



# Η ΚΕΡΑΙΑ ΥΑΓΙ ΟΥΔΑ

Γράφει ο Ντίνος Νομικός – SV1GK

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Αν πάρει κανείς το τραίνο και ταξιδέψει βόρεια του Tokyo , μετά από δύο περίπου ώρες θα φτάσει στην πόλη Sendai , βέβαια η έννοια πόλη εδώ είναι σχετική , γιατί παρόλο που έχει ένα περίπου εκατομμύριο κατοίκους , αλλά και αρκετούς ουρανοξύστες , στην ουσία πρόκειται για μια απέραντη κηπούπολη .



Στην πόλη αυτή υπάρχει και το περίφημο Πανεπιστήμιο Tohoku , το οποίο ιδρύθηκε τον Ιούνιο του 1907 (Εικόνα 1) , σαν το τρίτο αυτοκρατορικό Πανεπιστήμιο της Ιαπωνίας , μετά από τα Πανεπιστήμια του Tokyo και του Kyoto .

Ήταν μάλιστα το πρώτο Πανεπιστήμιο της Ιαπωνίας που από το 1913 επέτρεπε να γράφονται και γυναίκες φοιτήτριες .

Φέτος συμπληρώνονται 100 χρόνια από την ίδρυση του και σε όλο αυτό το διάστημα , εκτός του υψηλού επιπέδου μόρφωσης που παρέχει , έχει να επιδείξει και μια σειρά ανακαλύψεων , εφευρέσεων και πρωτοποριακών μελετών .

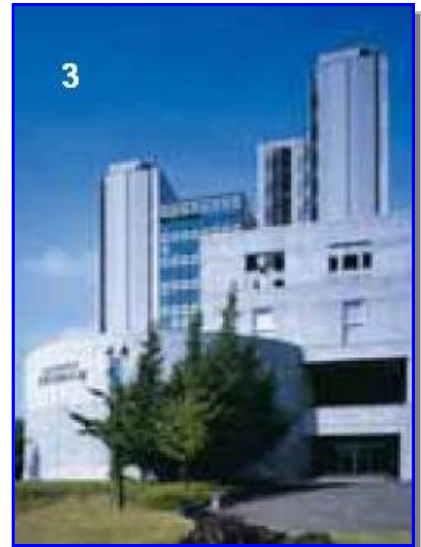
Δεν είναι τυχαίο ότι τρεις από τους Νομπελίστες της Ιαπωνίας προέρχονται από αυτό το Πανεπιστήμιο .

Σήμερα η εικόνα του έχει αλλάξει και εκτείνεται σε μια καταπράσινη έκταση εκατοντάδων στρεμμάτων περιλαμβάνοντας πάρα πολλές Σχολές , ένα τεράστιο Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο , καθώς και ένα από τα καλύτερα Μουσεία Φυσικής Ιστορίας του κόσμου . Δεν είναι τυχαίο που ο πρόεδρός του , Akihisa Inoue , προτιμά να το χαρακτηρίζει «Κοινότητα Γνώσεων» , αντί να το ονομάζει Πανεπιστήμιο .

Ένα μέρος , του νέου αυτού Πανεπιστημίου, φαίνεται στις (Εικόνες 2 και 3) .

Σε αυτό το Πανεπιστήμιο λοιπόν έμελε να γεννηθεί η κεραία εκείνη που θα υπερίσχυε όλων των άλλων κεραιών και θα έφτανε στις μέρες μας να βρίσκεται τοποθετημένη στις ταράτσες σχεδόν όλων των σπιτιών .

Πρωτοπόροι της ανακάλυψης αυτής ήταν δύο Ιάπωνες επιστήμονες , ο Hidetsugu Yagi και ο Shintaro Uda .



Ας δούμε λοιπόν με περισσότερες λεπτομέρειες πώς εξελίχτηκε η ιστορία αυτή .

## Η ΙΣΤΟΡΙΑ

Ο Hidetsugu Yagi (Εικόνα 4) , γεννήθηκε στις 28 Ιανουαρίου 1886 στην Osaka . Αν και από νέος είχε περισσότερη έφεση στις τέχνες παρά στις επιστήμες , εν τούτοις όσο μεγάλωνε και μάθαινε περισσότερα για τα Φυσικά φαινόμενα , τόσο ενθουσιαζόταν με την ιδέα να ασχοληθεί με αυτά , πράγμα που τελικά τον οδήγησε στο τμήμα Ηλεκτρικής Μηχανικής του Πανεπιστημίου του Tokyo , από το οποίο αποφοίτησε το 1909 , και άρχισε αμέσως να εργάζεται σαν Καθηγητής στην Ανώτερη Τεχνική Σχολή στην πόλη Sendai .



Μετά από τέσσερα χρόνια διδασκαλίας , το Υπουργείο Παιδείας της Ιαπωνίας αποφασίζει να τον στείλει στην Ευρώπη για να ολοκληρώσει τις σπουδές του σε ανώτερο επίπεδο .

Το 1913 πηγαίνει στην Γερμανία όπου συνεργάζεται με τον Καθηγητή Heinrich Barkhausen , ο οποίος τότε είχε επινοήσει έναν ειδικό ταλαντωτή που χρησιμοποιούσε μια τριόδο λυχνία , για παραγωγή υψηλών συχνοτήτων .

Δυστυχώς όμως η έναρξη του Πρώτου Παγκοσμίου Πολέμου το 1914 , τον αναγκάζει να φύγει εσπευσμένα από την Γερμανία , αφήνοντας μάλιστα εκεί όλες του τις σημειώσεις .

Αποφασίζει λοιπόν να πάει στο Λονδίνο και να συνεργαστεί με τον καθηγητή John A. Fleming , πασίγνωστο στην εποχή του , γιατί ήταν αυτός που πριν από λίγα χρόνια είχε ανακαλύψει την δίοδο λυχνία .

Στο Λονδίνο έμεινε μέχρι το 1916 , αλλά πριν επιστρέψει στην Ιαπωνία , ο Yagi αποφασίζει να επισκεφθεί τις Η.Π.Α. και συγκεκριμένα τον Καθηγητή George W. Pierce , στο Πανεπιστήμιο του Harvard , γνωστός για τις μελέτες του στους κρυσταλλικούς ανορθωτές , αλλά και για τον περίφημο ταλαντωτή που φέρει το όνομά του .

Κατά την διάρκεια της παραμονής του στις Η.Π.Α. γίνεται και μέλος του IRE (Institute of Radio Engineers) .

Μετά από αυτήν την υψηλή εκπαίδευση που απέκτησε και μάλιστα κάτω από την καθοδήγηση εξαιρετών διεθνώς επιστημόνων , όταν επέστρεψε στην Ιαπωνία , θεωρείτο αυθεντία στην μελέτη των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων .

Στην Ιαπωνία ασχολήθηκε με το διδακτορικό του , το οποίο πήρε το 1919, και αμέσως έγινε Καθηγητής στο Πανεπιστήμιο Tohoku , στο τμήμα Ηλεκτρικής Μηχανικής , που τότε είχε πρωτοϊδρυθεί .

Από τότε προέβλεπε ότι οι τηλεπικοινωνίες θα κυριαρχήσουν στο μέλλον και ιδιαίτερα στα VHF και UHF .

Σε αυτό το Πανεπιστήμιο λοιπόν δημιούργησε μια αξιόλογη επιστημονική ομάδα στην οποία περιλαμβάνονταν , όχι μόνον εκπαιδευτικό προσωπικό , όπως ο Shintaro Uda , βοηθός Καθηγητής και ο Kinjiro Okabe ο οποίος είχε αποφοιτήσει πριν δύο χρόνια και ασχολείτο εκείνη την περίοδο με την λυχνία magnetron , για την οποία αργότερα βραβεύτηκε και έγινε Καθηγητής στο τμήμα Φυσικής του Πανεπιστημίου της Osaka , αλλά και αρκετοί χαρισματικοί φοιτητές .

Κατάφεραν μάλιστα να λάβουν και οικονομική ενίσχυση από ένα ιδιωτικό ίδρυμα , προκειμένου να συνεχίσουν με άνεση την έρευνά τους , η οποία είχε αρχίσει τότε να επικεντρώνεται στην επικοινωνία νησιών με πλοία , μέσω κατευθυνόμενων κεραιών , κυρίως σε συχνότητες μεγαλύτερες των βραχέων κυμάτων .

Ο Shintaro Uda , ο οποίος γεννήθηκε την 1 Ιουλίου του 1896 , από τις αρχές της δεκαετίας του 1920 πειραματιζόταν στο Πανεπιστήμιο με μια κατευθυνόμενη κεραία στην συχνότητα των 68 MHz και η οποία αντί για δίπολο χρησιμοποιούσε ένα loop . Είχε παρατηρήσει μάλιστα ότι εάν πρόσθετε έναν κατευθυντήρα πάλι σε σχήμα loop , βελτιωνόταν κατά πολύ , τόσο η κατευθυντικότητα όσο και η απολαβή της .

Στην συνέχεια όμως , για να απλοποιησει την κατασκευή αυτή αντικατέστησε τα loop με ράβδους , δίνοντας τελικά στην κεραία το σχήμα που όλοι ξέρουμε σήμερα . Έτσι λοιπόν γεννήθηκε η κεραία Yagi-Uda .

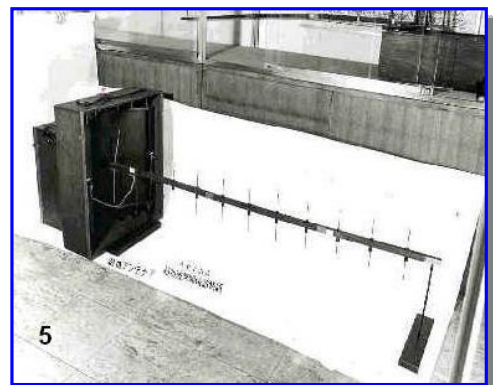
Όλη αυτή η επιστημονική ομάδα που αναφέραμε , με επικεφαλής τον Hidetsugu Yagi , τον οποίον αποκαλούσαν Yagi san , άρχισε να μελετά σε βάθος αυτήν την κεραία , και μάλιστα για να έχουν μικρότερα μήκη στην κατασκευή της , άλλαξαν την συχνότητα των πειραματισμών και άρχισαν να πειραματίζονται στους 115 MHz .

Ο Shintaro Uda χρησιμοποιούσε στην κεραία έναν μόνο ανακλαστήρα και την ονόμαζε «Wave canal» , ενώ ο Hidetsugu Yagi δημιούργησε έναν τριπλό ανακλαστήρα και ονόμαζε την κεραία αυτή «Wave projector» (Εικόνα 5)

Η πρώτη παρουσίαση αυτών των μελετών έγινε τον Φεβρουάριο του 1926 σε συνεδρίαση της Αυτοκρατορικής Ακαδημίας της Ιαπωνίας . Η εργασία αυτή είχε τίτλο «Projector of the Sharpest Beam of Electric Waves» και φυσικά ήταν γραμμένη στα Ιαπωνικά , στην πραγματικότητα επρόκειτο για την θεωρητική ανάλυση της λειτουργίας ενός κάθετου διπόλου το οποίο είχε τοποθετημένο σε μια συγκεκριμένη απόσταση έναν ανακλαστήρα .

Η επόμενη δημοσίευση έγινε στην εφημερίδα της IEE (Institute of Electrical Engineers) της Ιαπωνίας τον Μάρτιο του 1926 και στην οποία περιγραφόταν ένα πείραμα με μια κατευθυνόμενη κεραία η οποία περιλάμβανε ένα δίπολο και έναν τριπλό ανακλαστήρα .

Ο Hidetsugu Yagi , ήδη από τις 28 Δεκεμβρίου του 1925 , είχε καταθέσει τις μελέτες γι' αυτήν την κατευθυνόμενη κεραία στο γραφείο ευρεσιτεχνιών του Tokyo και σε λίγο χρονικό διάστημα παίρνει το υπ' αριθμ. 69115 δίπλωμα ευρεσιτεχνίας της Ιαπωνίας για την κεραία αυτή .



Τον Σεπτέμβριο του 1926 πηγαίνει στις Η.Π.Α. προκειμένου να κατοχυρώσει και εκεί αυτήν την εφεύρεση , πράγμα που τον αναγκάζει να ξαναπάει το 1928 για να δώσει διαλέξεις και ομιλίες σε διάφορα επιστημονικά ιδρύματα , ώστε να κάνει γνωστή τόσο την κεραία αυτή όσο και τους τρόπους μετάδοσης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε υπερυψηλές συχνότητες .

Τελικά το Αμερικάνικο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας εκδόθηκε στις 24 Μαΐου του 1932 με τον αριθμό 1.860.213 , και με τίτλο «Variable Direction Electric Wave Generating Device» , το οποίο μάλιστα , ο Yagi εκχώρησε στην εταιρεία RCA (Radio Corporation of America) .

Το 1933 έγινε και η πρώτη εμπορική χρήση της κεραίας αυτής στην Ιαπωνία, προκειμένου να συνδεθούν ραδιοτηλεφωνικά , στις συχνότητες από 28 MHz – 150MHz , τα νησιά Sakata και Tobichima που απείχαν μεταξύ τους απόσταση 40 Km .



Το ίδιο έτος ο Hidetsugu Yagi γίνεται διευθυντής στο τμήμα Φυσικής Επιστήμης στο Πανεπιστήμιο της Osaka (Εικόνα 6) , το 1939 ανακηρύσσεται Πρύτανης και το 1946 γίνεται ο 4ος Πρόεδρος του Αυτοκρατορικού Πανεπιστημίου της Osaka .

