

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΚΕΡΑΙΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΔΟΣΗ

ΣΕΙΡΑ 2 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΚΕΡΑΙΩΝ ΜΕ ΤΟ NEC

Ημερομηνία Παράδοσης: 12 Ιανουαρίου 2026

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/>. Είναι ένα αρκετά απλό και εύχρηστο πακέτο, με σημαντικές διευκολύνσεις για τη σχεδίαση του αρχείου εισόδου και την εκτέλεση της υπολογιστικής μεθόδου.

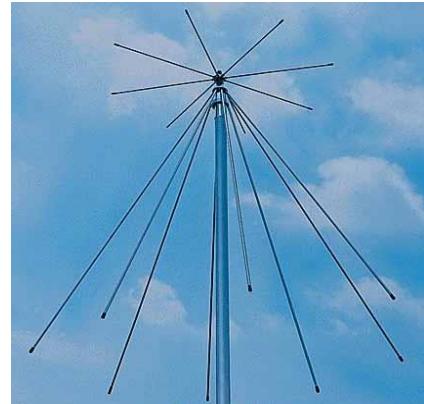
Για την ορθή λειτουργία του, προτείνεται η εγκατάστασή του σε φάκελο εκτός του φακέλου συστήματος Program Files ώστε να υπάρχουν στο φάκελο αυτό δικαιώματα εγγραφής. Π.χ. μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο default φάκελος C:\4nec2. Αν χρειαστεί, μετά την εγκατάσταση αλλάζουμε τα Properties του φακέλου του 4nec2, απομακρύνοντας τυχόν επιλογή Read Only.

1. Ανάλυση δισκοκωνικής κεραίας

Η δισκοκωνική κεραία είναι μια κεραία ευρείας ζώνης συχνοτήτων. Μπορεί να θεωρηθεί ως ένα μονόπολο «μεταβλητής διαμέτρου» με ground, γεγονός που του προσδίδει σημαντική ευρυζωνικότητα. Στις περισσότερες εφαρμογές, ο κώνος και ο δίσκος δεν υλοποιούνται με συμπαγείς επιφάνειες αλλά με σύρματα, όπως φαίνεται στο σχήμα. Η τροφοδοσία γίνεται με ομοαξονικό καλώδιο, ο κεντρικός αγωγός του οποίου συνδέεται στο δίσκο, ενώ το περιβλήμα του ομοαξονικού καλωδίου συνδέεται στον κώνο. Σκοπός της άσκησης είναι η μοντελοποίηση της κεραίας με το πρόγραμμα NEC, όπως ακολούθως στη φωτογραφία.

Οι διαστάσεις της κεραίας είναι 0.34λ για την ακτίνα του δίσκου, 0.5λ για το μήκος των συρμάτων του κώνου και $2\theta_0=60^\circ$ για τη συνολική γωνία ανοίγματος του κώνου. Υποθέστε και διάμετρο συρμάτων $\lambda/200$. Στη σχεδίαση του αρχείου NEC μπορούμε να θεωρήσουμε ότι τα σύρματα του κώνου ενώνονται σε ένα κοινό σημείο που βρίσκεται σε μικρή απόσταση ($\approx \lambda/20$) κάτω από το σημείο όπου ενώνονται τα σύρματα του δίσκου. Μεταξύ των δύο σημείων αυτών θα τοποθετηθεί ένα σύρμα 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	Α-Γ	Δ-Λ	Μ-Ν	Ξ-Σ	Τ-Ω
λ	0.2 m	0.6 m	1 m	2 m	4 m

α. 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 50Ω , απεικονίστε και το μέτρο του συντελεστή ανάλασης στη ζώνη αυτή. Σε περίπτωση που δεν επιτυγχάνεται καλή λειτουργία σε όλη την παραπάνω ζώνη, σκεψτείτε αν θα μπορούσε αυτή να βελτιωθεί επιλέγοντας μια καταλληλότερη χαρακτηριστική αντίσταση γραμμής τροφοδοσίας, κοιτάζοντας το πραγματικό μέρος ή το μέτρο της Z_{in} της κεραίας.

