



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

& ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ

ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ

<ΔΙΚΤΥΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ>

<ΚΕΡΑΙΕΣ>

<ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ>

A.M <1054365>

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2020

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα

| | |
|---|----|
| Εργασία Εξαμήνου | 1 |
| <γιαννακοπουλος Στεφανος> | 1 |
| ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ | 1 |
| ΠΑΤΡΑ 2020 | 1 |
| Περιεχομενα | 2 |
| Ακρωνυμα..... | 4 |
| Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή | 5 |
| 1.1 Γενικά..... | 5 |
| 1.2 Ιστορική αναδρομή | 7 |
| Κεφάλαιο 2: Ηλεκτρομαγνητισμός..... | 9 |
| 2.1 Εισαγωγή | 9 |
| 2.2 Ηλεκτρομαγνητικά κύματα..... | 11 |
| Μηχανισμός παραγωγής | 11 |
| 2.3 Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα..... | 12 |
| Κεφάλαιο 3: Κεραιές | 16 |
| 3.1 Βασικές έννοιες..... | 16 |
| 3.2 Χαρακτηριστικά κεραιών..... | 19 |
| 3.2.1 Διάγραμμα Ακτινοβολίας | 19 |
| 3.2.2 Κατευθυντικότητα ή κατευθυντικό κέρδος D..... | 20 |
| 3.2.3 Πόλωση Κεραίας | 21 |
| Πειραματικός προσδιορισμός της πόλωσης κεραίας | 21 |
| 3.2.4 Απολαβή ή κέρδος G | 22 |
| Πειραματικός υπολογισμός του κέρδους | 22 |
| 3.2.5 Γωνία μισής ισχύος..... | 22 |
| 3.2.6 Βέλτιστη περιοχή συχνοτήτων | 23 |
| 3.3 Τύποι κεραιών..... | 23 |
| 3.3.1 Κεραία Yagi-Uda..... | 23 |
| 3.3.2. Κεραία Collinear με ανακλαστήρα (αναφέρεται και σαν πλέγματος ή πάνελ) | 26 |
| 3.3.3. Κεραίες χοάνης | 27 |

| | |
|---------------------|----|
| 4.Περίληψη..... | 30 |
| 5.Βιβλιογραφία..... | 31 |

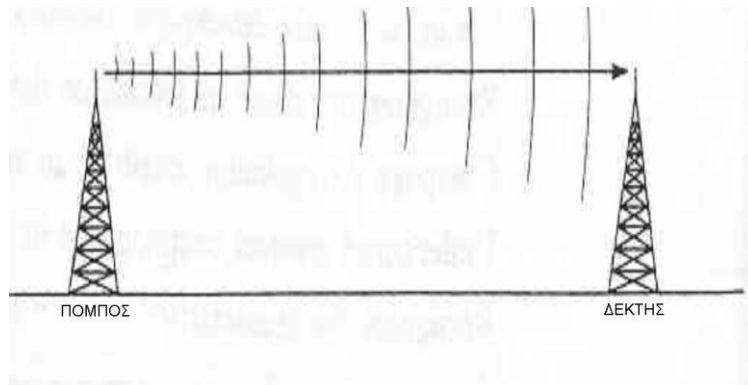
AKPONYMIA

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Ακρογωνιαίος λίθος για την κατανόηση της θεωρίας των συντονισμένων κυκλωμάτων αποτελεί η μελέτη των κεραιών. Για να γίνουν κατανοητά τα παραπάνω και προς αποφυγήν παρερμηνειών αναφέρονται τα παρακάτω. Αρχικά πρέπει να τονιστεί ότι η διάταξη της κεραίας είναι, και πρέπει να είναι, τέτοια ώστε να λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο με τα συντονισμένα κυκλώματα. (Για μέγιστα αποτελέσματα στην μεταφορά ισχύος θα πρέπει η κεραία να προσαρμόζεται στο φορτίο και στην γραμμή μεταφοράς). Ένα προφανές παράδειγμα είναι ότι η ενέργεια πρέπει να μεταφέρεται αλλά και να αλλάζει μορφή έτσι ώστε από ηλεκτρομαγνητική να γίνεται ηλεκτροστατική και αντίστροφα. Ακόμα, στην περίπτωση που το κύκλωμα έχει άριστη λειτουργία με την κεραία, εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα μέρος την ενέργειας με τρόπο παρόμοιο αυτού που εκπέμπεται μεταξύ των πηνίων των μετασχηματιστών. Αυτή η διαδικασία περιγράφει τη μετάδοση της RF ενέργειας.

(σχήμα 9.1)



Σχήμα 9. 1 Μετάδοση ενέργειας μεταξύ πομπού-δέκτη

Μια κεραία δεν είναι κάτι άλλο από μια μεταλλική κατασκευή που ως στόχο έχει την μετατροπή των υψίσυχνων ρευμάτων σε ηλεκτρομαγνητικά κύματα και αντίστροφα. Οι κεραίες χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες με βάση τη λειτουργία τους και αυτές είναι: οι κεραίες λήψης και εκπομπής. Πάραυτα εμφανίζουν κοινές συμπεριφορές και αυτό οφείλεται στα παρόμοια χαρακτηριστικά που έχουν.

Βασικά στοιχεία των κεραιών που παίζουν ρόλο στη λειτουργία τους είναι οι διαστάσεις, το μέγεθος και το σχήμα. Βασιζόμενοι στη σχέση $T=1/f(9-1)$ όπου :

T: ο χρόνος

f: η συχνότητα

μπορεί κανείς εύκολα να συμπεράνει ότι το μηχανικό μήκος μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα της συχνότητας του κύματος.