Παράλληλα ο Yagi υπήρξε και ραδιοερασιτέχνης , ο οποίος μέχρι και τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο είχε το χαρακτηριστικό J7AA , γι ' αυτό και το 1946 γίνεται Πρόεδρος της JARL (Japan Amateur Radio League) .

Δυστυχώς , κατά την διάρκεια του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου και συγκεκριμένα τον Απρίλιο του 1945 , το σπίτι του βομβαρδίστηκε με αποτέλεσμα όλη

του η βιβλιοθήκη , οι σημειώσεις , οι εργασίες και όλο του το αρχείο να καταστραφούν ολοσχερώς .

Η ειρωνεία είναι ότι τα αμερικάνικα βομβαρδιστικά χρησιμοποιούσαν κεραίες Yagi-Uda για να προσδιορίζουν το ύψος των εκρήξεων που δημιουργούσαν οι βόμβες .

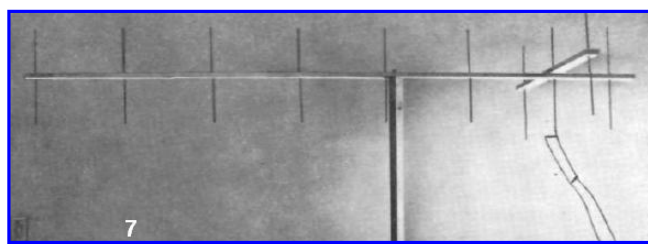
Όταν οι Ιάπωνες κατέλαβαν την Σιγκαπούρη , μεταξύ των αιχμαλώτων που συνέλαβαν ήταν και ένας Άγγλος στρατιώτης , τεχνικός radar , που λεγόταν Newman , όταν όμως τον πλησίασαν παρατήρησαν ότι πέταξε μακριά ένα σημείωμα , μελετώντας το σημείωμα αυτό , διαπίστωσαν με μεγάλη τους έκπληξη ότι αναφερόταν σε Βρετανικά συστήματα radar , τα οποία χρησιμοποιούσαν μια κεραία που λεγόταν Yagi .

Οι Ιάπωνες αξιωματικοί , φυσικά δεν γνώριζαν τότε την «κεραία Yagi» , αυτό όμως που τους έκανε εντύπωση ήταν ότι το όνομα Yagi ήταν γιαπωνέζικο ,

Όταν λοιπόν ανέκριναν τον Άγγλο αιχμάλωτο , αυτός τους είπε ότι η κεραία αυτή είχε αυτό το όνομα από έναν Ιάπωνα Καθηγητή που την ανακάλυψε . Φανταστείτε τότε την έκπληξή τους .

Οι Ιάπωνες δεν είχαν αντιληφθεί πόσο μεγάλη σπουδαιότητα είχε η ανακάλυψη της κεραίας Yagi-Uda , γι ' αυτό και δεν την εκμεταλλεύτηκαν αμέσως , σε αντίθεση με τους Αμερικάνους που αμέσως εκμεταλλεύτηκαν τα πλεονεκτήματά της , άλλωστε ο ίδιος ο Yagi είχε δώσει πολλές διαλέξεις στις Η.Π.Α. γι ' αυτήν την κεραία .

Αυτό το λέω γιατί όπως έπαχνα διάφορες πηγές για να γράψω την ιστορική αναφορά της κεραίας Yagi-Uda και των δημιουργών της , βρήκα μια έκδοση του Πεδινού Πυροβολικού των Η.Π.Α. του Σεπτεμβρίου 1935 , γραμμένη από τον Υπολοχαγό Rex E. Chandler , προφανώς απόρρητη τότε , η οποία αναφερόταν με πολλές κατασκευαστικές λεπτομέρειες στην κεραία «Yagi beam antenna» (Δεν αναφερόταν το όνομα Uda) (Εικόνα 7) , και είναι να απορεί κανείς πώς έγινε αμέσως εκμετάλλευση μιας κεραίας που κατοχυρώθηκε μόλις τον Μάιο του 1932 .



Μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο ο Hidetsugu Yagi διορίστηκε από την Ιαπωνική κυβέρνηση σαν ειδικός σύμβουλος για την τεχνολογική ανασυγκρότηση της Ιαπωνίας .

Στα χρόνια που ακολούθησαν έλαβε πολλές διακρίσεις , παράσημα και βραβεία για την προσφορά του , μέχρι και ο ίδιος ο Αυτοκράτορας Hirohito τον βράβευσε με το Large Asahi Award .

Η ομάδα ερευνών , που δημιούργησε ο Hidetsugu Yagi , συνέχισε τα πειράματά της , μελετώντας κυρίως τους τρόπους μετάδοσης και λήψης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας .

Ο Shintaro Uda , ο οποίος εν τω μεταξύ έγινε καθηγητής στο Πανεπιστήμιο Tohoku , συνέχισε την έρευνά του και ανακάλυψε έναν δέκτη αναδράσεως για τις συχνότητες 375MHz μέχρι 750 MHz , ο οποίος φυσικά χρησιμοποιούσε την κατευθυνόμενη κεραία των Yagi-Uda .

Το 1932 βραβεύεται από την Ιαπωνική Ακαδημία .

Ακόμη και μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο συνέχισε να μελετά την κεραία του και όταν το 1951 επισκέφτηκε τις Η.Π.Α. έμεινε κατάπληκτος βλέποντας στις ταράτσες των κτιρίων την κεραία που είχε τόσο μελετήσει .

Το 1954 σε συνεργασία με τον Y. Mushiake εξέδωσε ένα βιβλίο με τίτλο «Η κεραία Yagi-Uda».

Από το 1955-1958 εργάστηκε στην Ινδία για την Unesco με αντικείμενο τις επικοινωνίες με μικροκύματα .

Παρ' όλο που το 1960 συνταξιοδοτήθηκε από το Πανεπιστήμιο Tohoku , εν τούτοις δεν σταμάτησε να ασχολείται σε προσωπικό επίπεδο με την έρευνα και ειδικά με την ακτινοβολία LASER .

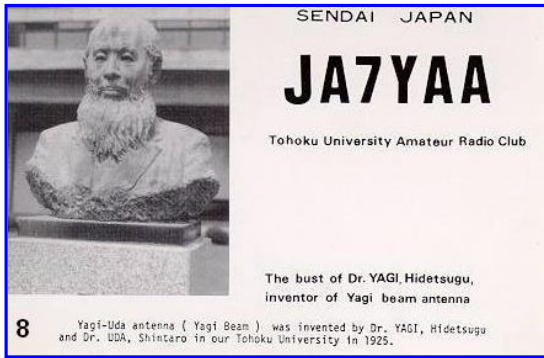
Το 1976 όμως ήταν η χρονιά που σταμάτησε το νήμα της ζωής και για τους δύο αυτούς λαμπρούς επιστήμονες , ο Hidetsugu Yagi πέθανε στις 19 Ιανουαρίου 1976 , σε ηλικία 90 ετών και ο Shintaro Uda στις 18 Αυγούστου του ίδιου έτους , σε ηλικία 80 ετών .

Μελετώντας βέβαια κάποιος την ιστορία αυτής της κεραίας , εύλογα θα μπορούσε να αναρωτηθεί , αφού ο Shintaro Uda ήταν αυτός που πρώτος την επινόησε και την μελέτησε , γιατί τελικά κατέληξε να ονομάζεται μόνο Yagi ;

Οι λόγοι που συνηγορούν σε αυτό είναι κυρίως δύο .

Ο πρώτος λόγος είναι ότι , ο Yagi λόγω της πολύ καλής γνώσης της αγγλικής γλώσσας και των συνεχών επισκέψεων του στις Η.Π.Α. , αλλά και των άρθρων και των ομιλιών που έκανε στην αγγλική , είχε σαν αποτέλεσμα να συνδέσουν το όνομά του με την κεραία . Αν και ο ίδιος σε όλες του τις ομιλίες ή γραπτές αναφορές , πάντα τόνιζε ότι τα πειράματα γι' αυτήν την κεραία έγιναν με πρωτοβουλία του Shintaro Uda .

Ο δεύτερος λόγος είναι ότι, για την κοινωνία της Ιαπωνίας εκείνη την εποχή, θεωρείτο πολύ



φυσικό και λογικό ο επικεφαλής μιας ομάδας ερευνών να δέχεται τους επαίνους, γιατί έτσι τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας πίστευαν, ότι με αυτόν τον τρόπο τιμούν τον δάσκαλο και μέντορά τους και ένοιωθαν υπερήφανοι γι' αυτό.

Οι περισσότεροι ραδιοερασιτέχνες , ειδικά στις δεκαετίες 30 και 40 , δεν έδωσαν ιδιαίτερη σημασία στην κεραία Yagi-Uda , ακόμη και το Radio Amateurs Handbook της ARRL του 1943 , αφιέρωνε μόνο 2 σελίδες για τις κατευθυνόμενες κεραίες , και αυτές τελείως πληροφοριακά .

Βέβαια το Πανεπιστήμιο Tohoku , στο οποίο γεννήθηκε η κεραία αυτή , δεν θα μπορούσε να μείνει αμέτοχο .

Έχει δικό του Amateur Radio Club , με χαρακτηριστικό κλήσεως JA7YAA (Εικόνα 8) , στο οποίο συμμετέχουν τόσο καθηγητές , όσο και φοιτητές .

Για μηχανήματα χρησιμοποιεί τα : Kenwood TS-850S , Icom IC-765S , Icom IC-751 σε συνδυασμό με τους ενισχυτές Kenwood TL-922S και Yaesu FL-2100 .

Όσο για τις κεραίες , εδώ έχουμε το βαρύ πυροβολικό (Εικόνα 9) .

Σε έναν πύργο 29 m , υπάρχει μια inverted V για τα 160 μέτρα , μια inverted V για τα 80 μέτρα και ένα sloper 3λ/4 επίσης για τα 80 μέτρα .

Σε έναν άλλο πύργο , ύψους 33 m , υπάρχει μια 4 element beam για τα 40 μέτρα , και σε άλλους τέσσερις πύργους ύψους 30 m ο καθένας , υπάρχουν αντίστοιχα , μια 6 element beam για τα 20m , μια 6 element beam για τα 15 μέτρα , μια 7 element beam για τα 10 μέτρα και 4 stacking beam 4 στοιχείων η

κάθε μια για τα 10 μέτρα .



# 8N7TU

東北大学学友会アマチュア無線部  
Tohoku University Amateur Radio Club  
Tohoku University 100th Anniversary Event Station

Αυτή την εποχή και συγκεκριμένα από την 1 Απριλίου 2007 μέχρι και τις 31 Δεκεμβρίου 2007 , το Πανεπιστήμιο λειτουργεί με το special call sign 8N7TU (Εικόνα 10), λόγω συμπλήρωσης 100 χρόνων από την ίδρυσή του .

Μια από τις μεγαλύτερες επιστημονικές ανακαλύψεις των τελευταίων 150 ετών είναι η ύπαρξη της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας .

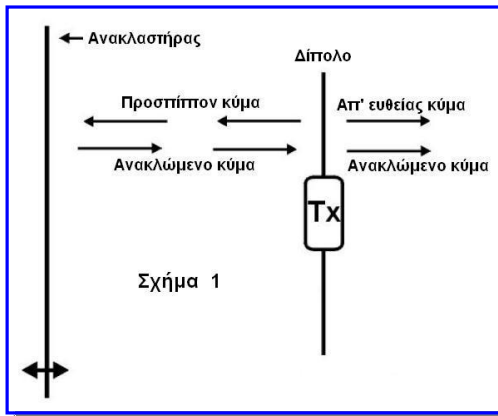
Ο Maxwell στην Αγγλία ανακαλύπτει την θεωρία , ο Marconi από την Ιταλία την επαληθεύει και οι χιλιάδες ραδιοερασιτέχνες την αποδεικνύουν καθημερινά με επικοινωνίες τεραστίων αποστάσεων .

Σήμερα οι ραδιοεπικοινωνίες δεν μένουν μόνο στην γη αλλά επεκτείνονται στο απώτερο διάστημα .

Χωρίς την εκμετάλλευση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας , ο κόσμος μας σήμερα θα ήταν τελείως διαφορετικός .

Dr Sir William Pickering , ex Z2BL

## ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ ΚΕΡΑΙΑΣ YAGI-UDA



Ένας αγωγός (σωλήνας αλουμινίου ή χάλκινο σύρμα) ορισμένου μήκους, έχει την ιδιότητα, όταν βρεθεί μέσα σε ηλεκτρομαγνητικό πεδίο κατάλληλης συχνότητας, να εκπέμπει την ακτινοβολία που δέχεται από αυτό.

Ένας τέτοιος αγωγός ονομάζεται παρασιτικό στοιχείο (parasitic element).

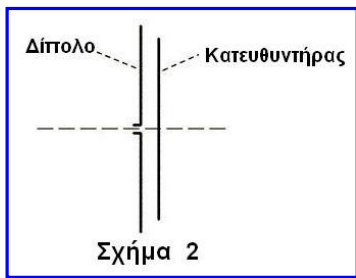
Αν λοιπόν εμείς έχουμε ένα δίπολο το οποίο εκπέμπει μια ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ορισμένης συχνότητας και τοποθετήσουμε κοντά του και παράλληλα με αυτό, έναν τέτοιο αγωγό, τότε αρχίζει να δημιουργείται το εξής φαινόμενο.

Το δίπολο εκπέμπει ακτινοβολία η οποία συλλαμβάνεται από τον αγωγό.