β. 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 $4f_0$. Δείξτε και τα 3D διαγράμματα ακτινοβολίας. Σχολιάστε τα αποτελέσματα.

Υπόδειξη: Μπορείτε να φτιάξετε ένα μικρό κώδικα Matlab (ή ακόμη και υπολογισμό στο Excel) που θα δέχεται ως μεταβλητές τις r , l , θ_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.

2. Ελικοειδής κεραία

Προσδιορίστε τις διαστάσεις ελικοειδούς κεραίας 10 σπειρών (περιφέρεια C και βήμα της έλικας S), για την οποία η κεντρική συχνότητα (για $C=\lambda$) της λειτουργίας του αξονικού όγκου να είναι:

Επώνυμο	A-Γ	Δ-Λ	M-N	Ξ-Σ	T-Ω
f_0	150 MHz	400 MHz	1 GHz	2 GHz	3 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 8 ακτινικά ($\theta=\text{σταθ.}$) και 4 κυκλικά ($\varphi=\text{σταθ.}$) wires. Γλοποιήστε 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 θα πρέπει να είναι οπωσδήποτε σημείο τομής κάποιων segments του ground. Υποθέστε διάμετρο συρμάτων της τάξης του $\lambda/100$.

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 $0.2f_0$, $0.7f_0$, f_0 , $1.3f_0$, $2f_0$ και $3f_0$. Δείξτε και τα 3D διαγράμματα ακτινοβολίας. Σχολιάστε τα αποτελέσματα.

3. Απλές γραμμικές κεραίες

3.α Αναδιπλωμένο Δίπολο

Αναλύστε ένα αναδιπλωμένο δίπολο $\lambda/2$ (folded dipole), βλ. παρουσίαση P2, με διάμετρο $\lambda/200$ και αποστάσεις των δύο παρόληλων αγωγών $\lambda/100$, $\lambda/20$ και $\lambda/4$ (εξετάστε και τις τρεις περιπτώσεις). Συχνότητες:

Επώνυμο	A-Γ	Δ-Λ	M-N	Ξ-Σ	T-Ω
f_0	10 MHz	60 MHz	150 MHz	300 MHz	600 MHz

α. Κάντε ένα γράφημα της σύνθετης αντίστασης εισόδου για συχνότητες από $0.5f_0$ έως $1.5f_0$. Επιλέξτε κατάλληλη Z_0 και απεικονίστε και το συντελεστή ανάκλασης στην ίδια ζώνη.

β. Σχεδιάστε το διάγραμμα ακτινοβολίας (οριζόντιο και κατακόρυφο) στη συχνότητα συντονισμού. Δείξτε και το 3D διάγραμμα ακτινοβολίας.

3.β Κεραία οδεύοντος κύματος

Αναλύστε μία κεραία οριζόντιου σύρματος μήκους 5λ πάνω από (i) τέλεια αγώγιμο ground και (ii) έδαφος καλής αγωγιμότητας (fast ground, ground type: good). Το ύψος του αγωγού είναι $\lambda/4$ πάνω από το ground. Επιλέξτε σε κάθε περίπτωση κατάλληλη αντίσταση τερματισμού.

Συχνότητες:

Επώνυμο	A-Γ	Δ-Λ	M-N	Ξ-Σ	T-Ω
f_0	6 MHz	12 MHz	15 MHz	20 MHz	40 MHz

α. Κάντε ένα γράφημα της σύνθετης αντίστασης εισόδου για συχνότητες από $0.5f_0$ έως $1.5f_0$. Επιλέξτε κατάλληλη Z_0 και απεικονίστε και το συντελεστή ανάκλασης στην ίδια ζώνη.

β. Σχεδιάστε το διάγραμμα ακτινοβολίας (οριζόντιο και κατακόρυφο) στη συχνότητα f_0 . Δείξτε και το 3D διάγραμμα ακτινοβολίας.