[\[2\]](#)

1.2 Ιστορική αναδρομή

Οι αλλαγές τα τελευταία χρόνια, στον κλάδο της ασύρματης τεχνολογίας για τα δίκτυα δεδομένων, είναι πιο σπουδαίες και από τις αλλαγές που συνέβησαν τον περασμένο αιώνα σε ολόκληρο τον κλάδο της ασύρματης μετάδοσης, όταν ο Guglielmo Marconi έστειλε το πρώτο τηλεγράφημα κατά μήκος του Ατλαντικού (από το Cornwall U.K στο St.Johns,Newfoundland) τον Δεκέμβριο του 1901. Η πρόοδος στην εμπορική ασύρματη επικοινωνία, από τον τηλεγράφο στην μετάδοση φωνής και στην τηλεόραση, μετριέται σε δεκαετίες. Η εμπορική ψηφιακή ασύρματη μετάδοση ξεκίνησε στα μέσα του 1990, όταν η κυψελωτή ψηφιακή τηλεφωνία, γνωστή ως PCS (δηλαδή Υπηρεσία Προσωπικών Επικοινωνιών -Personal Communications Service) αντικατέστησε την υπηρεσία προχωρημένης κινητής τηλεφωνίας (advanced mobile phone service -AMPS), το τότε κυρίαρχο αναλογικό πρωτόκολλο μετάδοσης φωνής. Η ψηφιακή ασύρματη τηλεφωνία χωρίστηκε τότε σε δύο ανταγωνιστικές τεχνολογίες: Διαίρεση χρόνου πολλαπλής πρόσβασης και διαίρεση κώδικα πολλαπλής πρόσβασης. Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα (Wireless Local Area Networks) άρχισαν να εμφανίζονται στα τέλη του 1990, όταν έγινε εμφανής η ανάγκη για ασύρματη δικτύωση δεδομένων. Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα χρειαζόντουσαν γρηγορότερη μετάδοση δεδομένων από όσο ήταν εφικτό με οποιασδήποτε τεχνολογίας PCS, με αποτέλεσμα η βιομηχανία να καταλήξει να χρησιμοποιεί ψηφιακή διασπορά φάσματος(digital spread spectrum) όπως είχε

οριστεί από τα πρότυπα IEEE 802.11. Η διασπορά φάσματος αρχικά αναπτύχθηκε από τον Αμερικάνικο στρατό ώστε οι ασύρματες αναμεταδόσεις θα ήταν εφικτό να γίνουν ακόμα και υπό την παρουσία ισχυρών σημάτων παρεμποδισμού. Αυτή η δουλειά του στρατού βασιζόταν στην πατέντα με αριθμό US2,292,387 που είχε αρχικά παραχωρηθεί στην ηθοποιό του Hollywood Hedy Lamarr και στον συνεργάτη της George Antheil. [\[7\]](#)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2: ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

2.1 Εισαγωγή

Η ενέργεια μεταδίδεται με ποικίλους τρόπους. Όταν αυτό συμβαίνει με τη μορφή κυμάτων, δηλαδή τοπικών και χρονικών μεταβολών του Ηλεκτρικού και του Μαγνητικού πεδίου, το ονομάζουμε Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία παρουσιάζονται σε ένα μεγάλο φάσμα, που διαιρείται σε ζώνες συχνοτήτων ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής ή χρήσης τους. Η περιοχή που ξεπερνά τα 300 GHz π.χ ακτίνες χ, γ αλλά και το ηλιακό φάσμα έχει εξετασθεί πλήρως ως προς τις βιολογικές επιδράσεις της. Σχεδόν όλοι είναι ενημερωμένοι για την επικινδυνότητα που κρύβουν οι ακτινογραφίες, η ηλιοθεραπεία και γενικότερα η ραδιενέργεια, έχοντας φυσικά κατά νου μεγάλες καταστροφές του παρελθόντος όπως για παράδειγμα τα γεγονότα στη Χιροσίμα, Τσέρνομπιλ κ.λπ.

Από την άλλη μεριά, για πολλά χρόνια είχαν αγνοηθεί πλήρως τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα συχνότητας που δεν ξεπερνά τα 300 GHz. Σήμερα, λόγω της ραγδαίας εξέλιξης δέχεται όλο και μεγαλύτερα ποσά ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας η οποία ονομάστηκε μη ιονίζουσα, επειδή δεν έχει τη δυνατότητα να

προκαλεί ιονισμό ατόμων. Μερικά παραδείγματα τέτοιων πηγών είναι: Τηλεφωνικά καλώδια, σύρματα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΗ),πομποί ραδιοφωνικών και τηλεοπτικών σταθμών, πομποί ραντάρ, όλες οι ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές σπιτιού ή χώρου εργασίας όπως: φούρνοι μικροκυμάτων, ηλεκτρικοί συσσωρευτές, ηλεκτρικές αντιστάσεις θέρμανσης πατώματος, ηλεκτρονικά παιχνίδια, ηλεκτρονικοί υπολογιστές, ηλεκτρικές κουβέρτες και θερμαινόμενα στρώματα ύδατος κ.λπ.

Μετά τις αρχές του '70 οι έρευνες για πιθανούς κινδύνους αυξήθηκαν σημαντικά και τη σκυτάλη από τους Σωβιετικούς την πήρε η Δύση με αποτέλεσμα η βιβλιογραφία να έχει εμπλουτιστεί σημαντικά. Έτσι οι επιστήμονες είναι υποχρεωμένοι να ενημερώνουν τόσο τις κρατικές υπηρεσίες όσο και το ευρύτερο κοινό για την επικινδυνότητα που κρύβει η μη ιονίζουσα ακτινοβολία.Άλλωστε,

η επιστήμη είναι δημόσια και όχι ιδιωτική γνώση.

(Robert King Merton)

Το σύγγραμμα τούτο είναι μια συμβολή στην ανάπτυξη μιας νέας επιστήμης,του Βιοηλεκτρομαγνητισμού, που έχει ως αντικείμενο τις επιδράσεις, θετικές ή αρνητικές,των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στους ζωντανούς οργανισμούς.

Η συγγραφή του κορμού του βιβλίου έγινε με την απλούστερο δυνατό τρόπο για την κατανόηση, από το ευρύτερο κοινό, ενός προβλήματος που θα παίρνει όλο και μεγαλύτερες διαστάσεις καθώς προχωρεί η τεχνολογία.(4) Οπωσδήποτε,

*Όλα πρέπει να γίνονται όσο είναι δυνατόν πιο απλά.
Όχι όμως απλούστερα!*

Αϊστάιν

2.2 Ηλεκτρομαγνητικά κύματα

Ορισμός: Η ταυτόχρονη διάδοση ενός ηλεκτρικού και ενός μαγνητικού πεδίου.