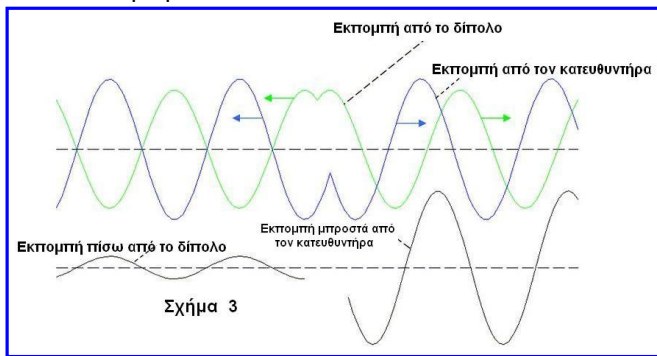
Όπως όμως αναφέραμε προηγουμένως, ο αγωγός έχει την ιδιότητα να επανεκπέμπει αυτήν την ακτινοβολία. Έτσι λοιπόν ένα μέρος αυτής της ακτινοβολίας που εκπέμπεται προς την μεριά του διπόλου, συναντά την ακτινοβολία που εκπέμπεται από το δίπολο, προστίθεται με αυτήν και ενισχύεται περισσότερο.

Αυτό βέβαια για να συμβεί θα πρέπει ο αγωγός να έχει συγκεκριμένο μήκος, περίπου 5% μεγαλύτερο του διπόλου, και να τοποθετηθεί σε ορισμένη απόσταση από αυτό. (Σχήμα 1).

Συγχρόνως δε, η ακτινοβολία που εκπέμπεται από τον αγωγό προς την αντίθετη πλευρά από αυτήν που βρίσκεται το δίπολο, έχει την ιδιότητα να αλληλοαναιρείται με την ακτινοβολία που έρχεται από

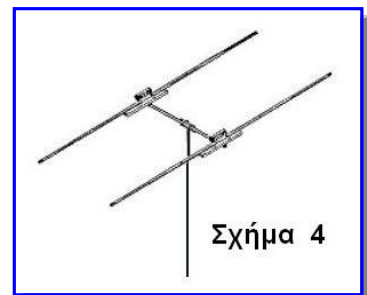


το δίπολο, να εξουδετερώνει η μια την άλλη, με αποτέλεσμα να έχουμε ελάχιστη ακτινοβολία πίσω από τον αγωγό.



Ένα παρασιτικό στοιχείο λοιπόν που έχει αυτήν την ιδιότητα και είναι συνδεδεμένο σύμφωνα με την παραπάνω διάταξη, ονομάζεται ανακλαστήρας (reflector).

Αν τώρα ελαττώσουμε το μήκος του αγωγού, περίπου 5% μικρότερο από το μήκος του διπόλου, και τον τοποθετήσουμε σε μια ορισμένη απόσταση από αυτό, τότε η ακτινοβολία που εκπέμπεται από το δίπολο φθάνει στον αγωγό και επανεκπέμπεται.



εται από αυτόν, με αποτέλεσμα να συναντά την ακτινοβολία που εκπέμπεται από το δίπολο, να προστίθεται με αυτήν και έτσι να έχουμε πάλι μια ενισχυμένη εκπομπή.

Το παρασιτικό στοιχείο στην περίπτωση αυτή λέγεται κατευθυντήρας (director) (Σχήμα 2).

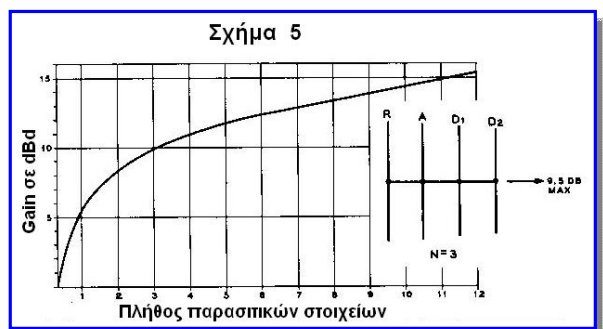
Μια κυματική παράσταση της παραπάνω λειτουργίας φαίνεται στο (Σχήμα 3).

Ένα δίπολο στο οποίο έχουμε προσθέσει έναν ανακλαστήρα ή έναν κατευθυντήρα ονομάζεται κεραία δύο στοιχείων (Two element beam antenna) (Σχήμα 4).

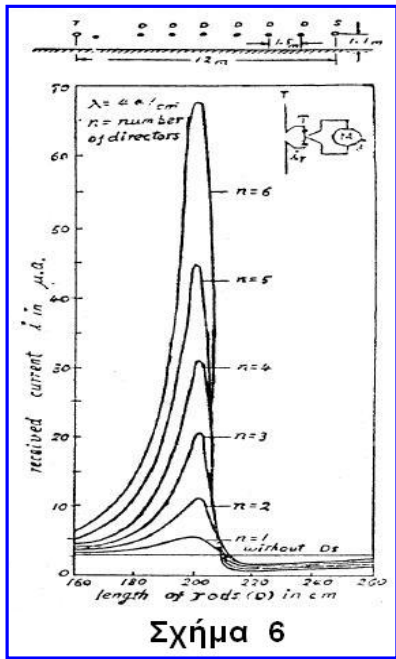
Μπορούμε βέβαια σε ένα δίπολο να προσθέσουμε, εκτός από τον ανακλαστήρα, και έναν ή περισσότερους κατευθυντήρες, οπότε η ενίσχυση που πετυχαίνουμε γίνεται πολύ μεγαλύτερη.

Βέβαια όσο πιο πολλούς κατευθυντήρες προσθέτουμε σε μια τέτοια κεραία τόσο περισσότερο αυξάνει το gain της.

Πάντως έχει παρατηρηθεί ότι από τον 12° κατευθυντήρα και μετά δεν έχουμε αξιόλογη ενίσχυση του σήματος, όπως φαίνεται άλλωστε από το (Σχήμα 5) και από το (Σχήμα 6) που είναι μια φωτογραφία που περιέχεται στο ιστορικό πλέον άρθρο του Hidetsugu Yagi με τίτλο "Beam



antenna" (Σχήμα 6) που είναι μια φωτογραφία που περιέχεται στο ιστορικό πλέον άρθρο του Hidetsugu Yagi με τίτλο "Beam



Σχήμα 6

Αυτό το αντιλαμβανόμαστε καλύτερα μελετώντας το διάγραμμα ακτινοβολίας της κεραίας, τόσο σε οριζόντιο επίπεδο (azimuth), όσο και σε κάθετο (elevation).

Όταν λοιπόν αναφερόμαστε στο πλάτος δέσμης κύριου λοβού, θα εννοούμε την γωνία εκείνη στην οποία περιέχεται ο κύριος όγκος της ακτινοβολίας της κεραίας, και που σχηματίζεται από το κέντρο του διπόλου και από δύο σημεία, γνωστά ως σημεία μισής ισχύος (Σχήμα 7).

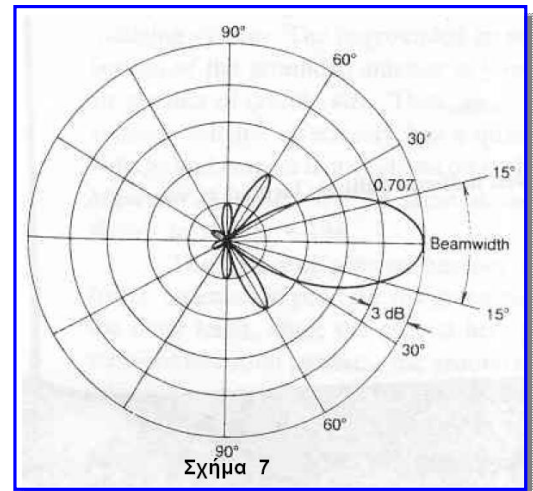
Το Beamwidth μιας κεραίας μετριέται σε μοίρες.

Όσο πιο πολλούς κατευθυντήρες έχει μια κεραία Yagi-Uda, τόσο μικρότερη θα είναι αυτή η γωνία, δηλαδή τόσο στενότερη θα είναι η δέσμη εκπομπής, άρα θα έχουμε και λιγότερους επηρεασμούς κατά την λήψη, από σταθμούς που θα βρίσκονται έξω από τον λοβό εκπομπής.

#### 4<sup>ο</sup> Αντίσταση Ακτινοβολίας (Radiation Resistance).

Για την αντίσταση ακτινοβολίας έχουμε αναφερθεί εκτενέστατα στο 5-9 report, τεύχος 70.

Για να λειτουργεί λοιπόν σωστά μια κεραία Yagi-Uda θα πρέπει αυτές οι τέσσερις βασικές παράμετροι να συνδυάζονται αρμονικά μεταξύ τους, ώστε να επιτύχουμε την καλύτερη δυνατή απόδοσή, και αυτό γιατί αν μια από αυτές τις παραμέτρους αλλάξει, επηρεάζονται αυτόματα και οι άλλες. Σε μια κεραία Yagi-Uda είναι αδύνατο να έχουμε και τους τέσσερις αυτούς παράγοντες να λειτουργούν συγχρόνως στην μέγιστη απόδοσή τους. Αν για παράδειγμα θέλουμε να πετύχουμε το μέγιστο δυνατό gain, δεν μπορούμε συγχρόνως να έχουμε και μεγάλο F/B ratio και μεγάλη αντίσταση ακτινοβολίας κλπ.



Σχήμα 7

Transmission of Ultra Short Waves", όπως δημοσιεύτηκε τον Ιούνιο του 1926 και δείχνει την σχέση μεταξύ του πλήθους των κατευθυντήρων και του gain που παρουσιάζει σε κάθε περίπτωση η κεραία.

**Σε κάθε κεραία Yagi-Uda υπάρχουν κυρίως 4 παράμετροι που καθορίζουν την λειτουργία της.**

#### 1<sup>ο</sup> Η απολαβή-κέρδος της κεραίας (Antenna Gain)

Η απολαβή μιας κεραίας, όπως ξέρουμε, μετριέται σε dBi ή σε dBd και όσο μεγαλύτερη είναι, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η απόδοση της (5-9 report, τεύχος 55).

#### 2<sup>ο</sup> Λόγος οπισθίας αποκοπής (Front to Back ratio)

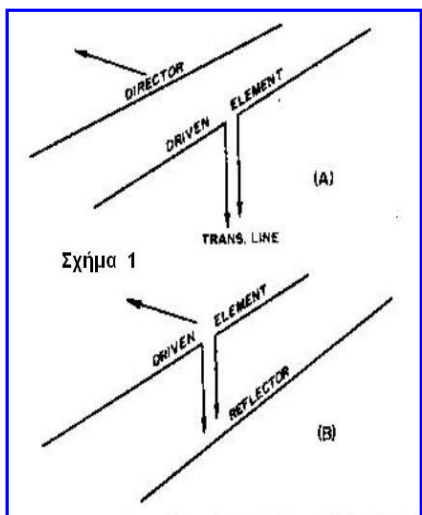
Είναι ο λόγος της ισχύος του σήματος που εμφανίζεται μπροστά από τους κατευθυντήρες προς την ισχύ του σήματος που παρουσιάζει η κεραία πίσω από τον ανακλαστήρα, και μετριέται σε dB.

Εννοείται ότι, όσο πιο μεγάλος είναι αυτός ο λόγος, τόσο ασθενέστερη θα είναι η εκπομπή και η λήψη της κεραίας από την μεριά του ανακλαστήρα.

#### 3<sup>ο</sup> Πλάτος δέσμης κύριου λοβού (Beamwidth).

Σε μια κεραία θα πρέπει να μας απασχολεί, όχι μόνον η απολαβή που μπορεί να μας προσφέρει, αλλά και το πόσο ακτινοβολεί ή δέχεται ακτινοβολίες από διάφορες διευθύνσεις.

## ΚΕΡΑΙΑ BEAM ΔΥΟ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ



Σχήμα 1

Η κεραία αυτή είναι μια κεραία Yagi-Uda, η οποία αποτελείται είτε από το οδηγό στοιχείο -δίπολο (driven element) και έναν κατευθυντήρα (director) (Σχήμα 1 A), είτε από το οδηγό στοιχείο και έναν ανακλαστήρα (reflector) (Σχήμα 1 B).

Συνήθως, στους ραδιοερασιτέχνες δημιουργείται το ερώτημα: « Ποιόν από τους δύο αυτούς τύπους πρέπει να επιλέξω;»

**Εάν κάποιος έχει έντονες παρεμβολές από ραδιοσταθμούς γειτονικών συνήθως χωρών και ενοχλείται κυρίως στην λήψη, καλόν είναι να επιλέξει τον τύπο της**

κεραίας με τον ανακλαστήρα , εάν όμως τον ενδιαφέρει περισσότερο η μεγαλύτερη απολαβή της κεραίας , πρέπει να επιλέξει τον τύπο με τον κατευθυντήρα .

Ας μελετήσουμε όμως λίγο αναλυτικότερα κάθε μια από τις παραπάνω περιπτώσεις .

## Η ΑΠΟΛΑΒΗ ΤΗΣ ΚΕΡΑΙΑΣ

Αν προσέξουμε το (Σχήμα 2) , θα παρατηρήσουμε ότι σε αυτό παρουσιάζονται δύο καμπύλες , οι οποίες μας δείχνουν την απολαβή της κεραίας , σε σχέση με την απόσταση που υπάρχει ανάμεσα στα δύο στοιχεία της .

Ας πάρουμε πρώτα την περίπτωση της κεραίας που αποτελείται από δίπολο και ανακλαστήρα .

Παρατηρώντας με προσοχή την αντίστοιχη καμπύλη , θα δούμε ότι η κεραία μας παρουσιάζει την μεγαλύτερη δυνατή απολαβή , που είναι περίπου 5,2 dBd , όταν η απόσταση μεταξύ του διπόλου και του ανακλαστήρα είναι 0,15 του  $\lambda$  , ( όπου το  $\lambda$  είναι το μήκος κύματος στο οποίο είναι συντονισμένη η κεραία ) .

