



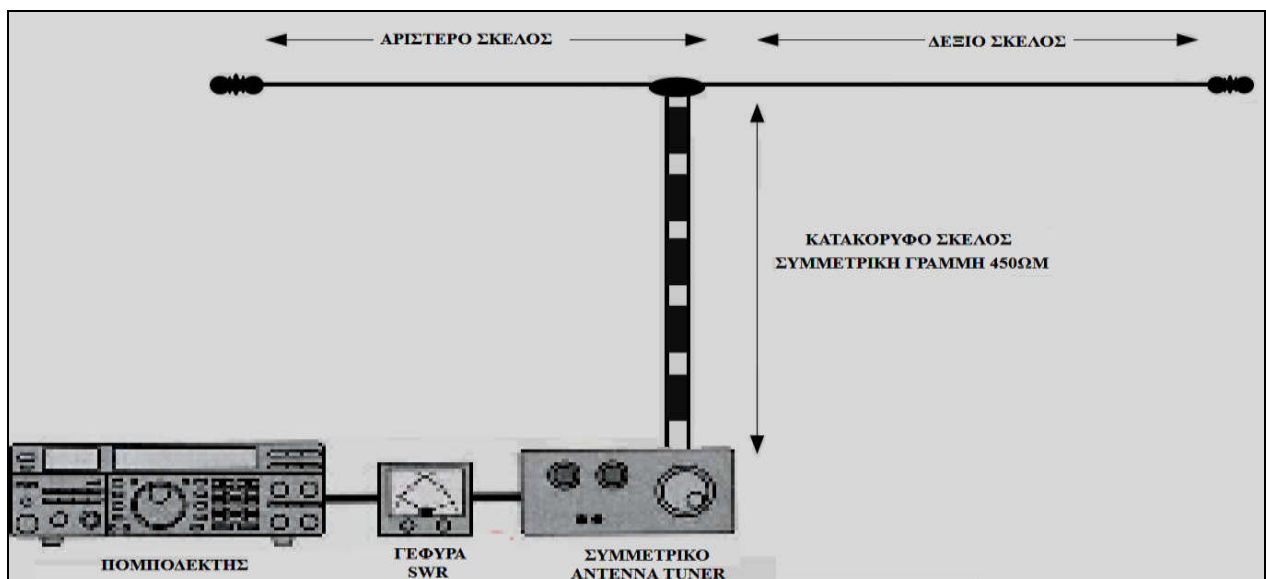
DOUBLET ANTENNA

Η περίφημη Doublet Antenna ή η κεραία των φτωχών!!!

Γράφει ο SV1NK
Μάκης Μανωλάτος
sv1nk@hotmail.com

Λίγη ιστορία!

Δεν είναι ακριβής ημερομηνία που η κεραία Doublet έκανε την εμφάνισή της. Τοποθετείται κάπου μέσα στο 1924. Τα πρώτα «πειράματα» με την Doublet έγιναν έχοντας συνολικό μήκος 15,14m και «καθαρό» ύψος 3m επάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Αργότερα η κεραία τροποποιήθηκε με την προσθήκη ενός κάθετου τμήματος από ανοιχτή - συμμετρική γραμμή μήκους 10,56m. Για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα αμέσως μετά τον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλη έκταση και με αρκετή επιτυχία από εμπορικούς, στρατιωτικούς και ραδιοερασιτεχνικούς σταθμούς. Σήμερα η Doublet χρησιμοποιείται από τους ραδιοερασιτέχνες σε αρκετά μεγάλη έκταση, κυρίως λόγω του χαμηλού κόστους κατασκευής της και την απόλυτα ικανοποιητική απόδοση της.



Η κεραία Doublet συνδεδεμένη με τον πομποδέκτη και τα παρελκόμενα του.

Περιγραφή της κεραίας.

Η κεραία Doublet είναι ακριβώς αυτό που λέει το όνομά της... Doublet, δηλαδή μια δίπολη κεραία, αποτελείται από δύο οριζόντια σκέλη, και μια κάθοδο.

Σε καμιά περίπτωση ΔΕΝ θα πρέπει να την συγχέουμε με το δίπολο $\lambda/2$, ή την G5RV. Μοιάζουν πολύ, αλλά εργάζονται τελείως διαφορετικά, και επιπλέον σε καμιά περίπτωση δεν έχουν ίδια απόδοση η ομοιότητα λοιπόν είναι οπτική και όχι λειτουργική.