Ταχύτητα: Τα κύματα αυτά "τρέχουν" με την ταχύτητα του φωτός αλλά μόνο στο κενό. Σε όλα τα άλλα μέσα ή υλικά διαδίδονται, φυσικά, με μικρότερη ταχύτητα καθώς εξαρτάται από αυτά.

Τύπος ταχύτητας: $c=3 \cdot 10^8$ m/s

Μηχανισμός παραγωγής

Ένα σταθερό μαγνητικό ή ηλεκτρικό φορτίο δεν παράγει ηλεκτρομαγνητικό κύμα και αυτό γιατί χρειάζεται αμφότερα να είναι μεταβαλλόμενα. Αυτό σημαίνει ότι τα φορτία πρέπει να έχουν μη σταθερή ταχύτητα και διάφορη του μηδενός για να δημιουργήσουν ηλεκτρομαγνητικό κύμα. Συνεπώς η αιτία δημιουργίας ηλεκτρομαγνητικού κύματος είναι η επιταχυνόμενη κίνηση των ηλεκτρικών φορτίων.

Από τις εξισώσεις του Maxwell για το Ηλεκτρικό και το Μαγνητικό πεδίο προκύπτει ότι:

- Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι εγκάρσιο, με τα διανύσματα του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου να είναι κάθετα μεταξύ τους και κάθετα στην διεύθυνση διάδοσης του κύματος.

- Κάθε στιγμή ο λόγος των μέτρων των εντάσεων του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου είναι ίσος με την ταχύτητα διάδοσης v (για το κενό c)

- Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, όπως και τα μηχανικά, υπακούουν στην αρχή της επαλληλίας.[\[6\]](#)

2.3 Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Παλαιότερα επικρατούσε η άποψη ότι ο μοναδικός τρόπος για να παραχθούν κύματα είναι από ταλαντούμενα ηλεκτρικά δίπολα. Σήμερα όμως γνωρίζουμε πολύ καλά ότι τα πράγματα δεν είναι έτσι καθώς συνδέονται με ένα διάφορα φυσικά φαινόμενα, όπως αποδιεγέρσεις ατόμων, πυρηνικές διασπάσεις κ.λπ. Όλα τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα έχουν τα χαρακτηριστικά που περιγράψαμε παρά τις διαφορές στην παραγωγή τους. Είναι γνωστό πως η ταχύτητα τους στο κενό είναι c οπότε η σύνδεση της συχνότητας και του μήκους κύματος γίνεται μέσω της σχέσης

$$c = \lambda f.$$

Η παραπάνω σχέση ισχύει για την διάδοση ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος στο κενό και είναι γνωστή ως «θεμελιώδης εξίσωση της κυματικής». Στη συνέχεια θα γίνει μία σύντομη περιγραφή των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων ανάλογα με το φάσμα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

●**Ραδιοκύματα.** Δημιουργούνται από ηλεκτρονικά κυκλώματα, όπως τα κυκλώματα L-C και χρησιμοποιούνται στην ραδιοφωνία και την τηλεόραση. Είναι τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα με μήκος κύματος από 105m έως μερικά εκατοστά.

●**Μικροκύματα.** Η παραγωγή τους γίνεται από ηλεκτρονικά κυκλώματα και τα χρησιμοποιούν όχι μόνο οι φούρνοι που όλοι γνωρίζουν αλλά και τα ραντάρ. Είναι τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα με μήκος κύματος από 30cm έως 1mm περίπου.

●**Υπέρυθρα κύματα.** Τα συγκεκριμένα παράγονται από την εκπομπή θερμών σωμάτων και απορροφώνται εύκολα από τα περισσότερα υλικά. Η υπέρυθρη ακτινοβολία που απορροφάται από ένα σώμα, αυξάνει τη θερμοκρασία του με την αύξηση του πλάτους της ταλάντωσης των σωματιδίων από τα οποία αποτελείται. Είναι τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα με μήκος κύματος 1mm έως $7 \cdot 10^{-5}m$ περίπου.

●**Το ορατό φως.** Είναι το μέρος της ακτινοβολίας που ανιχνεύει το ανθρώπινο μάτι. Η παραγωγή του γίνεται από την ανακατανομή των ηλεκτρονίων στα άτομα και τα μόρια. Κάθε υποπεριοχή του ορατού φάσματος προκαλεί στον άνθρωπο την

αίσθηση κάποιου συγκεκριμένου χρώματος. Τα μήκη κύματος των διάφορων χρωμάτων είναι:

| | | | |
|-----|-----|-------|-----------|
| 700 | έως | 630nm | Ερυθρό |
| 630 | έως | 590nm | Πορτοκαλί |
| 590 | έως | 560nm | Κίτρινο |
| 560 | έως | 480nm | Πράσινο |
| 480 | έως | 440nm | Κυανό |
| 440 | έως | 400nm | Ιώδες |

● **Υπεριώδης ακτινοβολία.** Ο ήλιος είναι η ισχυρότερη και ίσως η πιο γνωστή πηγή υπεριώδους ακτινοβολίας. Οι μεγάλες δόσεις υπεριωδών ακτινών βλάπτουν τον ανθρώπινο οργανισμό και αυτός είναι ο λόγος που το καλοκαίρι αποφεύγουμε την έντονη έκθεση στον ήλιο καθώς ναι μεν «μαυρίζουμε» αλλά είναι βλαβερές μετά από ένα σημείο. Το μεγαλύτερο μέρος αυτής απορροφάται από τα άτομα και την στρατόσφαιρα. Είναι τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα με μήκος κύματος από $3,8 \cdot 10^{-7}m$ έως $6 \cdot 10^{-8}m$ περίπου.