Αν όμως η κεραία αποτελείται από δίπολο και κατευθυντήρα , τότε η μέγιστη απολαβή , που είναι περίπου 5,7 dBd , επιτυγχάνεται όταν η απόσταση μεταξύ διπόλου και κατευθυντήρα είναι 0,11 του  $\lambda$  .

Μελετώντας συγχρόνως τις δύο αυτές καμπύλες θα δούμε ότι στην περίπτωση της κεραίας με κατευθυντήρα , αυξάνεται η απολαβή της κατά 0,5 dBd περίπου .

**Όλα αυτά βέβαια θα συμβαίνουν εφ' όσον ο ανακλαστήρας θα έχει μήκος μεγαλύτερο του διπόλου κατά 5% περίπου , ώστε να συντονίζει σε χαμηλότερη συχνότητα από αυτήν του διπόλου , ενώ ο κατευθυντήρας να έχει μήκος μικρότερο του διπόλου κατά 5 % περίπου , ώστε να συντονίζει σε συχνότητα μεγαλύτερη από αυτήν του διπόλου .**

Όταν μεταβάλλεται η απόσταση μεταξύ των δύο παραπάνω στοιχείων , τότε , όπως ήδη έχουμε αναφέρει , δεν μεταβάλλεται μόνο η απολαβή της κεραίας , αλλά και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της , όπως η αντίσταση ακτινοβολίας , ο λόγος οπισθίας αποκοπής , το εύρος λειτουργίας της , το διάγραμμα ακτινοβολίας της κλπ.

## Η ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Η μεταβολή της αντίστασης ακτινοβολίας σε μια κεραία beam δύο στοιχείων , τόσο στην περίπτωση που αυτή αποτελείται από δίπολο και ανακλαστήρα , όσο και στην περίπτωση που αποτελείται από δίπολο και κατευθυντήρα , σε σχέση βέβαια με την απόσταση που υπάρχει ανάμεσα στα στοιχεία της , φαίνεται στο (Σχήμα 3) .

Αν προσέξουμε τις δύο καμπύλες που παρουσιάζονται στο σχήμα αυτό , θα δούμε ότι στην περίπτωση του ανακλαστήρα , γενικά πετυχαίνουμε υψηλότερες τιμές στην αντίσταση ακτινοβολίας της κεραίας σε σχέση με την περίπτωση του κατευθυντήρα .

Αυτό όμως που πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα , είναι τι συμβαίνει στην περίπτωση που η απόσταση μεταξύ των στοιχείων της , είναι αυτή που δίνει το μεγαλύτερο gain .

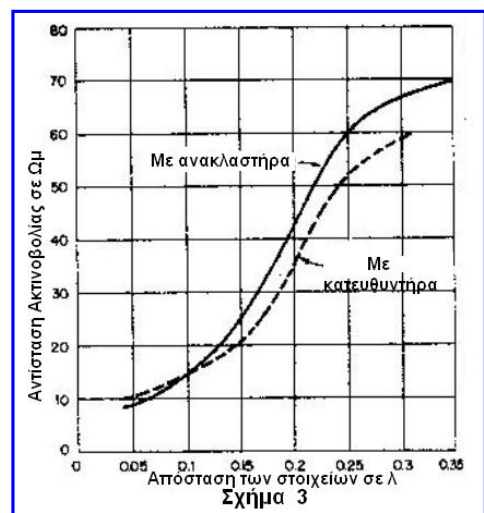
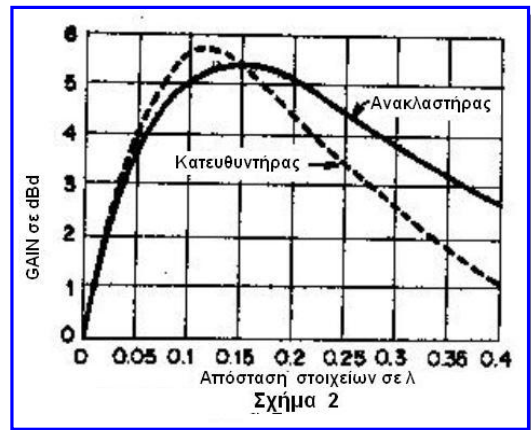
Όπως ήδη εξετάσαμε , στην περίπτωση που έχουμε δίπολο και ανακλαστήρα , μεγαλύτερη απολαβή της κεραίας θα έχουμε όταν η απόσταση μεταξύ τους είναι 0,15 του  $\lambda$  . Αν όμως παρατηρήσουμε το (Σχήμα 3) , θα δούμε ότι σε αυτήν την απόσταση η αντίσταση ακτινοβολίας της κεραίας ανέρχεται στα 25 Ωm περίπου .

Αντίστοιχα στην περίπτωση που η κεραία μας αποτελείται από δίπολο και κατευθυντήρα πετυχαίνουμε μεγαλύτερη απολαβή όταν η απόσταση μεταξύ τους είναι 0,11 του  $\lambda$  . Τότε όμως , σύμφωνα και με το (Σχήμα 3) , η αντίσταση ακτινοβολίας στο δίπολο θα πέφτει στα 15 Ωm περίπου .

Από την παραπάνω μελέτη διαπιστώνουμε ότι : **Δεν μπορούμε σε μια κεραία Yagi-Uda να έχουμε συγχρόνως και μέγιστη απολαβή και μέγιστη αντίσταση ακτινοβολίας .**

Σε αυτές τις περιπτώσεις λοιπόν , προσπαθούμε να μειώσουμε όσο το δυνατόν περισσότερο την αντίσταση απωλειών και αυτό το πετυχαίνουμε αν κατασκευάσουμε την κεραία μας χρησιμοποιώντας , αφ' ενός μεν αγωγούς υψηλής αγωγιμότητας και «μηδενικής» αντίστασης , όπως π.χ. φαρδείς σωλήνες αλουμινίου , αφ' ετέρου δε μονωτικά υλικά αρίστης ποιότητας .

Με αυτόν τον τρόπο πετυχαίνουμε μεγαλύτερη μηχανική αντοχή στην κεραία , ενώ συγχρόνως , αν τα στοιχεία της κατασκευαστούν με σωλήνες αλουμινίου που ο ένας να ολισθαίνει



μέσα στον άλλον , μπορούμε να την συντονίζουμε εύκολα και με μεγάλη ακρίβεια στην επιθυμητή συχνότητα .

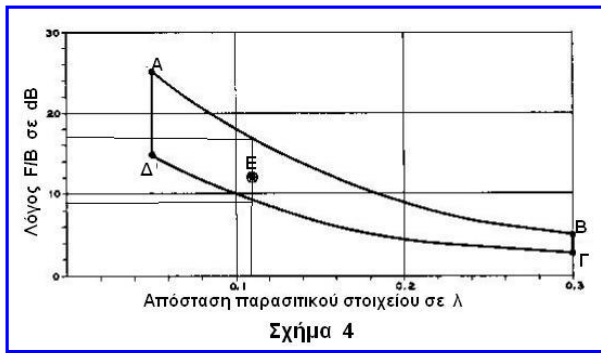
Κάτι που πρέπει ακόμη να σημειώσουμε , είναι ότι οι τιμές των ρευμάτων και των τάσεων που αναπτύσσονται πάνω στα στοιχεία μιας κεραίας Yagi-Uda , λόγω της χαμηλής αντίστασης ακτινοβολίας που παρουσιάζει , είναι πολύ μεγαλύτερες από αυτές που αναπτύσσονται σε ένα απλό δίπολο , και αυτός είναι ένας επιπλέον λόγος , ώστε οι μονωτήρες της κεραίας να είναι αρίστης ποιότητας .

## Ο ΛΟΓΟΣ ΟΠΙΣΘΙΑΣ ΑΠΟΚΟΠΗΣ

Μια σημαντική παράμετρος λειτουργίας της κεραίας Yagi-Uda , είναι και ο λόγος οπισθίας αποκοπής (Front to Back ratio ή F/B ratio).

Εδώ θα δούμε πώς μεταβάλλεται ο λόγος F/B σε μια κεραία Yagi-Uda δύο στοιχείων .

Αν παρατηρήσουμε το (Σχήμα 4) , θα δούμε ότι αποτελείται από μια περιοχή που περικλείεται από την καμπύλη ΑΒΓΔ .



Αυτή η περιοχή μας δείχνει σε ποιά όρια κυμαίνεται η μεταβολή του λόγου F/B , όταν η απόσταση μεταξύ των στοιχείων της μεταβάλλεται από 0,05 του λ , έως 0,3 του λ , σε σχέση φυσικά και με το μήκος των παρασιτικών στοιχείων της κεραίας .

Από την καμπύλη αυτή λοιπόν θα παρατηρήσουμε ότι όσο μειώνεται η απόσταση μεταξύ του παρασιτικού στοιχείου και του δίπολου , τόσο αυξάνεται ο λόγος F/B .

Ας μελετήσουμε την περίπτωση όπου η κεραία μας αποτελείται από δίπολο και κατευθυντήρα ,

όπου όπως ξέρουμε , παρουσιάζει την μέγιστη απολαβή της , που είναι 5,7 dBd , όταν η απόσταση μεταξύ των στοιχείων της είναι περίπου 0,11 του λ .

Τότε , αν μεταβάλλουμε το μήκος του κατευθυντήρα μπορούμε να πετύχουμε έναν λόγο F/B που να κυμαίνεται από 9 dB έως 17dB ( Σημείο Ε ) .

Έτσι λοιπόν , μπορούμε , αν διαθέτουμε μια κεραία που αποτελείται από δίπολο και κατευθυντήρα , μεταβάλλοντας μαζί με το μήκος τους , και την απόσταση των δύο αυτών στοιχείων , να πετύχουμε αρκετά υψηλές τιμές στον λόγο F/B .

Αποδεικνύεται μάλιστα ότι , αν η απόσταση μεταξύ δίπολου και κατευθυντήρα είναι 0,1 του λ , τότε με κατάλληλη ρύθμιση του μήκους του κατευθυντήρα μπορούμε να πετύχουμε έναν λόγο F/B της τάξης των 17 dB , και με αυτήν ακριβώς την ρύθμιση , η κεραία μας να παρουσιάζει συγχρόνως και μια απολαβή γύρω στα 4,5 dBd , αντί των 5,5 dBd που θα είχε σε αυτήν την απόσταση . Δηλαδή , με λίγα λόγια , θυσιάζοντας 1 dBd περίπου από το gain της κεραίας , μπορούμε να πετύχουμε σχετικά υψηλές τιμές στον λόγο F/B και χωρίς την χρήση ανακλαστήρα . Εννοείται βέβαια , ότι αν θέλουμε να πετύχουμε ακόμη μεγαλύτερες τιμές του λόγου F/B , θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε οπωσδήποτε ανακλαστήρα .

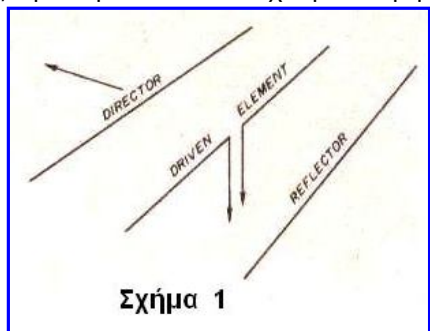
## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Βλέπουμε λοιπόν ότι στην κεραία Yagi-Uda είναι αδύνατον να πετύχουμε κάποια ρύθμιση που να μας εξασφαλίζει συγχρόνως και μέγιστη απολαβή και μέγιστη αντίσταση ακτινοβολίας και μέγιστο λόγο F/B . Ο κάθε κατασκευαστής λοιπόν , είτε είναι ο ίδιος ο ραδιοερασιτέχνης είτε κάποια εταιρεία κατασκευής κεραιών , θα πρέπει να βρεί την χρυσή τομή μεταξύ των χαρακτηριστικών της κεραίας και να τα συνδυάσει έτσι ώστε να πετύχει την βέλτιστη απόδοση , ανάλογα με τις απαιτήσεις που έχει.

## ΚΕΡΑΙΑ BEAM ΤΡΙΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Η κεραία Yagi-Uda που εξετάσαμε στα προηγούμενα , αποτελείται από δύο στοιχεία , που ήταν ή ένα δίπολο και ένας ανακλαστήρας ή ένα δίπολο και ένας κατευθυντήρας .

Σε μια όμως τέτοια κεραία , μπορούμε να προσθέσουμε και άλλα ακόμη παρασιτικά στοιχεία , προκειμένου να πετύχουμε ακόμη καλλίτερα χαρακτηριστικά .



Μια κεραία λοιπόν που αποτελείται από έναν ανακλαστήρα , ένα δίπολο και έναν κατευθυντήρα ονομάζεται κεραία beam τριών στοιχείων (Σχήμα 1) , και στις μέρες μας θεωρείται η βασίλισσα των κεραιών στον κόσμο των ραδιοερασιτεχνών (τουλάχιστον σε εκείνους τους τυχερούς που διαθέτουν τον κατάλληλο χώρο) . Τα πλεονεκτήματά της είναι σημαντικά σε σχέση με την αντίστοιχη κεραία beam των δύο στοιχείων και αυτό γιατί παρουσιάζει μεγαλύτερη απολαβή , καλλίτερο λόγο F/B , στενότερο λοβό εκπομπής κλπ.

Ας μελετήσουμε όμως πιο αναλυτικά ένα-ένα τα χαρακτηριστικά μιας τέτοιας κεραίας .