Το δίπολο έχει μήκος $\lambda/2$ σε ΟΛΕΣ τις συχνότητες που λειτουργεί πχ trap dipole, ενώ η Doublet έχει μήκος $\lambda/2$ MONO στην χαμηλότερη συχνότητα εργασίας της. Η G5RV έχει μεν ένα κατακόρυφο τμήμα με ανοιχτή - συμμετρική γραμμή, αλλά αυτό λειτουργεί σαν μετασχηματιστής προσαρμογής, για τον λόγω αυτό έχει συγκεκριμένο μήκος, ενώ στην Doublet η κάθοδος μπορεί να έχει οποιοδήποτε μήκος.

Όπως συμβαίνει με όλες τις κεραίες και για την Doublet, υπάρχουν πολλές παραλλαγές εφευρήματα των ραδιοερασιτεχνών και όχι μόνο.. που φτάνουν σε σημείο απόλυτης προσαρμογής στις ανάγκες του ραδιοερασιτέχνη, αλλά και του χώρου στον οποίο θα εγκατασταθεί η κεραία.

Λειτουργικά η κεραία ανήκει στις Broadband κεραίες των βραχέων κυμάτων. Οι Ραδιοερασιτέχνες την χρησιμοποιούν για να καλύψουν τις ανάγκες τους για επικοινωνία από 160 - 10m συμπεριλαμβανομένων και των περιοχών WARC.

Όπως συμβαίνει με όλες τις Broadband κεραίες που «σέβονται» τον εαυτό τους το μήκος τους πρέπει να το υπολογίσουμε ώστε να έχουμε την καλύτερη δυνατή απόδοση.

Ο τύπος που υπολογίζουμε το μήκος της κεραίας Double είναι:

$$\text{Μήκος κεραίας} = \frac{468}{\text{Χαμηλότερη συχνότητα λειτουργίας (MHZ)}} * 0,3028$$

Το συνολικό μήκος, είναι το συνολικό μήκος της κεραίας σε μέτρα (m), και η συχνότητα λειτουργίας είναι σε MHZ.

Στην πραγματικότητα εκείνο το οποίο κάνουμε είναι να υπολογίσουμε το μήκος ενός διπόλου $\lambda/2$ στην χαμηλότερη συχνότητα λειτουργίας του. Δεν απαιτείται απόλυτη ακρίβεια στο μήκος, η κεραία μπορεί να έχει μια διακύμανση μερικών εκατοστών χωρίς να προκύψει κάποιο πρόβλημα.

Υπάρχουν διαφόρων ειδών παραλλαγές αναφορικά με το μήκος της κεραίας. Αν ο χώρος που θα τοποθετηθεί η κεραία είναι σχετικά μικρός, τότε μπορούμε να υπολογίσουμε το μήκος της κεραίας στο $\lambda/4$ του μήκους κύματος της χαμηλότερης συχνότητας λειτουργίας.

Αν έχουμε ένα μεγαλύτερο χώρο, τότε υπολογίζουμε το μήκος της κεραίας στο $\lambda/2$, ενώ αν υπάρχει ένας αρκετά μεγάλος χώρος μπορούμε να υπολογίσουμε το μήκος της κεραίας στα $3/4\lambda$ του μήκους κύματος. Είναι βέβαια κατανοητό ότι όσο μικρότερο είναι το φυσικό μήκος της κεραίας σε σχέση με το μήκος κύματος εκπομπής, τόσο μικρότερη απόδοση έχει, αντίθετα όσο το φυσικό μήκος της κεραίας αυξάνει, τόσο πιο δύσκολα συντονίζεται. Η χρυσή τομή είναι το φυσικό μήκος της κεραίας να είναι $\lambda/2$, και καλή απόδοση έχει, και εύκολα συντονίζεται.

Αν έχετε ένα πολύ καλό antenna tuner και χώρο, η καλύτερη επιλογή είναι το μήκος $3/4\lambda$ που μας δίνει 98% μεγαλύτερη απόδοση από το δίπολο $\lambda/2$, σε κάθε περίπτωση τα πάντα εξαρτώνται από το μήκος της κεραίας και την ικανότητα του tuner να συντονίσει την κεραία.

Η εγκατάσταση της κεραίας.

Από την πείρα συναδέλφων ραδιοερασιτεχνών που την χρησιμοποιούν σαν την «Κύρια» κεραία λειτουργίας του σταθμού τους στα βραχέα, τα δοκιμασμένα με επιτυχία μήκη της Doublet είναι:

Για τα 80 - 10m δοκιμάστε τα μήκη μεταξύ: 40 - 42m.