● **Οι ακτίνες Χ.** Η πιο συνηθισμένη αιτία παραγωγής τους είναι η επιβράδυνση ταχέως κινούμενων ηλεκτρονίων λόγω πρόσκρουσης τους σε μεταλλικό στόχο. Χρησιμοποιούνται κατά κόρον στην ιατρική, αλλά και στην μελέτη κρυσταλλικών δομών. Είναι τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα με μήκος κύματος από $10^{-8}m$ έως $10^{-13}m$ περίπου.

● **Οι ακτίνες γ.** Οι συγκεκριμένες είναι οι πιο βλαβερές προς τους οργανισμούς που τις απορροφούν. Στην ουσία είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπεται σε ορισμένους

ραδιενεργούς πυρήνες καθώς και σε πυρήνων και στοιχειωδών σωματιδίων ή ακόμα και κατά τη στοιχειωδών σωματιδίων. Τα μήκη κύματος τους αρχίζουν από 10⁻¹⁰m έως τα 10⁻¹⁴m. [\[6\]](#)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΚΕΡΑΙΕΣ

3.1 Βασικές έννοιες

Μια κεραία μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σαν πομπός όσο και σαν δέκτης. Και στις δύο περιπτώσεις δεν είναι κάτι άλλο από ένα σύστημα αγωγών κατάλληλης μορφής και διαστάσεων που διαρρέεται από ρεύμα υψηλής συχνότητας. Ο πιο συνηθισμένος τύπος κεραίας είναι η παραβολική η οποία χρησιμοποιείται ευρέως σε επίγειες ασυρματικές ζεύξεις.

Σε κάθε ασύρματο σύστημα, οι κεραίες χρησιμοποιούνται σε κάθε άκρο της σύνδεσης. Η κεραία είναι ένα μέσο για να μεταφέρουμε την ισχύ ραδιοσυχνότητας από την γραμμή εκπομπής στον ελεύθερο χώρο, επιτρέποντας έναν πομπό να ακτινοβολεί, και έναν δέκτη να λαμβάνει επικείμενη ηλεκτρομαγνητική ισχύ. Οι κεραίες μπορούν να είναι τόσο απλές όσο ένα κομμάτι καλωδίου, ή μπορούν να είναι σύνθετα συστήματα με ενεργά ηλεκτρόδια. Παρά το εύρος των τεχνολογιών που αφορούν στα κεραιοσυστήματα, υπάρχει ένας αριθμός αντιλήψεων που είναι κοινές σε όλα τα κεραιοσυστήματα.

Η ακτινοβολούμενη συνολική μέση ισχύς από μία κεραία, μπορεί γενικά να ορισθεί ως η καταναλισκόμενη ισχύς σε μια υποθετική, ισοδύναμη αντίσταση, η οποία ονομάζεται αντίσταση ακτινοβολίας. Εάν I είναι η μέγιστη τιμή του ρεύματος στην κεραία,

η αντίσταση ακτινοβολίας ορίζεται από τη σχέση:

$$W_a = 1/2 * R_a * I^2$$

Ο λόγος της ακτινοβολούμενης ισχύος ανά μονάδα στερεάς γωνίας κατά τη διεύθυνση (θ, ϕ) προς την ακτινοβολούμενη συνολική μέση ισχύ ανά μονάδα στερεάς γωνίας. Αυτό το κλάσμα μας δίνει τη συνάρτηση κατευθυντικότητας $D(\theta, \phi)$ μιας κεραίας κατά τη διεύθυνση (θ, ϕ) . Ισχύς ανά μονάδα στερεάς γωνίας:

$$U(\theta, \phi) = r^2 P_r$$

όπου P_r = πυκνότητα ισχύος σε απόσταση r από την κεραία. Η ακτινοβολούμενη συνολική μέση ισχύς ανά μονάδα στερεάς γωνίας δίνεται από τη σχέση:

$$U_0 = W_a / 4\pi$$

Η οποία αποτελεί και την ακτινοβολούμενη ισχύ ανά μονάδα στερεάς γωνίας από υποθετική ισοτροπική κεραία, που ακτινοβολεί ομοιόμορφα προς πάσα κατεύθυνση την ισχύ W_a . Τελικά η συνάρτηση κατευθυντικότητας δίνεται από τη σχέση:

$$D(\theta, \phi) = U(\theta, \phi) / U_0 = U(\theta, \phi) / (W_a / 4\pi) = 4\pi r^2 P_r / W_a$$

Η πιο χρήσιμη τιμή που μπορούμε να πάρουμε από μία κεραία είναι αυτή της κατευθυντικότητας. Αυτή μπορούμε να την αντλήσουμε από την συνάρτηση κατευθυντικότητας παίρνοντας τη μέγιστη τιμή της. Η τιμή αυτή μας δείχνει πόσο αποτελεσματική είναι στο να συγκεντρώνει την ακτινοβολούμενη ισχύ αλλά σε συγκεκριμένη κατεύθυνση.

Ένα σημαντικό εργαλείο είναι η συνάρτηση κέρδους η οποία αντικαθιστά την συνάρτηση κατευθυντικότητας. Ορίζεται ως ο λόγος της πυκνότητας ισχύος σε συγκεκριμένο σημείο ,συγκεκριμένη κατεύθυνση, προς την πυκνότητα ισχύος στο σημείο αυτό, που τροφοδοτείται με την ίδια συνολική ισχύ εισόδου, με την οποία τροφοδοτείται και η κεραία της οποίας ζητείται η συνάρτηση κέρδους. Δηλαδή η συνάρτηση κέρδους $G(\theta,\phi)$ δίνεται από τη σχέση:

$$G(\theta,\phi) = P_r / (W_\alpha + W_{\alpha\pi}) / 4\pi r^2 = 4\pi r^2 P_r / W_T$$

όπου $W_T = W_\alpha + W_{\alpha\pi}$ είναι η συνολική ισχύς τροφοδοσίας της κεραίας και η $W_{\alpha\pi}$ περιλαμβάνει όλες τις ωμικές απώλειες.