## Η ΑΠΟΛΑΒΗ ΤΗΣ ΚΕΡΑΙΑΣ

Θεωρητικά , το μεγαλύτερο gain που μπορούμε να πετύχουμε με μια κεραία beam τριών στοιχείων είναι περίπου 9dBd . Στην πράξη όμως αυτό είναι λίγο μικρότερο , και με μια πολύ καλή κατασκευή και ρύθμιση , μπορεί να φτάσει στα 8,5 dBd .

Αν προσέξουμε το (Σχήμα 2) θα δούμε ότι την μεγαλύτερη απολαβή της κεραίας αυτής την πετυχαίνουμε όταν το μήκος του boom (Ο σωλήνας πάνω στον οποίο στερεώνουμε το δίπολο και τα δύο παρασιτικά στοιχεία) , πάρει μια τιμή γύρω στα 0,36 λ (όπου λ είναι το μήκος κύματος στο οποίο είναι συντονισμένη η κεραία) .

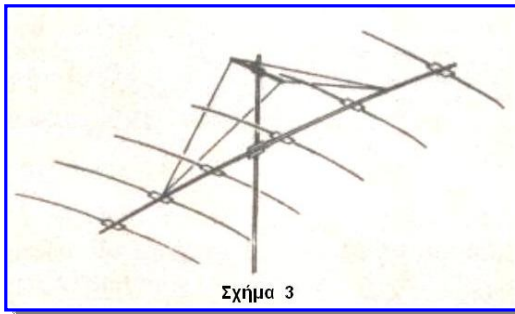
Συνήθως σε αυτές τις περιπτώσεις μισομοιράζουμε την απόσταση του ανακλαστήρα και του κατευθυντήρα από το δίπολο .

Η εμπειρία μας έχει δείξει ότι σε μια κεραία beam τριών στοιχείων η απολαβή της κυμαίνεται από 6 έως 8,5 dBd , ανάλογα με τον συντονισμό των στοιχείων της και την απόσταση που θα τοποθετηθούν αυτά από το δίπολο .

Έτσι λοιπόν , σύμφωνα με το (Σχήμα 2) , για να πετύχουμε την μεγαλύτερη δυνατή απολαβή της κεραίας μας , θα πρέπει η απόσταση τόσο του ανακλαστήρα από το δίπολο όσο και του κατευθυντήρα από το δίπολο να είναι περίπου 0,18λ .

Σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να λάβουμε υπ' όψη μας , ότι το εύρος λειτουργίας της κεραίας (bandwidth) , θα μειωθεί αισθητά .

Βέβαια , το να αναφερόμαστε θεωρητικά στο μήκος του boom και να λέμε ότι με ένα μεγάλο boom έχουμε μεγαλύτερη απολαβή , είναι μια κουβέντα , γιατί στην πράξη και ιδιαίτερα στις συχνότητες των 14 Mc/s και κάτω , τέτοιου είδους κατασκευές γίνονται θηριώδεις (ειδικά μάλιστα όταν αποτελούνται από περισσότερα παρασιτικά στοιχεία) , και απαιτούν καλλίτερα και περισσότερα στηρίγματα (Σχήμα 3) , προκειμένου να παραμένουν σταθερές , ιδίως σε περιοχές με ισχυρούς ανέμους ή σε περιοχές όπου παρουσιάζεται συχνή και έντονη χιονόπτωση , η οποία μπορεί να αποβεί μοιραία και καταστροφική σε μια τέτοια κεραία (Σχήμα 4) .



Σε αυτές τις περιπτώσεις μπορούμε να μειώσουμε το μήκος του boom , θυσιάζοντας βέβαια ένα μικρό ποσό από το gain της κεραίας .



Έτσι , για παράδειγμα , μπορούμε να μειώσουμε την απόσταση των παρασιτικών στοιχείων από το δίπολο , από τα 0,18 λ στα 0,15 λ , χάνοντας μόνο 1 dBd από το gain της κεραίας .

Μπορούμε μάλιστα , με κατάλληλο συντονισμό των στοιχείων της να μειώσουμε ακόμη περισσότερο τις παραπάνω αποστάσεις πλησιάζοντας ακόμη και το 0,1 του λ για την κάθε μια , πετυχαίνοντας μια απολαβή της τάξεως των 7 dBd .

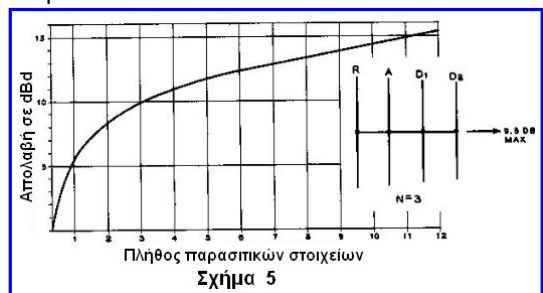
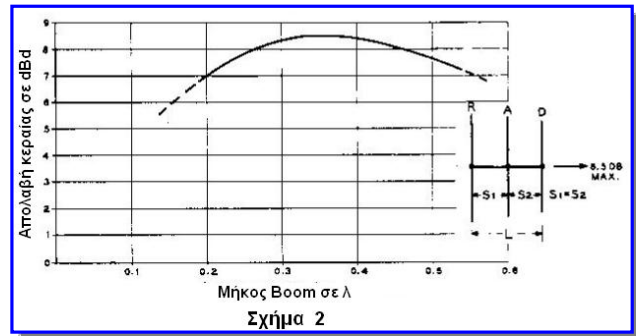
Βέβαια το να μικρύνουμε ακόμη περισσότερο αυτήν την απόσταση , δεν θα έχει νόημα γιατί τότε η κεραία μας θα χάσει αρκετό gain και στην ουσία θα λειτουργεί σαν μια κεραία beam δύο στοιχείων .

Μια κεραία Yagi-Uda με μεγάλο σχετικά boom παρουσιάζει , εκτός από την μεγαλύτερη απολαβή , και άλλα πλεονεκτήματα , όπως χαμηλότερο Q και μεγαλύτερη αντίσταση ακτινοβολίας , που σημαίνει ότι πετυχαίνουμε και καλλίτερη προσαρμογή με την γραμμή μεταφοράς , αλλά και ευκολότερο συντονισμό .

Εννοείται βέβαια ότι αν θέλουμε ακόμη μεγαλύτερη απολαβή της κεραίας μας δεν έχουμε παρά να προσθέσουμε και άλλους κατευθυντήρες .

Διπλασιάζοντας τον αριθμό των κατευθυντήρων σε μια κεραία beam , ισοδυναμεί με το να διπλασιάζουμε την ισχύ εξόδου του πομπού μας , που σημαίνει ότι διπλασιάζοντας το πλήθος των κατευθυντήρων της κεραίας αυξάνουμε την απολαβή της κατά 3 dBd περίπου (Σχήμα 5) .

Αυτό φυσικά θα ισχύει εφ' όσον αυξηθεί ανάλογα και

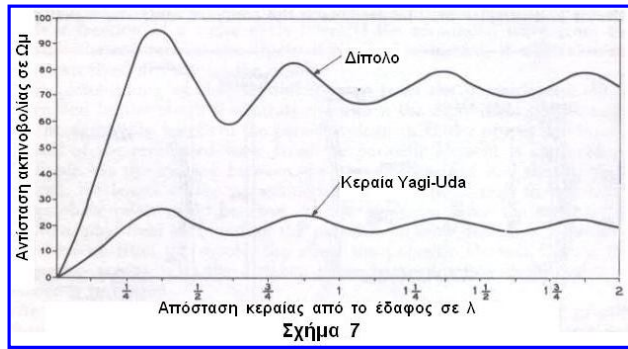


το μήκος του boom , γιατί στην αντίθετη περίπτωση , όπου προσθέτουμε κατευθυντήρες διατηρώντας μικρό το μήκος του boom , θα έχουμε ελάχιστη αύξηση του gain. Ιδιαίτερα μεγάλο πλήθος κατευθυντήρων χρησιμοποιείται σε κεραιές beam που λειτουργούν σε συχνότητες VHF και UHF , όπου τα μήκη των στοιχείων τους είναι μικρά και μπορούμε να αυξήσουμε το μήκος του boom χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα .

## Η ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Η αντίσταση ακτινοβολίας μιας κεραιάς beam τριών στοιχείων εξαρτάται κυρίως από τρεις παράγοντες, από την απόσταση μεταξύ των στοιχείων της , από τον ακριβή συντονισμό τους και από την απόσταση που βρίσκεται η κεραιά από το έδαφος .

Ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας είναι το μήκος και η απόσταση του κατευθυντήρα από το δίπολο. Είναι δε τόσο μεγάλη η επίδρασή του , που αν μεταβάλλουμε το μήκος του κατευθυντήρα από 0,48 λ σε 0,42 λ , είναι δυνατόν η αντίσταση ακτινοβολίας να αυξηθεί από 20 Ωμ στα 60 Ωμ , ενώ παράλληλα το gain της κεραιάς μειώνεται και συγχρόνως αυξάνεται το bandwidth (λόγω της μείωσης του μήκους του κατευθυντήρα) (Σχήμα 6) .



Συνήθως μια σωστά ρυθμισμένη κεραιά beam τριών στοιχείων ώστε να παρουσιάζει μέγιστο gain , με ένα μέσου μήκους boom , εμφανίζει μια αντίσταση ακτινοβολίας που κυμαίνεται από 18 έως 25 Ωμ .

Εννοείται βέβαια ότι όλα τα παραπάνω ισχύουν εφ' όσον η κεραιά μας είναι τοποθετημένη σε τέτοιο ύψος ώστε να μην επηρεάζεται από το έδαφος , γιατί όπως ήδη έχουμε πει σε προηγούμενες αναφορές η απόσταση της κεραιάς από το έδαφος επηρεάζει άμεσα την αντίσταση ακτινοβολίας της , όπως άλλωστε φαίνεται και από το (Σχήμα 7) .

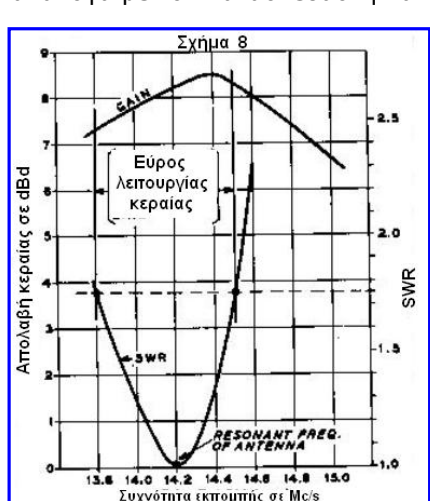
## Ο ΛΟΓΟΣ ΟΠΙΣΘΙΑΣ ΑΠΟΚΟΠΗΣ

Συνήθως ο λόγος F/B σε μια κεραιά beam τριών στοιχείων κυμαίνεται από 15 dB έως περίπου 25 dB και εξαρτάται , εκτός φυσικά από την ίδια την κατασκευή της κεραιάς , και από δύο ακόμη παράγοντες , από την απόσταση που βρίσκεται η κεραιά από το έδαφος και από τα διάφορα αντικείμενα , όπως υψηλά κτίρια ή δέντρα που βρίσκονται κοντά στην κεραιά και την επηρεάζουν . Όπως και στην περίπτωση της beam των δύο στοιχείων , έτσι και εδώ , μπορούμε θυσιάζοντας λίγο από το gain της κεραιάς να πετύχουμε αρκετά υψηλό λόγο F/B .

Γενικά , αν θέλουμε να πετύχουμε μεγάλο λόγο F/B αρκεί να μειώσουμε την απόσταση μεταξύ του κατευθυντήρα και του δίπολου , ενώ συγχρόνως να αυξήσουμε την απόσταση του ανακλαστήρα από το δίπολο . Εννοείται φυσικά , ότι όλα αυτά ισχύουν κοντά στην συχνότητα συντονισμού της κεραιάς γιατί αν αρχίζουμε να απομακρυνόμαστε από αυτήν τότε όλα τα παραπάνω δεδομένα αρχίζουν να αλλάζουν .

## ΤΟ ΕΥΡΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΚΕΡΑΙΑΣ

Όπως ήδη γνωρίζουμε , όταν λέμε εύρος λειτουργίας μιας κεραιάς (antenna bandwidth) , εννοούμε εκείνη την περιοχή των συχνοτήτων μέσα στην οποία η κεραιά μας λειτουργεί κάτω από έναν συγκεκριμένο λόγο στασίμων κυμάτων - SWR , που συνήθως κυμαίνεται από 1.5:1 μέχρι και 2:1 , ανάλογα με τον κατασκευαστή και τα επί μέρους χαρακτηριστικά της κεραιάς .



Εδώ θα πρέπει να αναφέρουμε ότι το μέγιστο gain μιας κεραιάς beam τριών στοιχείων δεν πρέπει απαραίτητα να παρουσιάζεται στην ίδια ακριβώς συχνότητα που συντονίζει η κεραιά .

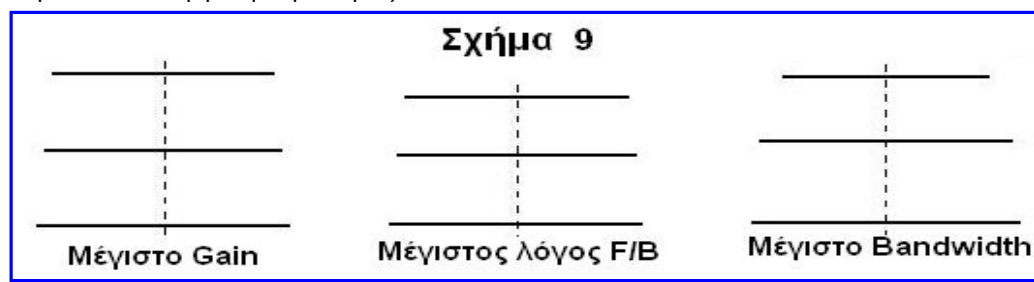
Αν προσέξουμε το (Σχήμα 8) θα παρατηρήσουμε ότι για μια κεραιά που είναι συντονισμένη στους 14,200 Mc/s με εύρος λειτουργίας περίπου 600 Kc/s και για λόγο στασίμων 1,75:1 , παρουσιάζεται μέγιστο gain στην συχνότητα 14,400 Mc/s .

