζόντιο και κατακόρυφο) για την συχνότητα  $f_0$ , καθώς και το κατακόρυφο διάγραμμα μόνον, για τις συχνότητες  $2f_0$ ,  $3f_0$  και  $4f_0$ . Προσπαθήστε να δείξετε και τα 3D διαγράμματα ακτινοβολίας. Σχολιάστε τα αποτελέσματα.

**δ.** Απεικονίστε το διάγραμμα του συντελεστή ανάκλασης (όπως στο β) για δισκοκωνικές κεραιές με  $2\theta_0=10^\circ$ ,  $90^\circ$  και  $150^\circ$  και όλες τις άλλες παραμέτρους ίδιες (θα χρειαστεί να φτιάξετε νέα αρχεία NEC με τη βοήθεια του κώδικα στο α).

## 2. Ελικοειδής κεραία

Προσδιορίστε τις διαστάσεις ελικοειδούς κεραίας 20 σπειρών (περιφέρεια  $C$  και βήμα της έλικας  $S$ ), για την οποία η κεντρική συχνότητα (για  $C=\lambda$ ) της λειτουργίας του αξονικού ρυθμού να είναι:

Επώνυμο	A-Θ	I-M	N-Π	P-Σ	T-Ω
$f_0$	100 MHz	300 MHz	500 MHz	1 GHz	2 GHz

Μοντελοποιήστε την ελικοειδή αυτή κεραία στο NEC. Ορίστε την έλικα με τη βοήθεια της εντολής GH (Generate Helix) ή από τον Builder του NEC. Ορίστε οπωσδήποτε και το ground, καθώς η παρουσία του είναι ουσιώδης στη λειτουργία της κεραίας. Το ground πρέπει να οριστεί ως δίσκος ακτίνας  $\lambda/2$ , υλοποιημένος με 12 ακτινικά και 5 κυκλικά wires. Υλοποιήστε το ground με τη βοήθεια του Builder. Εννοείται ότι το segment τροφοδοσίας θα είναι μεταξύ του ενός άκρου της έλικας και ενός σημείου του ground το οποίο είναι οπωσδήποτε σημείο τομής κάποιων segments του ground. Υποθέστε διάμετρο συρμάτων  $\lambda/100$ .

α. Για ένα εύρος συχνοτήτων από  $0.3f_0$  έως  $2f_0$  σχεδιάστε τη μεταβολή του μέτρου της  $Z_{in}$  της κεραίας. Με βάση τη μεταβολή αυτή επιλέξτε μια κατάλληλη χαρακτηριστική αντίσταση γραμμής τροφοδοσίας.

β. Με βάση τη χαρακτηριστική αντίσταση γραμμής τροφοδοσίας που επιλέξατε, απεικονίστε το μέτρο του συντελεστή ανάκλασης στο ίδιο εύρος και σχολιάστε κατά πόσον η κεραία είναι πράγματι ευρυζωνική.

γ. Σχεδιάστε το διάγραμμα ακτινοβολίας σε επίπεδο (οποιοδήποτε) που περιλαμβάνει τον άξονα της έλικας για τις συχνότητες  $0.1f_0$ ,  $0.3f_0$ ,  $0.7f_0$ ,  $f_0$ ,  $1.3f_0$ ,  $2f_0$  και  $4f_0$ . Προσπαθήστε να δείξετε και τα 3D διαγράμματα ακτινοβολίας. Σχολιάστε τα αποτελέσματα.