Δεδομένου του κέρδους μιας κεραίας σε συγκεκριμένη κατεύθυνση (το οποίο εξαρτάται από από την συχνότητα εκπομπής) η μέση χρονική στιγμή της πυκνότητας ισχύος σε εκείνη την κατεύθυνση και σε απόσταση r από την κεραία που εκπέμπει, δίνεται από την έκφραση:

$$P_r = W_T G / 4\pi r^2$$

Ο βαθμός απόδοσης (radiation efficiency) της κεραίας δίνεται από τον λόγο της ακτινοβολούμενης ισχύος από την κεραία προς την συνολική ισχύ εισόδου στην κεραία αυτή. Δηλαδή:

$$A = W_a / W_T = G / D \quad [3]$$

3.2 Χαρακτηριστικά κεραιών

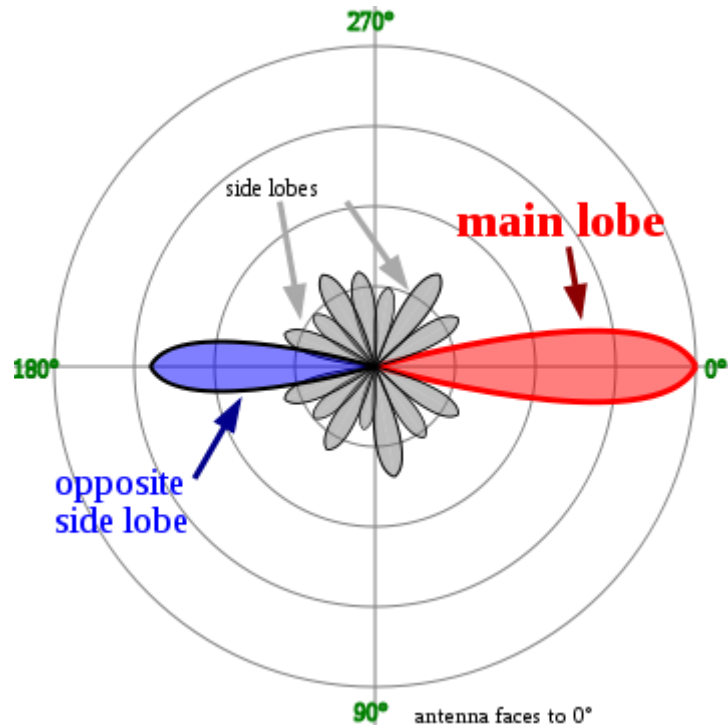
Οι κεραιές όπως αναφέραμε και παραπάνω χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα το είδος δεν παύουν όμως να έχουν μεταξύ τους κοινά χαρακτηριστικά τα οποία θα παραθέσουμε παρακάτω.

3.2.1 Διάγραμμα Ακτινοβολίας

Με τη βοήθεια του διαγράμματος ακτινοβολίας μπορεί κανείς να κατανοήσει τον τρόπο που κατανέμει μια κεραία την ισχύ που ακτινοβολεί στον χώρο. Χαρακτηριστικό το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό. Συγκεκριμένα, το διάγραμμα αυτό είναι μια γραφική παράσταση των ιδιοτήτων ακτινοβολίας (μακρινού πεδίου) μιας κεραιάς. Ακόμα, ένα διάγραμμα ακτινοβολίας μπορεί να παριστάνει τη γωνιακή κατανομή:

- i) Του μέτρου της έντασης του πεδίου
- ii) Της πυκνότητας ισχύος
- iii) Της έντασης ακτινοβολίας

Το διάγραμμα μπορεί να είναι είτε για το κάθετο είτε για το οριζόντιο επίπεδο. [\[1\]](#)



Πηγή: <http://www.amateur-radio-wiki.net/index.php>

3.2.2 Κατευθυντικότητα ή κατευθυντικό κέρδος D.

Η κατευθυντικότητα της κεραίας μας δίνει ένα μέτρο της συγκέντρωσης της ακτινοβολίας και ορίζεται ως ο λόγος της μέγιστης πυκνότητας ισχύος προς τη μέση πυκνότητα ισχύος. Δηλαδή: $D = \text{μέγιστης πυκνότητας ισχύος} / \text{μέση πυκνότητα ισχύος}$. Η ακτινοβολούμενη ισχύς συγκεντρώνεται σε λίγες στερεές γωνίες που έχουν κοινή κορυφή την κεραία, γνωστές

και ως λοβοί. Αυτό συμβαίνει διότι η κεραία δεν ακτινοβολεί ομοιόμορφα σ' όλες τις κατευθύνσεις. [1]

3.2.3 Πόλωση Κεραίας

Η πόλωση μιας κεραίας εξαρτάται από την διεύθυνση της συνιστώσας του ηλεκτρικού πεδίου σε σχέση με το έδαφος. Θα λέγαμε ότι ένα κύμα είναι επίπεδο ή επίπεδα πολωμένο στην περίπτωση που το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος βρίσκονται πάντα σε σταθερά επίπεδα. Υποπερίπτωση στο παραπάνω αποτελεί το γραμμικά πολωμένο κύμα, όπου τα διανύσματα των πεδίων βρίσκονται μόνιμα σε ευθεία γραμμή. Για καλύτερη κατανόηση μπορούμε να φέρουμε στο μυαλό μας το κύμα που παράγει ένα γραμμικό δίπολο. [1]

Πειραματικός προσδιορισμός της πόλωσης κεραίας

Τοποθετούμε την κεραία εκπομπής και την κεραία λήψης σε θέση των 0^0 ώστε να μπορέσουμε να προσδιορίσουμε την πόλωση της κεραίας εκπομπής. Παρεμβάλουμε στη δέσμη ακτινοβολίας σχάρα από παράλληλα σύρματα με δύο τρόπους: Στην πρώτη περίπτωση τα σύρματα έχουν παράλληλη διεύθυνση προς το οριζόντιο επίπεδο και την δεύτερη κάθετη σε αυτό. Έτσι, η πόλωση της κεραίας προσδιορίζεται μέσω της ένδειξης του οργάνου που συνδέεται με τον δέκτη η οποία και ελαχιστοποιείται. [1]

3.2.4 Απολαβή ή κέρδος G

Η απολαβή μιας κεραίας δίνεται σαν η απολαβή σε σχέση με μια κεραία αναφοράς όταν και η δύο τροφοδοτούνται με την ίδια ισχύ: $G = \frac{\text{μέγιστη ένταση ακτινοβολίας}}{\text{μέγιστη ένταση ακτινοβολίας της κεραίας αναφοράς}}$ Η κεραία αναφοράς σε όλες τις κεραίες είναι το δίπολο Hertz $\lambda/2$, με εξαίρεση το ίδιο το δίπολο που χρησιμοποιεί σαν κεραία αναφοράς την ιστροπική.