Σε μια κεραιά Yagi-Uda τριών στοιχείων τα οποία έχουν μέγεθος full size και με σχετικά μεγάλο boom πετυχαίνουμε το μεγαλύτερο δυνατό εύρος λειτουργίας .

Αν όμως αρχίζουμε να μειώνουμε τις αποστάσεις αλλά και τα μήκη των στοιχείων της , προσθέτοντας σε αυτά χωρητικά ή επαγωγικά φορτία (5-9 report , τεύχος 71) , τότε μειώνεται αισθητά το εύρος λειτουργίας της κεραιάς μας .

Ιδιαίτερα στις κεραιές τύπου mini beam , το εύρος λειτουργίας τους είναι πάρα πολύ μικρό και μάλιστα μόλις αρχίζουμε να απομακρυνόμαστε από την συχνότητα συντονισμού της κεραιάς, τα στάσιμα αρχίζουν να ανεβαίνουν κατακόρυφα .

Γενικά θα πρέπει να έχουμε υπ' όψη μας ότι σε μια κεραία beam τριών στοιχείων full size , το εύρος λειτουργίας της περιορίζεται ανάμεσα στην συχνότητα συντονισμού του ανακλαστήρα και στην συχνότητα συντονισμού του κατευθυντήρα . Αυτός είναι και ένας βασικός λόγος που ο ανακλαστήρας θα πρέπει να έχει μεγαλύτερο μήκος από το δίπολο , ώστε να συντονίζεται σε συχνότητα που να βρίσκεται έξω από το κάτω άκρο της μπάντας , ενώ ο κατευθυντήρας να έχει μήκος μικρότερο του δίπολου , ώστε να συντονίζεται σε συχνότητα λίγο μεγαλύτερη από το πάνω άκρο της μπάντας που θέλουμε να λειτουργεί η κεραία μας .



## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

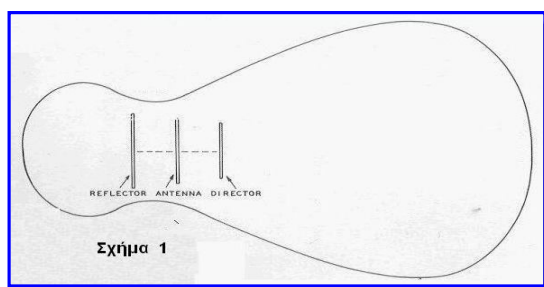
Για άλλη μια φορά διαπιστώνουμε ότι σε μια κεραία τύπου Yagi-Uda δεν μπορούμε να πετύχουμε ώστε όλα τα επί μέρους χαρακτηριστικά της να παρουσιάζουν συγχρόνως την μεγαλύτερη δυνατή απόδοση .

Ειδικά για την περίπτωση της κεραίας beam τριών στοιχείων , οι διαστάσεις της αλλάζουν ανάλογα με το αν θέλουμε να παρουσιάζει μέγιστο gain ή μέγιστο λόγο F/B ή μέγιστο bandwidth κλπ. Όπως άλλωστε φαίνεται και στο (Σχήμα 9) .

## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Όταν λέμε διάγραμμα ακτινοβολίας (Radiation pattern ή Polar diagram) μιας κεραίας , εννοούμε εκείνο το διάγραμμα , το οποίο μας δείχνει πώς λειτουργεί και πώς κατανέμει την ακτινοβολία της μια κεραία στις διάφορες κατευθύνσεις του χώρου γύρω από αυτήν .

Έτσι λοιπόν το διάγραμμα ακτινοβολίας μιας κεραίας beam τριών στοιχείων , που φαίνεται στο (Σχήμα 1) , μας δείχνει ότι την περισσότερη ενέργεια , η κεραία αυτού του τύπου , την αποδίδει κατά μήκος ενός νοητού άξονα , που είναι προέκταση του boom και προς την μεριά των κατευθυντήρων , ενώ την μικρότερη ενέργεια την εμφανίζει προς την πλευρά του ανακλαστήρα .



Γι αυτό και στην επιλογή μιας κεραίας δεν πρέπει να μας ενδιαφέρει μόνο το κέρδος που παρουσιάζει , αλλά και το πώς ακτινοβολεί ή δέχεται ακτινοβολίες και από άλλες κατευθύνσεις , και τούτο διότι , σύμφωνα με την αρχή της αμοιβαιότητας , **όσο πιο καλά εκπέμπει την ακτινοβολία μια κεραία , το ίδιο καλά και θα την λαμβάνει .**

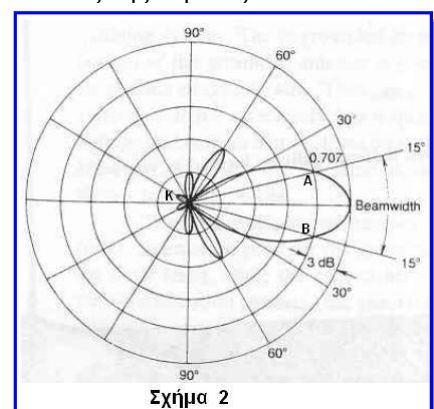
## ΕΥΡΟΣ ΔΕΣΜΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

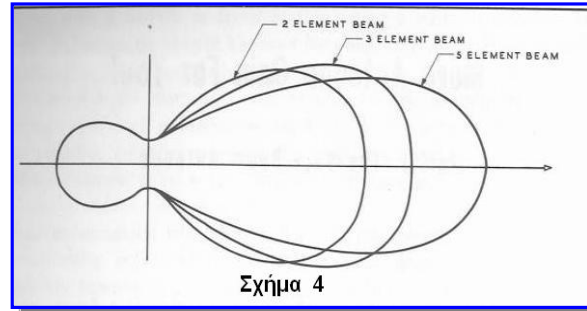
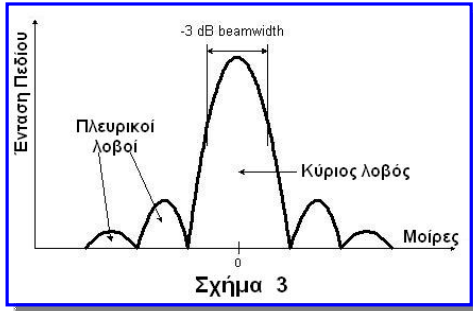
Μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή των χαρακτηριστικών μιας κεραίας , είναι και το εύρος δέσμης της ακτινοβολίας της (Beamwidth) , το οποίο μας καθορίζει πόσο και με ποιόν τρόπο κατανέμεται η ακτινοβολία της κεραίας γύρω από έναν νοητό άξονα .

Το εύρος της δέσμης ακτινοβολίας μετριέται σε μοίρες , γιατί περιγράφεται σαν μια γωνία η οποία σχηματίζεται από τα σημεία ημίσεως ισχύος και από το σημείο τροφοδοσίας της κεραίας .

Τα σημεία ημίσεως ισχύος είναι εκείνα στα οποία η ένταση του πεδίου της κεραίας μειώνεται στο 0,707 της μέγιστης τιμής της . Όπως ήδη γνωρίζουμε , μια κεραία beam παρουσιάζει ένα διάγραμμα ακτινοβολίας σαν αυτό του (Σχήματος 2) . Αν προσέξουμε το σχήμα αυτό θα παρατηρήσουμε ότι η γωνία AKB , που στο συγκεκριμένο παράδειγμα έχει άνοιγμα 30 μοίρες , ορίζεται σαν το εύρος δέσμης της συγκεκριμένης κεραίας .

Τα σημεία A και B που βρίσκονται πάνω στον κύριο λοβό ακτινοβολίας της κεραίας ονομάζονται σημεία ημίσεως ισχύος , και είναι αυτά στα οποία η ισχύς της κεραίας μειώνεται κατά 3 Db. Μια ακόμη πιο παραστατική παρουσίαση αυτών των σημείων φαίνεται και από το (Σχήμα 3) , στο οποίο εμφανίζεται η κατανομή της εκπεμπόμενης ενέργειας της κεραίας , τόσο του κύριου λοβού , όσο και των δευτερευόντων λοβών ακτινοβολίας .





Στο (Σχήμα 4) , φαίνεται πώς επιδρά στο διάγραμμα ακτινοβολίας το πλήθος των κατευθυντήρων σε μια κεραία beam δύο , τριών και πέντε στοιχείων αντίστοιχα . Γενικότερα ισχύει ότι : **όσο το κέρδος μιας κεραίας αυξάνεται , τόσο στενότερος γίνεται ο κύριος λοβός ακτινοβολίας της .**

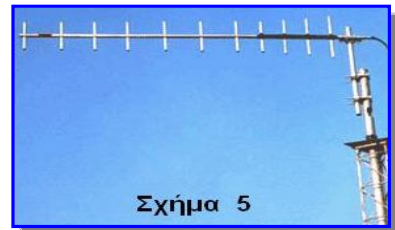
### ΠΟΛΙΚΟΤΗΤΑ ΚΕΡΑΙΑΣ

Όταν αναφερόμαστε στην πολικότητα (Polarity) μιας κεραίας , στην ουσία εννοούμε τον προσανατολισμό των κυμάτων που εκπέμπονται από αυτήν στο χώρο , και για να είμαστε πιο ακριβείς, όταν λέμε πολικότητα εννοούμε την παράμετρο εκείνη που προσδιορίζει τον προσανατολισμό στον χώρο του ηλεκτρικού πεδίου του εκπεμπόμενου ηλεκτρομαγνητικού κύματος . Άρα **η πολικότητα μιας κεραίας καθορίζεται από την πολικότητα του εκπεμπόμενου ηλεκτρομαγνητικού κύματος .**

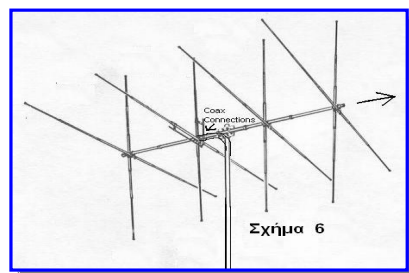
Αν λοιπόν η διεύθυνση του εκπεμπόμενου ηλεκτρικού πεδίου είναι κάθετη , τότε η κεραία εμφανίζεται κάθετα πολωμένη , ενώ αν η διεύθυνση του ηλεκτρικού πεδίου είναι οριζόντια , η κεραία χαρακτηρίζεται ως οριζόντια πολωμένη .

Οι κεραίες που είναι vertical , οι ground plane και γενικά αυτές που έχουν το δίπολό τους τοποθετημένο κάθετα , είναι κάθετα πολωμένες .

Μια κεραία Yagi-Uda υπολογισμένη να λειτουργεί σε συχνότητες HF είναι δύσκολο να τοποθετηθεί κάθετα , γι αυτό και στις συχνότητες αυτές , όλες σχεδόν οι κεραίες αυτού του τύπου τοποθετούνται οριζόντια. Εκεί που μπορούμε να εκμεταλλευτούμε την κάθετη πόλωση , είναι στις συχνότητες VHF και UHF , όπου οι κεραίες Yagi-Uda , λόγω των μικρών διαστάσεών τους , μπορούν εύκολα να τοποθετηθούν κάθετα (Σχήμα 5) .



Το πλεονέκτημα που παρουσιάζει μια κεραία κάθετα πολωμένη είναι ότι εμφανίζει μικρή γωνία εκπομπής , πράγμα που έχει σαν αποτέλεσμα να πετυχαίνει κανείς εύκολα επαφές DX .



Μπορούμε μάλιστα αν θέλουμε , στην συχνότητα των VHF ή UHF, να χρησιμοποιήσουμε το ίδιο boom και πάνω σε αυτό να τοποθετήσουμε δύο ίδιες κεραίες που να είναι κάθετες μεταξύ τους (Σχήμα 6) .Εννοείται βέβαια ότι σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε ξεχωριστές καθόδους για κάθε μια από αυτές , και στο shack , με έναν κατάλληλο διακόπτη να επιλέγουμε την μια από τις δύο κεραίες . Έτσι μπορούμε εύκολα να γυρνάμε από την οριζόντια πόλωση στην κάθετη και αντίστροφα .

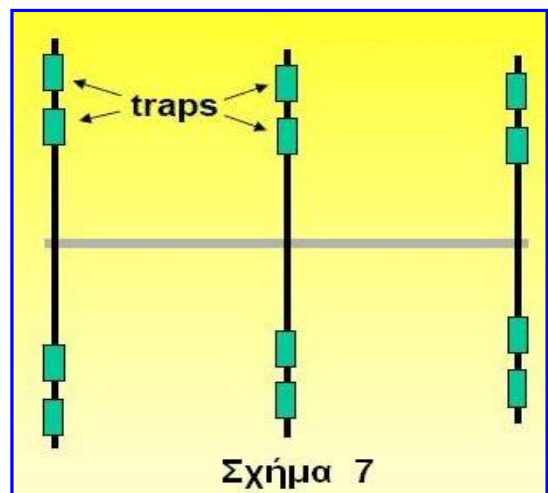
### MULTIBAND ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Μια κεραία beam , ανεξάρτητα με το πόσα στοιχεία έχει , γίνεται πιο χρηστική αν μπορεί να εκπέμψει και σε άλλες μπάντες .

Για να το πετύχουμε αυτό υπάρχουν βασικά δύο μέθοδοι .