## 3. Πρακτική σχεδίαση κεραίας

Η κεραία της φωτογραφίας είναι μια πολύ γνωστή κεραία για τηλεοπτική λήψη. Αποτελείται από τέσσερα στοιχεία (δίπολα), σε μορφή X (για πιο ευρυζωνική συμπεριφορά, ως απλοποιημένη μορφή της δικωνικής κεραίας), τα οποία τροφοδοτούνται από κεντρικό σημείο τροφοδοσίας (είναι το μαύρο κουτί της εικόνας). Το σημείο αυτό (που είναι η είσοδος της κεραίας), διακλαδίζεται σε δύο γραμμές μεταφοράς χαρακτηριστικής αντίστασης  $Z_1$  που τροφοδοτούν τα δύο ενδιάμεσα στοιχεία. Στη συνέχεια, από τα στοιχεία αυτά τροφοδοτούνται και τα ακριανά, μέσω γραμμών μεταφοράς ίδιας χαρακτηριστικής αντίστασης  $Z_1$  αλλά με αντιστροφή της συνδεσμολογίας, όπως φαίνεται στην εικόνα. Πίσω από τα δίπολα υπάρχει ανακλαστήρας (μπορεί να θεωρηθεί ενιαίος), σε απόσταση  $\lambda/4$  από αυτά (στην κεντρική συχνότητα λειτουργίας της κεραίας). Τα δίπολα έχουν μήκος  $\lambda/2$  (στην κεντρική συχνότητα λειτουργίας της κεραίας). Θεωρήστε επίσης ότι η απόσταση των στοιχείων μεταξύ τους είναι επίσης  $\lambda/2$  (αν και στο σχήμα φαίνεται να μην είναι ομοιόμορφη).

Σχεδιάστε μια κεραία αυτής της μορφής για λειτουργία σε μια από τις ακόλουθες συχνότητες:



Επώνυμο	A-Θ	I-M	N-Π	P-Σ	T-Ω
$f_0$	60 MHz	100 MHz	300 MHz	600 MHz	1 GHz

Ειδικότερα:

**α.** Θεωρήστε  $Z_1 = 100 \Omega$ . Για ένα εύρος συχνοτήτων από  $0.5f_0$  έως  $1.5f_0$  σχεδιάστε τη μεταβολή του μέτρου της  $Z_{in}$  της κεραίας. Με βάση τη μεταβολή αυτή επιλέξτε μια κατάλληλη χαρακτηριστική αντίσταση  $Z_0$  της γραμμής τροφοδοσίας.

**β.** Με βάση τη χαρακτηριστική αντίσταση γραμμής τροφοδοσίας που επιλέξατε, απεικονίστε το μέτρο του συντελεστή ανάκλασης στο ίδιο εύρος και σχολιάστε κατά πόσον η κεραία είναι πράγματι ευρυζωνική.

**γ.** Σχεδιάστε το διάγραμμα ακτινοβολίας στα δύο κύρια επίπεδα (οριζόντιο και κατακόρυφο) για τις συχνότητες  $0.5f_0, f_0$  και  $1.5f_0$ , καθώς και το 3D διάγραμμα ακτινοβολίας.

**δ.** Κάντε σχεδίαση της κεραίας για διαφορετικές τιμές της  $Z_1$  και της απόστασης των στοιχείων π.χ.  $Z_1 = 50, 75, 100, 125, 150 \Omega$  και  $d = 0.4\lambda, 0.5\lambda, 0.6\lambda$ . Ειδικότερα, για ένα εύρος συχνοτήτων από  $0.5f_0$  έως  $1.5f_0$  σχεδιάστε τη μεταβολή του μέτρου του  $S_{11}$  της κεραίας, με αναφορά τη  $Z_0$  που βρήκατε στο (α). Συγκρίνετε τα αποτελέσματα και επιλέξτε αυτό που δίνει την πιο ευρυζωνική συμπεριφορά. Αν δεν πετύχει ιδιαίτερα το αποτέλεσμα δοκιμάστε και με  $Z_0 = 50 \Omega$ .

#### Γενική υπόδειξη (για όλες τις ασκήσεις):

Πολλές φορές είναι βολικό να φτιάξουμε ένα μικρό κώδικα σε Matlab που να κατασκευάζει τη γεωμετρία της υπό μελέτη κεραίας, δηλ. τις γραμμές GW, όπως τις δέχεται το αρχείο εισόδου του NEC (.nec). Ο τρόπος αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμη και για να υλοποιήσετε ορθογωνικά patches με segments. Κάθε ορθογωνική υποεπιφάνεια θα παράγεται με ένα διπλό for και προφανώς θα έχει wires με τη μορφή πλέγματος (και στις δύο διεθύνσεις του επιπέδου). Οι γραμμές GW μπορούν να δημιουργούνται με fprintf. Προσπαθήστε να πιάσετε τη γεωμετρία όσο γίνεται καλύτερα χωρίς να αυξήσετε πολύ το πλήθος των segments (μέγιστο π.χ. 500 ή το πολύ 1000).