Πειραματικός υπολογισμός του κέρδους

Συνδέοντας την τον εξασθενητή με την κεραία αναφοράς η ένδειξη που θα πάρουμε στο όργανο ενδείξεων είναι τα 0 db. Στη συνέχεια συνδέουμε την κεραία στο σύστημα και ρυθμίζουμε τον εξασθενητή ώστε η ένδειξη στο όργανο να είναι η ίδια. Το αποτέλεσμα που θα πάρουμε είναι: ένδειξη του εξασθενητή σε db = απολαβή της κεραίας σε σχέση με την κεραία αναφοράς. [\[1\]](#)

3.2.5 Γωνία μισής ισχύος.

Στον κύριο λοβό υπάρχουν δύο μοναδικά σημεία στα οποία η ισχύς εκπομπής της κεραίας γίνεται μισή σε σχέση με τη μέγιστη τιμή που μπορεί να πάρει. Γωνία μισής ισχύος ονομάζουμε τη γωνία μεταξύ των δύο αυτών σημείων. Διαγραμματικά μπορεί κανείς να εντοπίσει αυτή τη γωνία μέσω του διαγράμματος ακτινοβολίας. Η γωνία που σχηματίζεται πάλι μεταξύ των δύο αυτών σημείων που έχουν ένταση πεδίου 0.707 του μέγιστου και μετριέται σε μοίρες. [\[1\]](#)

3.2.6 Βέλτιστη περιοχή συχνοτήτων

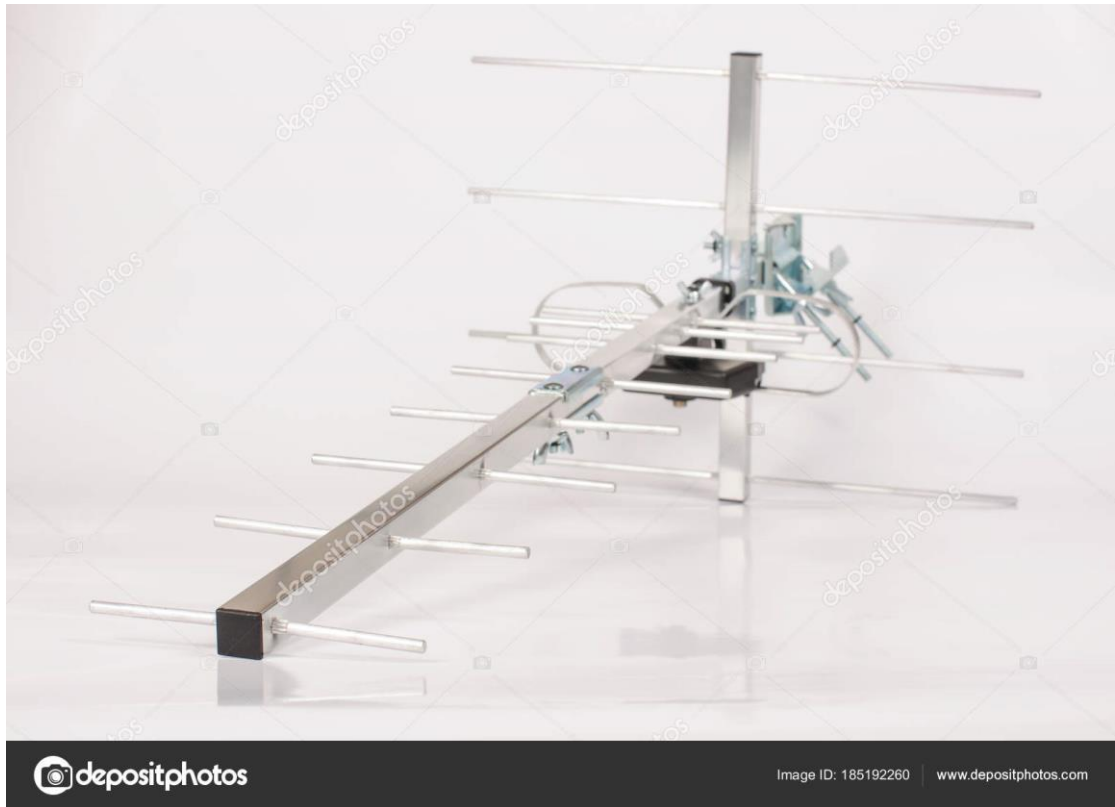
Κάθε κεραία έχει μια συγκεκριμένη περιοχή συχνοτήτων στην οποία λειτουργεί βέλτιστα. Αυτό σημαίνει ότι στην συγκεκριμένη περιοχή η κεραία λειτουργεί σαν **αποτελεσματικός ακτινοβολητής**. Αν χρησιμοποιήσουμε την κεραία εκτός αυτής της μπάντας, το μεγαλύτερο ποσοστό της ισχύος του πομπού θα **ανακλάται** πίσω προς τον πομπό και δεν θα ακτινοβολείται, αντίστοιχα στη λήψη η κεραία δεν θα λειτουργεί βέλτιστα. Συνήθως ορίζεται μια κεντρική συχνότητα και μια απόκλιση γύρω από αυτήν, ή ορίζεται ένα εύρος συχνοτήτων που θα κινηθούμε. (Πχ 2400MHz ως 2500MHz ή $2450\text{MHz}\pm 50\text{MHz}$). Σε κάθε περίπτωση το εύρος αυτό δια την κεντρική συχνότητα δεν μπορεί να είναι μεγάλο (πχ 10%), δηλαδή η κεραία είναι μια συσκευή περιορισμένης ζώνης (υπάρχουν βέβαια και ειδικές κατασκευές που επιτυγχάνουν λειτουργία σε μεγάλη περιοχή συχνοτήτων). [\[5\]](#)