#### 1<sup>η</sup> Μέθοδος :

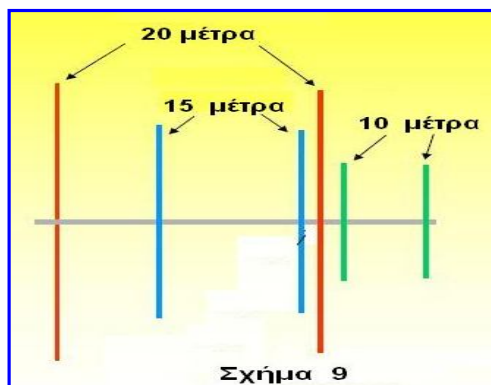
Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή η multiband λειτουργία της κεραίας επιτυγχάνεται με την χρήση traps . Σε αυτή την περίπτωση όλα τα στοιχεία μιας κεραίας beam , είναι εφοδιασμένα με traps τα οποία είναι συντονισμένα στις συχνότητες που θέλουμε να λειτουργεί η κεραία , και τοποθετούνται όπως δείχνει το (Σχήμα 7) .



Η μέθοδος αυτή , παρ' όλο που τα traps έχουν κάποιες απώλειες , έχει καταφέρει να κυριαρχήσει σε όλες σχεδόν τις μεγάλες κατασκευάστριες εταιρείες κεραιών , και οι κεραιές τύπου Yagi-Uda , κυρίως τριών στοιχείων με traps , να προτιμώνται από όλους τους ραδιοερασιτέχνες , που τουλάχιστον έχουν τον κατάλληλο χώρο για την τοποθέτησή τους (Σχήμα 8)

## 2<sup>η</sup> Μέθοδος :

Την μέθοδο αυτή προτιμούν οι πιο απαιτητικοί ραδιοερασιτέχνες και βασίζεται στην τοποθέτηση στο ίδιο boom δύο ή τριών διαφορετικών κεραιών τύπου beam , χωρίς όμως να χρησιμοποιούνται traps , όπως φαίνεται και στο (Σχήμα 9) .



Σε αυτή την περίπτωση , το κέρδος που αποκομίζει ο ραδιοερασιτέχνης , είναι κυρίως , ότι αποφεύγει τις απώλειες που δημιουργούν τα traps , με το αντιστάθμισμα όμως , ότι έχει να αντιμετωπίσει ένα αρκετά υψηλό κόστος κατασκευής και τοποθέτησης , ιδιαίτερα όταν πρόκειται για κεραιές που θα χρησιμοποιηθούν σε συχνότητες HF , και αυτό γιατί με την μέθοδο αυτή , η κεραία αποκτά μεγάλες διαστάσεις και χρειάζεται πολύ καλά στερεώματα για να αντέχει σε δύσκολες καιρικές συνθήκες .

Το πρόβλημα βέβαια αυτό δεν υφίσταται όταν οι κεραιές πρόκειται να

λειτουργούν σε συχνότητες VHF και UHF (Σχήμα 10) , και μάλιστα θα μπορούσε να πει κανείς ότι σε ορισμένες περιπτώσεις επιβάλλεται κιόλας , όπως π.χ. στην περίπτωση που θέλουμε να κάνουμε επαφές μέσω δορυφόρου χρησιμοποιώντας μια τέτοια απλή φορητή κεραία .

Πάντως , οι λίγοι τυχεροί που έχουν τον κατάλληλο χώρο (μάλλον χωράφι) αλλά και την οικονομική ευχέρεια , να αποκτήσουν μια κεραία HF αυτού του τύπου, θα δουν τον πομποδέκτη τους , στην κυριολεξία να ζωντανεύει και θα επικοινωνούν με σταθμούς που θα ήταν αδύνατο να ακουστούν με μια απλή κεραία , όπως ο φίλος μας Gedas - W8BYA , που με την βοήθεια του Jack - K8MA , έστησαν αυτήν την θηριώδη αλλά συγχρόνως και ονειρώδη κεραία , όπως άλλωστε φαίνεται και από την παρακάτω φωτογραφία .



## ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ

Όπως ήδη αναφέραμε στα προηγούμενα , μια κεραία Yagi-Uda παρουσιάζει στο σημείο τροφοδοσίας της μια αντίσταση ακτινοβολίας που κειμένεται συνήθως από 8 Ωμ έως 30 Ωμ , ανάλογα βέβαια με την απόσταση που έχει τοποθετηθεί ο ανακλαστήρας και ο κατευθυντήρας από το δίπολο .

Έτσι λοιπόν , ενώ ένα απλό δίπολο  $\lambda/2$  παρουσιάζει στο μέσον του μια αντίσταση περίπου 72 Ωμ , μόλις αρχίζουμε να του προσθέτουμε τον ανακλαστήρα και τον κατευθυντήρα , τότε αυτή αρχίζει να μειώνεται και πλησιάζει τα επίπεδα που αναφέραμε προηγουμένως .

Προκειμένου λοιπόν να προσαρμόσουμε αυτήν την χαρακτηριστική αντίσταση με την γραμμή μεταφοράς , που είναι 50 Ωμ , μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε οποιαδήποτε από τις μεθόδους που ήδη έχουμε περιγράψει στα τεύχη 57 , 58 και 59 του 5-9 report .

Στην περίπτωση μάλιστα που η κεραία μας λειτουργεί μόνο σε μια μπάντα , τότε η προσαρμογή της με την γραμμή μεταφοράς γίνεται πολύ πιο εύκολα .

### ΜΕΘΟΔΟΣ GAMMA MATCH

Η προσαρμογή αυτού του τύπου φαίνεται στο (Σχήμα 1) . Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι το οδηγό στοιχείο της κεραίας δεν αποτελείται από δύο ξεχωριστά τμήματα μήκους  $\lambda/4$  το καθένα , όπως συμβαίνει στο απλό δίπολο , αλλά αποτελείται από ένα μόνο τμήμα μήκους  $\lambda/2$  , στο μέσον του οποίου συνδέεται η θωράκιση του coaxial της γραμμής μεταφοράς .

Το βασικό μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ο πυκνωτής C , ο οποίος πρέπει να

κατασκευαστεί κατά τέτοιον τρόπο ώστε να προστατεύεται άριστα από τις καιρικές συνθήκες και την υγρασία , πράγμα που σημαίνει ότι πρέπει να τοποθετηθεί μέσα σε ένα ειδικό , μη αγωγίμο κουτί , ώστε να είναι τελείως μονωμένος από το εξωτερικό περιβάλλον .

Για όποιον λοιπόν ενδιαφέρεται να κατασκευάσει μια τέτοια μέθοδο προσαρμογής , θα πρέπει να υπολογίσει τις αποστάσεις A , B , L και τον πυκνωτή C , σύμφωνα με τους παρακάτω τύπους :

$$\text{Μήκος } L = 14250/F$$

$$\text{Μήκος } A = 1349,1/F$$

$$\text{Μήκος } B = 209,9/F$$

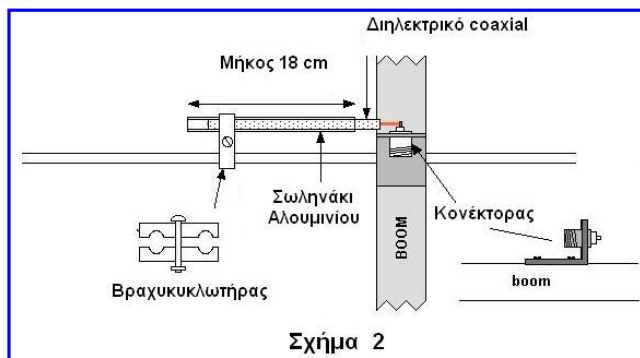
$$\text{Πυκνωτής } C \text{ (σε pF)} = 2099/F$$

(Όπου F είναι η συχνότητα λειτουργίας της κεραίας σε MHz . Όλα τα παραπάνω μήκη εκφράζονται σε cm ) .

Προκειμένου λοιπόν να αποφύγουμε την προβληματική τοποθέτηση του παραπάνω πυκνωτή , μπορούμε να τον αντικαταστήσουμε με ένα σωληνάκι αλουμινίου , μέσα στο οποίο θα τοποθετήσουμε το διηλεκτρικό μαζί με την ψίχα ενός coaxial RG-213 , αφού βέβαια πρώτα θα έχουμε αφαιρέσει το εξωτερικό μαύρο περίβλημα καθώς και την θωράκιση του coaxial .

Η εσωτερική διάμετρος που έχει το σωληνάκι αλουμινίου , θα πρέπει να είναι τέτοια , ώστε να ολισθαίνει ομαλά (όχι πολύ σφιχτά) μέσα σε αυτό το απογυμνωμένο coaxial .

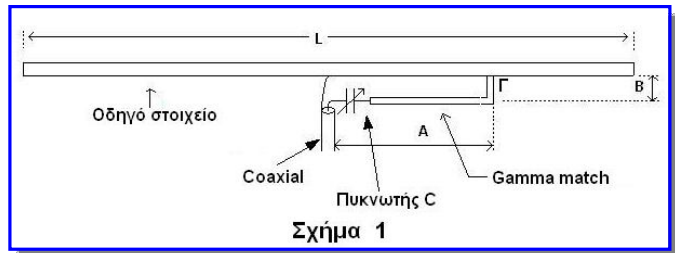
Μια τέτοια συνδεσμολογία Gamma match , για μια κεραία Yagi-Uda , συντονισμένη στους 145 Mc/s , φαίνεται στο (Σχήμα 2) .



μήκους του (για την ακρίβεια είναι 1,0105pF/cm) , άρα μπορούμε εύκολα να υπολογίσουμε την χωρητικότητά του και το μήκος του .

### ΤΡΟΠΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ GAMMA MATCH

Για να αντιληφθούμε καλλίτερα πώς λειτουργεί θεωρητικά αυτή η μέθοδος προσαρμογής , θα πρέπει να αναφερθούμε με όσο πιο απλά λόγια γίνεται στον τρόπο λειτουργίας του gamma match .



Ο συντονισμός επιτυγχάνεται με την κατάλληλη μετακίνηση και τοποθέτηση του βραχυκυκλωτήρα , καθώς και του αλουμινένιου σωληνακιού που ολισθαίνει κατά μήκος του διηλεκτρικού του coaxial . Στην ουσία δηλαδή έχουμε αντικαταστήσει τον πυκνωτή με ένα κομμάτι καλωδίου coaxial .

Προτιμούμε την χρήση του RG-213 στην περίπτωση αυτή , αφ' ενός μεν γιατί είναι εύκολο να το προμηθευτούμε , αφ' ετέρου δε , γιατί παρουσιάζει μια χωρητικότητα που είναι περίπου 1 pF για κάθε 1 cm του

Όπως γνωρίζουμε (5-9 report ,τεύχος 67) , η σύνθετη αντίσταση που παρουσιάζει μια κεραία στο σημείο τροφοδοσίας της εκφράζεται με έναν μιγαδικό αριθμό της μορφής  $Z=R+jX$  ή  $Z=R-jX$  . όπου το R είναι η αντίσταση ακτινοβολίας της κεραίας και το X είναι η συνολική αντίδραση , επαγωγική ή χωρητική που παρουσιάζει η κεραία (5-9 report,τεύχος 70) . Αν μάλιστα έχουμε  $R+jX$  σημαίνει ότι η κεραία παρουσιάζει στο σημείο τροφοδοσίας της μια επαγωγική αντίδραση , ενώ αν έχουμε  $R-jX$  σημαίνει ότι παρουσιάζει χωρητική αντίδραση .

Πώς όμως μπορούμε να υπολογίσουμε αυτό το R και το X ;

Κατ' αρχήν , αν κάποιος ενδιαφέρεται να κατασκευάζει μόνος του διάφορες κεραίες , θα πρέπει να μην αρκείται στην κατασκευή τους , χρησιμοποιώντας μόνο τους κατάλληλους μαθηματικούς τύπους για τον υπολογισμό τους .

Για να έχει μια πλήρη εικόνα λειτουργίας της κεραίας και να πετύχει έναν σωστό συντονισμό , θα πρέπει να είναι εφοδιασμένος με κατάλληλα όργανα μέτρησης , όπως γέφυρες SWR , Antenna Analyzer (Σχήμα 3) , μετρητές εντάσεως πεδίου κλπ.

Έτσι λοιπόν , τα παραπάνω μεγέθη R και X που αναφέραμε μπορούν να υπολογιστούν μόνο με ειδικό Antenna Analyzer.

Ας υποθέσουμε λοιπόν ότι μετράμε την αντίσταση μιας κεραίας Yagi-Uda με μια τέτοια συσκευή και βρίσκουμε ότι είναι π.χ.  $Z=30+j15$  .

Αυτό σημαίνει ότι θεωρητικά η κεραία μας παρουσιάζει μια αντίσταση ακτινοβολίας 30 Ωμ και μια επαγωγική αντίδραση 15 Ωμ . Άρα η σύνθετη αντίσταση που θα παρουσιάζει η συγκεκριμένη κεραία θα είναι :

$$\sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{900 + 225} = \sqrt{1125} = 33,54 \Omega\mu$$

Που σημαίνει ότι αν την τροφοδοτούσαμε με μια γραμμή μεταφοράς 50 Ωμ , θα είχαμε ένα λόγο στασίμων περίπου  $50:33,54=1,5:1$  .