Για τα 40 - 10m δοκιμάστε τα μήκη μεταξύ: 24 - 33m ή 19-22m.

Σημαντικό ρόλο για το συνολικό μήκος της κεραίας «παίζει» ο τρόπος με τον οποίο θα εγκατασταθεί. Θα παρατηρήσετε όσοι την κατασκευάσετε ότι η κεραία συμπεριφέρεται διαφορετικά αν τοποθετηθεί σαν ένα καλά τεντωμένο δίπολο, και διαφορετικά σαν ανεστραμμένο «V». Η ίδια η κεραία έχει άλλη συμπεριφορά σε ύψος 3m και διαφορετική συμπεριφορά σε ύψος 10m. Άλλη απόδοση παρουσιάζει με κάθοδο 300 ΩM, άλλη με κάθοδο 450ΩM και άλλη με κάθοδο 600 ΩM.



Ένας πολύ συνηθισμένος τρόπος εγκατάστασης της doublet είναι σαν κεραία ανεστραμμένου «V» ή inverter «V». Το ελάχιστο ύψος τοποθέτησης της κεραίας είναι γύρω στα 10m ενώ οι καλύτερη απόδοση έχει καταγραφή στα 16m.

Είναι πολύ σημαντικό να θυμάστε ότι η Doublet ανεστραμμένου «V» είναι μια κεραία η οποία κατευθύνει το μεγαλύτερο μέρος της ακτινοβολίας της προς την κατεύθυνση σύγκλισης των σκελών της, αλλά και δέχεται με την μέγιστη δυνατή ένταση τα σήματα των σταθμών που εκπέμπουν από αυτή την κατεύθυνση.

Αν είστε Dx-er στην καρδιά και Έλληνας στην τσέπη... (βλέπε μνημόνια κλπ) τα σκέλη της Doublet θα πρέπει να τοποθετηθούν παράλληλα με το έδαφος, και μεταξύ τους θα έχουν γωνία 120° μοιρών. Αν ο υπάρχοντας χώρος δεν είναι αρκετός, τότε μπορείτε όπως δείχνει και το παραπάνω σχήμα να λυγίσετε το σύρμα των σκελών ώστε να «χωρέσουν» στον χώρο με δύο προϋποθέσεις:

Δεν θα πλησιάσετε τα σκέλη μεταξύ τους, γιατί θα δημιουργήσετε μια ανεπιθύμητη σύζευξη. Το ελάχιστο ύψος από το έδαφος θα είναι περίπου 1m. Πιο ψηλά ας είναι, πιο κάτω να μην είναι.



Η Doublet εγκατεστημένη σαν «τεντωμένο» δίπολο σε ύψος 10m.

Το καλό «τέντωμα» των σκελών της κεραίας είναι αποφασιστικός παράγοντας επιτυχίας όταν τοποθετείτε σαν οριζόντιο δίπολο, αλλά κυρίως το ύψος της. Ανάλογα με το πραγματικό ύψος της κεραίας από το έδαφος έχουμε άμεση μεταβολή της γωνίας εκπομπής – λήψης της κεραίας, έτσι:

Σε ύψος $\frac{3}{4}$ λ η γωνία εκπομπής – λήψης της κεραίας είναι 20° μοίρες.

Σε ύψος $\frac{1}{2}$ λ η γωνία εκπομπής – λήψης της κεραίας είναι 40° μοίρες.

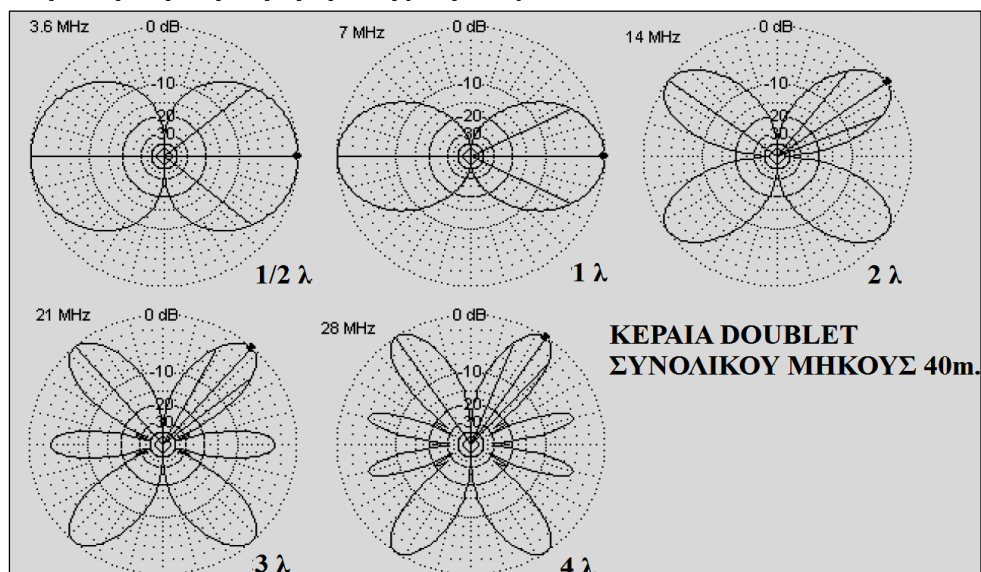
Σε ύψος $\frac{1}{4}$ λ η κεραία εκπέμπει σχεδόν κατακόρυφα!