3.3 Τύποι κεραιών

3.3.1 Κεραία Yagi-Uda

Η κεραία Yagi-Uda είναι μια στοιχειο-κεραία. Την ονομάζουμε έτσι διότι αποτελείται από ένα ή περισσότερα παρασιτικά στοιχεία και από ένα διεγερόμενο στοιχείο τα οποία είναι όλα τοποθετημένα πάνω σε μία ευθεία γραμμή σε

κοντινή απόσταση το ένα με το άλλο, μαζί με το αντίστοιχο σύστημα στην οπτική και το διάγραμμα ακτινοβολίας. Από το διάγραμμα ακτινοβολίας μπορεί κανείς να καταλάβει ότι είναι σχετικά μόνο κατευθυντική και έχει ένα μέτριο κέρδος στην περιοχή των 7db και αξίζει να αναφερθεί ότι χρησιμοποιείται ως HF κεραία εκπομπής. Όμως δεν περιορίζεται μόνο σε αυτή τη χρήση καθώς τη χρησιμοποιούμε και σαν μια VHF κεραία λήψης τηλεόρασης αλλά σε υψηλότερες συχνότητες. Ο λόγος front-to-back της κεραίας μπορεί να βελτιωθεί, καθώς ο οπίσθιος λοβός μπορεί να ελαττωθεί, φέρνοντας τα ακτινοβολούμενα στοιχεία πιο κοντά και ως εκ τούτου τη μείωση της σύνθετης αντίστασης εισόδου της στοιχειοκεραίας. Προφανώς η απόσταση και η ρύθμισή του παίζουν σημαντικό ρόλο στην ακριβή επίδραση του παρασιτικού στοιχείου. Συντονίζοντας το, δηλαδή, σε μεγαλύτερο μήκος θα συμπεριφερθεί σαν ήπιος ανακλαστήρας ενώ το αντίθετο, δηλαδή σε μικρότερο μήκος θα έχει ως αποτέλεσμα το παρασιτικό στοιχείο να λειτουργήσει σαν ήπιος κατευθυντήρας της ακτινοβολίας. Όσο πιο κοντά τοποθετείται ένα διεγερόμενο στοιχείο σε ένα παρασιτικό, τόσο περισσότερο φορτίο προστίθεται στο διεγερόμενο στοιχείο και κατ'επέκταση μειώνεται η σύνθετη αντίσταση εισόδου του. Αυτός είναι και ο λόγος που χρησιμοποιείται συχνά το αναδιπλωμένο δίπολο ως διεγερόμενο στοιχείο μιας τέτοιας κεραίας. [8]



Περιγραφή: Κλασική κεραία Yagi-Uda

3.3.2.Κεραία Collinear με ανακλαστήρα (αναφέρεται και σαν πλέγματος ή πάνελ)

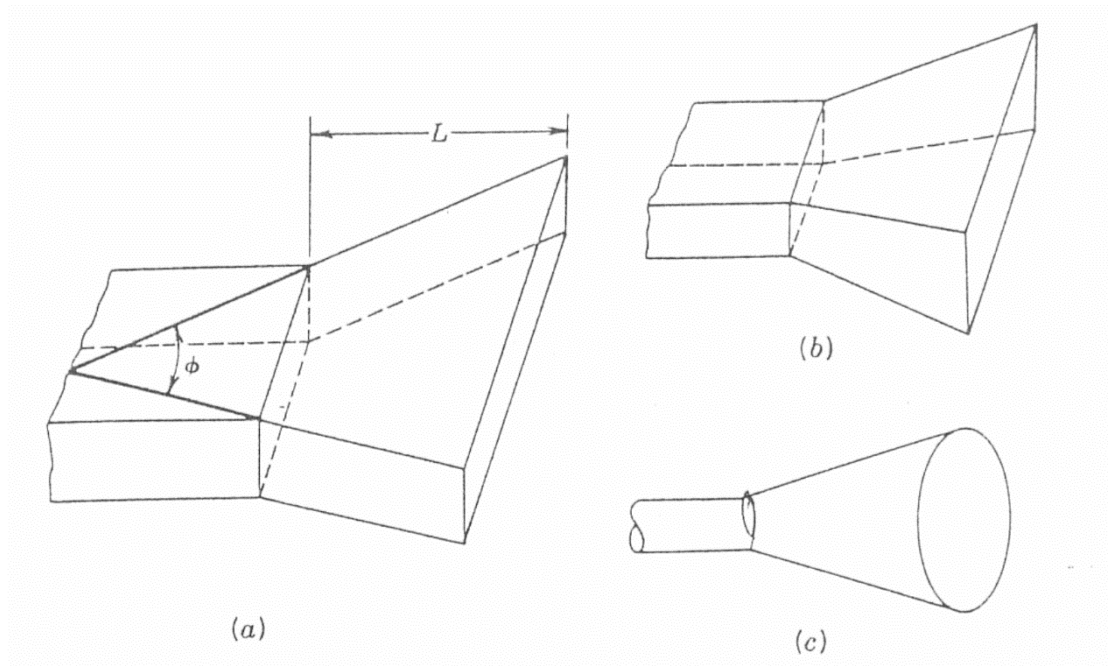
Αυτού του τύπου η κεραία είναι ιδανική για την περίπτωση που βρισκόμαστε σε γούβα και στην ταράτσα έχουμε ισχυρό σήμα, αλλά ο λόφος που πιθανόν υπάρχει πίσω μας δέχεται πολύ ισχυρότερο που ως αποτέλεσμα έχουμε είδωλα στη λήψη των αναλογικκών προγραμμάτων. Επίσης, αυτή η κεραία είναι ιδανική για την περίπτωση που γύρω από το σημείο τοποθέτησης υπάρχουν ψηλές πολυκατοικίες και δεν έχετε οπτική επαφή με το σημείο εκπομπής αλλά υπάρχει σήμα από ανακλάσεις. Ένα βασικό πλεονέκτημά της; Απορρίπτει τα είδωλα που έρχονται από πίσω. Ένα βασικό μειονέκτημα; Έχουν μέτριο κέρδος και μεγάλη γωνία λήψης, δηλαδή δεν είναι κατευθυντικές. [8]