Για να τροφοδοτήσουμε λοιπόν σωστά αυτή την κεραία με μια γραμμή μεταφοράς 50 Ωμ και να έχουμε στάσιμα 1:1 , θα πρέπει να πετύχουμε δύο πράγματα :

Το πρώτο είναι να μετατρέψουμε τα 30 Ωμ σε 50 Ωμ . Αυτό το πετυχαίνουμε μετακινώντας το σημείο Γ πάνω στο οδηγό στοιχείο (Σχήμα 1) ή μετακινώντας τον βραχυκυκλωτήρα του gamma match (Σχήμα 2). Το δεύτερο είναι να εξαφανίσουμε την επαγωγική αντίδραση των 15 Ωμ , και ο μόνος τρόπος για να γίνει αυτό είναι να προσθέσουμε μια χωρητική αντίδραση επίσης 15 Ωμ , δηλαδή να προσθέσουμε το  $-j15$  , και αυτό γιατί  $Z=50+j15-j15=50\Omega\mu$  .

Αυτή λοιπόν την χωρητική αντίδραση που πρέπει να προσθέσουμε , την δημιουργούμε με την προσθήκη του πυκνωτή του gamma match .

Έτσι λοιπόν στην συγκεκριμένη συχνότητα λειτουργίας της κεραίας , εμείς θα πρέπει να αυξήσουμε την αντίσταση ακτινοβολίας της και συγχρόνως να εξαλείψουμε οποιαδήποτε αντίδραση παρουσιαστεί είτε είναι χωρητική είτε είναι επαγωγική . Με αυτόν τον τρόπο εκπέμπουμε όλη την ισχύ που φτάνει στην κεραία , η οποία βέβαια σε αυτή την περίπτωση θα έχει άριστη προσαρμογή και θα παρουσιάζει στάσιμα 1:1 .

Αν όμως μετακινηθούμε από αυτήν την συχνότητα και αρχίσουμε να εκπέμπουμε κοντά μεν αλλά όχι ακριβώς στην συχνότητα λειτουργίας της κεραίας , τότε αρχίζει πάλι να εμφανίζεται κάποια αντίδραση χωρητική ή επαγωγική που θα έχει σαν αποτέλεσμα να μας ανεβάζει πάλι τα στάσιμα .

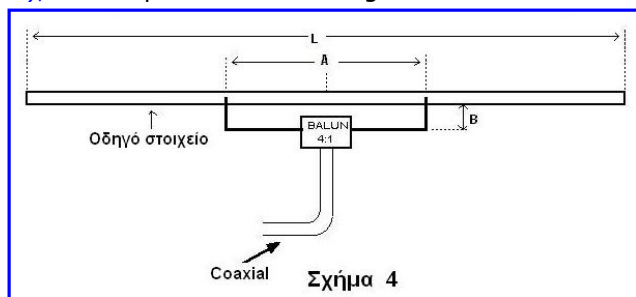
Να γιατί όλες οι κεραίες έχουν μια βέλτιστη απόδοση σε μια συγκεκριμένη συχνότητα .



## T - MATCH

Το σύστημα gamma match που περιγράψαμε είναι μια ασύμμετρη προσαρμογή (unbalanced) , που έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργεί μια ελάχιστη παραμόρφωση στο διάγραμμα ακτινοβολίας της κεραίας.

Προκειμένου να το αποφύγουμε αυτό μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο T-Match (Σχήμα 4), που στην ουσία είναι δύο gamma match τοποθετημένα συμμετρικά σε κάθε σκέλος του οδηγού



στοιχείου. Σε μια συνδεσμολογία αυτού του τύπου είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί balun , τόσο για την σωστή προσαρμογή της ασύμμετρης γραμμής μεταφοράς με το συμμετρικό σημείο τροφοδοσίας της κεραίας , όσο και γιατί εμφανίζεται μεγάλη αντίσταση στο κέντρο του T-match .

Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου προσαρμογής είναι ότι γίνεται δύσκολος ο συντονισμός της κεραίας . Προκειμένου

λοιπόν να ξεπεράσουμε το πρόβλημα αυτό χρησιμοποιούμε μια άλλη μέθοδο , που λέγεται hairpin match .

## HAIRPIN MATCH

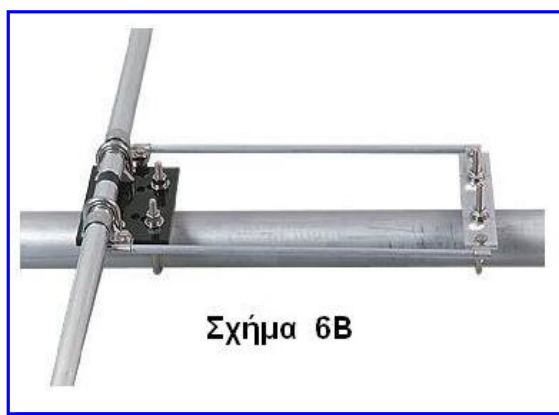
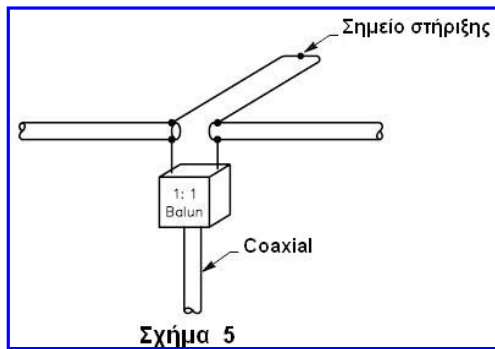
Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται ευρύτατα τα τελευταία χρόνια , τόσο σε κεραίες HF , όσο και σε VHF (Σχήμα 5) .

Η απλότητά της , τόσο στην κατασκευή όσο και στον συντονισμό , είχε σαν αποτέλεσμα να υιοθετηθεί από πολλούς μεγάλους κατασκευαστές κεραιών , όπως η Hy Gain ο Τοππα κλπ. Ειδικά η Hy Gain που την βελτίωσε τοποθετώντας της ένα ειδικό στήριγμα , την ονόμασε Beta Match .

Το hairpin match στην ουσία είναι ένα stub κλειστού τύπου , και εάν χρησιμοποιηθεί για γραμμή μεταφοράς coaxial 50 Ωμ , θα πρέπει οπωσδήποτε να τοποθετηθεί ένα balun ανάμεσα στην γραμμή μεταφοράς και στο hairpin match , ούτως ώστε να προσαρμόζεται σωστά η ασύμμετρη γραμμή μεταφοράς , που είναι το coaxial , με το συμμετρικό σημείο τροφοδοσίας της κεραίας .

Όσον αφορά την λειτουργία του , επειδή το hairpin match παρουσιάζει επαγωγική αντίδραση , βοηθάει στο να εξαλείφει την χωρητική αντίδραση που ενδεχομένως να παρουσιάζει η κεραία , ακριβώς με τον ίδιο τρόπο που περιγράψαμε και στην περίπτωση του gamma match .

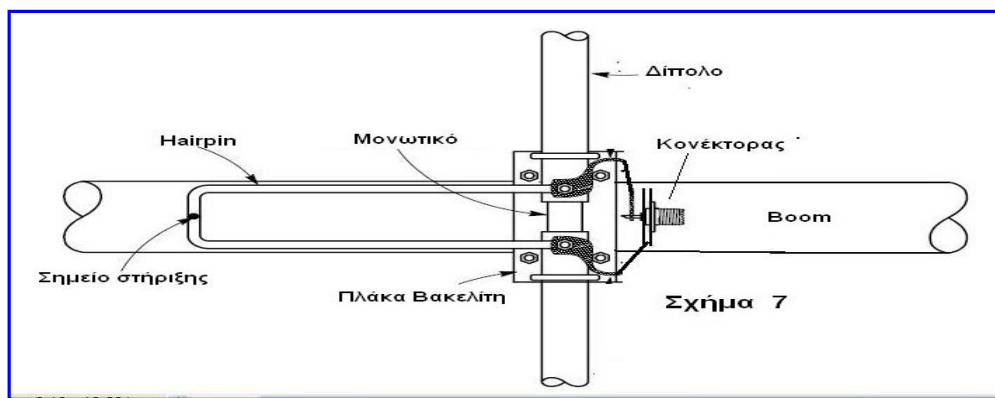
Ειδικά για κεραίες HF τύπου Yagi-Uda , κυκλοφορούν στο εμπόριο έτοιμα hairpin match , όπως αυτό της DX Engineering (Σχήματα 6A και 6B) .



Η ρύθμιση του γίνεται πάρα πολύ εύκολα , μετακινώντας απλώς τον βραχυκυκλωτήρα κατά μήκος των δύο σκελών του μέχρις ότου τα στάσιμα να γίνουν 1:1 .

Για τις κεραίες Yagi-Uda που λειτουργούν σε συχνότητες VHF , μπορούμε να το κατασκευάσουμε και να το συντονίσουμε πρακτικά με τον εξής τρόπο :

Παίρνουμε ένα σωληνάκι αλουμινίου διαμέτρου 4 mm περίπου και το συνδέουμε στα άκρα του διπόλου , αφού πρώτα του έχουμε δώσει ένα σχήμα Π , όπως στο (Σχήμα 7) .

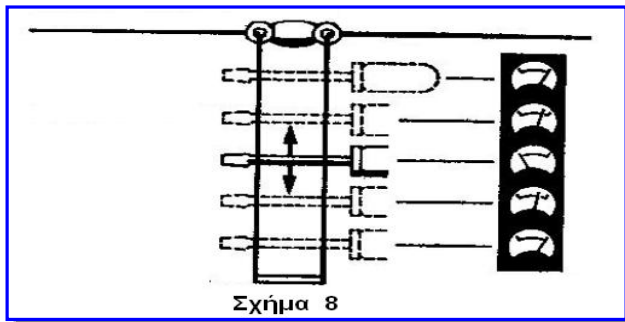


Τα δύο σκέλη του Π απέχουν μεταξύ τους μια απόσταση περίπου 5 cm .

Αφού συναρμολογήσουμε όλη την κεραία , την τοποθετούμε σε ένα τέτοιο ύψος , ώστε να την φτάνουμε εύκολα με το χέρι .

Ανοίγουμε τον πομπό ώστε να εκπέμπει με χαμηλή ισχύ , και κρατώντας ένα χοντρό κατσαβίδι βραχυκυκλώνουμε τα δύο σκέλη του Π , ενώ συγχρόνως παρατηρούμε τα στάσιμα .





Μετακινώντας το κατσαβίδι και κρατώντας το συνεχώς σε επαφή με τα δύο σκέλη του Π (Σχήμα 8), θα βρούμε κάποιο σημείο όπου τα στάσιμα θα είναι 1:1.

Εκεί βάζουμε ένα σημάδι και τοποθετούμε τον βραχυκυκλωτήρα του hairpin match. Όταν στην συνέχεια ανεβάσουμε την κεραία στον ιστό της, ίσως να χρειαστεί ακόμη κάποια μικρορύθμιση του βραχυκυκλωτήρα.

Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να συντονίσουμε εύκολα, γρήγορα και απλά

οποιαδήποτε κεραία VHF τύπου Yagi-Uda που χρησιμοποιεί σαν προσαρμογή την μέθοδο του hairpin match.

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Οι μέθοδοι προσαρμογής μιας κεραίας με την γραμμή μεταφοράς είναι πάρα πολλές, όπως άλλωστε τις περιγράψαμε σε προηγούμενα τεύχη του 5-9 report.

Εμείς εδώ αναφέραμε αυτές που χρησιμοποιούνται περισσότερο, τόσο από τους ραδιοερασιτέχνες όσο και από τις εταιρίες κατασκευής ερασιτεχνικών κεραιών τύπου Yagi-Uda. Ο καθένας από εμάς βέβαια μπορεί να χρησιμοποιήσει όποια μέθοδο πιστεύει ότι ταιριάζει καλύτερα στην δική του κατασκευή.

Το μόνο που χρειάζεται είναι μεράκι, προσπάθεια, υπομονή και μελέτη.

Όταν όμως θα τελειώσει με επιτυχία την κατασκευή του και διαπιστώσει ότι λειτουργεί άψογα, αυτό θα είναι και η μεγαλύτερη ικανοποίηση και ανταμοιβή που θα εισπράξει.

Στο σημείο αυτό θεωρώ αρκετά χρήσιμο να σας παρουσιάσω έναν πίνακα με τις διαστάσεις που μπορεί να έχει μια κεραία τύπου Yagi-Uda, μέχρι 15 στοιχείων, όπως δημοσιεύτηκε το 1968 στο National Bureau of Standards από τον P. Viezbicke, με τίτλο "Yagi Antenna Design".

Όλες οι διαστάσεις εκφράζονται σε μήκη κύματος λ.

Η διάμετρος όλων των στοιχείων της είναι  $D=0,0085\lambda$ .

$d=0.0085 \lambda$		<b>Boom Length of Yagi-Uda Array (in <math>\lambda</math>)</b>					
$SR=0.2 \lambda$							
		0.4	0.8	1.2	2.2	3.2	4.2
R		0.482	0.482	0.482	0.482	0.482	0.475
D1		0.442	0.428	0.428	0.432	0.428	0.424
D2			0.424	0.420	0.415	0.420	0.424
D3			0.428	0.420	0.407	0.407	0.420
D4				0.428	0.398	0.398	0.407
D5					0.390	0.394	0.403
D6					0.390	0.390	0.398
D7					0.390	0.386	0.394
D8					0.390	0.386	0.390
D9					0.398	0.386	0.390
D10					0.407	0.386	0.390
D11						0.386	0.390
D12						0.386	0.390
D13						0.386	0.390
D14						0.386	
D15						0.386	
Spacing between directors, (SD/ $\lambda$ )		0.20	0.20	0.25	0.20	0.20	0.308
Gain (dB)		9.25	11.35	12.35	14.40	15.55	16.35

Ο πίνακας αυτός αποτελεί μια καλή αρχή για να ξεκινήσει κανείς την κατασκευή μιας κεραίας beam τύπου Yagi-Uda σε οποιαδήποτε συχνότητα HF ή VHF