Αν λοιπόν σας ενδιαφέρουν οι μακρινές επικοινωνίες η κεραία θα πρέπει να τοποθετηθεί σε μεγάλο ύψος, μεγαλύτερο ή ίσο με $\frac{3}{4}$ λ ώστε να έχουμε την μικρότερη δυνατή γωνία εκπομπής – λήψης.

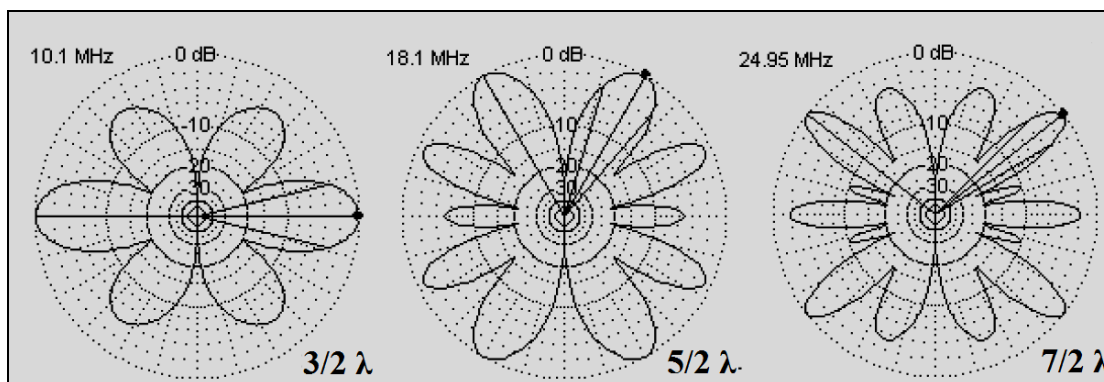
Αν σαν ενδιαφέρουν η επικοινωνίες σε μέσες αποστάσεις η κεραία θα πρέπει να τοποθετηθεί σε ύψος $\frac{1}{2}$ λ και «λιγάκι» πιο ψηλά.

Τέλος αν σας ενδιαφέρουν οι επικοινωνίες σε κοντινές αποστάσεις μέσω του φαινομένου NVIS = Near Vertical Incidence Skywave = Διάδοση Ραδιοκυμάτων με σχεδόν κατακόρυφη ανάκλαση στην ιονόσφαιρα, η κεραία θα πρέπει να τοποθετηθεί σε ύψος $\frac{1}{4}$ λ και μια «ιδέα» πιο ψηλά.