3.3.3.Κεραίες χοάνης

Ένας κυματοδηγός μπορεί να ακτινοβολεί ενέργεια σε ανοιχτό χώρο αν διεγείρεται κατάλληλα στο ένα του άκρο και είναι ανοιχτός στο άλλο. Αυτή η ακτινοβολία είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή που παίρνουμε από μία δισύρματη γραμμή μεταφοράς, αλλά παρουσιάζει παρόμοιες δυσκολίες. Μόνο ένα μικρό ποσοστό της εμπρόσθιας ενέργειας στον κυματοδηγό εκπέμπεται, και ένα μεγάλο μέρος της ανακλάται προς τα πίσω από το ανοιχτό κύκλωμα. Όπως και με την γραμμή μεταφοράς, το ανοιχτό κύκλωμα αποτελεί μία ασυνέχεια, η οποία δεν προσαρμόζει καλά τον κυματοδηγό στον χώρο. Περιθλάσεις στις άκρες καθιστούν το διάγραμμα ακτινοβολίας μη κατευθυντικό. Για να αντιμετωπίσουμε αυτά τα προβλήματα, μπορούμε να μεγαλώσουμε το άνοιγμα του κυματοδηγού μεταφοράς, όπου θα προκύψει μια ηλεκτρομαγνητική χοάνη. Μία κεραία χοάνης ή κεραία μικροκυμάτων είναι μια κεραία που αποτελείται από ένα μεταλλικό κυματοδηγό καύσης που διαμορφώνεται για να κατευθύνει τα ραδιοκύματα. Οι κεραίες χοάνης χρησιμοποιούνται ευρέως ως κεραίες σε UHF συχνότητες μικροκυμάτων και πάνω από 300 M Hz. Χρησιμοποιούνται ως τροφοδότες (που ονομάζονται κεραίες τροφών) για τις μεγαλύτερες δομές κεραιών όπως παραβολικές κεραίες, όπως κεραίες πρότυπο βαθμονόμησης για τη μέτρηση του κέρδους των άλλων κεραιών καθώς και για κεραίες οδηγούς για αυτά τα συστήματα, όπως τα ραντάρ. Επίσης,

έχει χαμηλό SWR, μεγάλο εύρος ζώνης, και είναι απλής κατασκευής και προσαρμογής. Μπορούν να λειτουργούν σε ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων, μεγάλο εύρος ζώνης. Το ωφέλιμο εύρος ζώνης της κεραίας χοάνης είναι συνήθως της τάξης του 10:1, και μπορεί να είναι έως και 20:01 (για παράδειγμα, επιτρέπει να λειτουργούν από 1 GHz έως 20 GHz). Μια κεραία χοάνης χρησιμοποιείται για τη μετάδοση ραδιοκυμάτων από έναν κυματοδηγό (μεταλλικός σωλήνας που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά ραδιοκυμάτων) στο διάστημα, ή για να 24 συλλέξουν ραδιοκύματα σε έναν κυματοδηγό. Αποτελείται συνήθως από μία μικρού μήκους σε σχήμα ορθογώνιο ή κυλινδρικό μεταλλική σωλήνα (το κυματοδηγό), κλειστή στο ένα άκρο, κωνικό ή πυραμιδικό σχήμα στο άλλο άκρο. Τα ραδιοκύματα που συνήθως εισάγονται στο κυματοδηγό με ένα ομοαξονικό καλώδιο που συνδέονται στο πλάι, με το κεντρικό αγωγό προβολής στον κυματοδηγό. Τα κύματα τότε εκπέμπονται από το τέλος σε μια στενή δέσμη. Ωστόσο, σε ορισμένες συσκευές είναι τα ραδιοκύματα που πραγματοποιούνται από τον πομπό στον δέκτη από έναν κυματοδηγό, και στην περίπτωση αυτή η χοάνη επισυνάπτεται στο τέλος του κυματοδηγού. [\[8\]](#)



Κεραίες Χοάνης: (α) Τομέας, (b) πυραμοειδής, (c) κωνική

4.Περίληψη

Διαβάζοντας κανείς την παραπάνω εργασία μπορεί εύκολα να αποκτήσει μια πρώτη εικόνα για τις κεραίες. Ξεκινώντας, κάναμε μια ιστορική αναδρομή, διότι ο καθένας μας θα πρέπει να έχει άποψη για την βάση του αντικειμένου ασχολίας του, και συνεχίσαμε με την ανάλυση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων αλλά και του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που οι κεραίες λειτουργούν. Για να κατανοήσει κανείς όμως το αντικείμενο αναφέραμε μερικές βασικές έννοιες ώστε να είναι το κείμενο προσιτό προς όλους και να προκαλεί το ενδιαφέρον του κοινού. Επιπλέον, αναφέραμε κάποια βασικά χαρακτηριστικά των κεραιών που κάνουν την καθεμία να ξεχωρίζει είτε αυτά είναι εξωτερικά είτε λειτουργικά. Τέλος, αναλύουμε τρεις τύπους κεραιών που χρησιμοποιούνται ακόμα στην καθημερινή μας ζωή είναι βασικοί από τη στιγμή που ανακαλύφθηκαν.

5.Βιβλιογραφία

- [1] www.nefeli.lib.teicrete.gr
- [2] www.ceid.upatras.gr/webpages/faculty/alexiou/ahts/notes/kef09.pdf
- [3] <http://apothetirio.teiep.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/4971/1242.pdf?sequence=1>Βιβλίο «Βιολογικές επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας» εκδόσεις διάυλος
- [4] Εργασία στο μάθημα «Δίκτυα Δημόσιας Χρήσης και Διασύνδεση Δικτύων»
- [5] www.perifysikhs.files.wordpress.com
- [6] Διπλωματική Εργασία του φοιτητή του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Πατρών
- [7] http://repository.library.teimes.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/3015/TESYD_0112.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [8] <https://www.satspot.gr/terrestrial-reception/terrestrial-antennas-accessories/135-uhf-antennas>