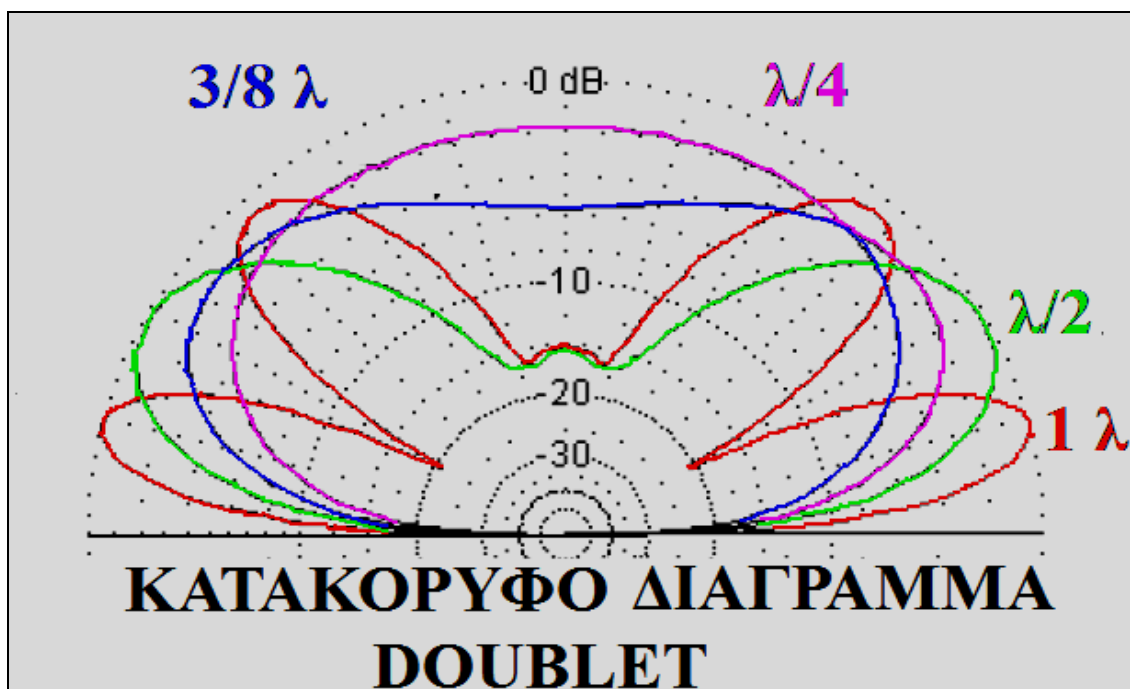
Η ηλεκτρική συμπεριφορά της κεραίας.



Οριζόντια διαγράμματα ακτινοβολίας της Doublet στις κλασσικές μπάντες.



Οριζόντια διαγράμματα ακτινοβολίας στις μπάντες WARC.



Όπως συμβαίνει με όλες τις κεραίες αυτού του είδους, όταν το φυσικό της μήκος είναι στο $\lambda/2$ ή λ , τότε το οριζόντιο διάγραμμα αποτελείτε από δύο κύριους λοβούς εμπρός/πίσω και η κεραία έχει ημικατευθυνόμενη εκπομπή - λήψη.

Όταν όμως το φυσικό της μήκος γίνεται αρκετά μεγαλύτερο σε σχέση με το μήκος κύματος εκπομπής-λήψης η κεραία αποκτά ένα πλήθος κύριων και παρασιτικών λοβών με αποτέλεσμα στην πράξη η κεραία να έχει μια απροσδιόριστη συμπεριφορά που άλλες φορές θα σας καταπλήξει ευχάριστα και άλλες όχι.

Η μορφή του κατακόρυφου διαγράμματος ακτινοβολίας της κεραίας εξαρτάται όχι μόνο από το ύψος της από το έδαφος, αλλά και από το φυσικό μήκος της κεραίας σε σχέση με το μήκος κύματος εκπομπής - λήψης.

Όσο μεγαλύτερο είναι το φυσικό μήκος της κεραίας σε σχέση με το μήκος κύματος εκπομπής - λήψης, τόσο χαμηλότερη γωνία εκπομπής - λήψης έχει και τόσο περισσότερους λοβούς αναπτύσσει.

Η κεραία δεν παρουσιάζει κανένα παρασιτικό κατακόρυφο λοβό, όταν το φυσικό της μήκος σε σχέση με το μήκος κύματος εργασίας είναι $\lambda/4$.

Η απολαβή της κεραίας.

Η απολαβή της κεραίας ΔΕΝ είναι σταθερή, μεταβάλλεται ανάλογα με την συχνότητα, το ίδιο ακριβώς συμβαίνει και με το διάγραμμα ακτινοβολίας της κεραίας, αλλά και με την σύνθετη αντίσταση εισόδου. Σε γενικές γραμμές η απολαβή της κεραίας αυξάνει όσο αυξάνει η συχνότητα εκπομπής - λήψης.

Το διάγραμμα ακτινοβολίας μεταβάλλεται επίσης ανάλογα με την συχνότητα, αλλά και το ύψος από το έδαφος στο οποίο έχει τοποθετηθεί η κεραία.

Σε γενικές γραμμές θεωρήστε ότι η κεραία έχει απολαβή 2.15 dBi στην κατώτερη συχνότητα λειτουργίας της ($\lambda/4$), και 3dBi στην υψηλότερη συχνότητα (4λ), αν και στην πράξη αν η κεραία είναι προσαρμοσμένη σωστά και δεν έχει στάσιμα η απολαβή είναι αρκετά μεγαλύτερη.

Γραμμή μεταφοράς – κάθοδος.

Αποδειγμένα η Doublet εργάζεται – συντονίζει χωρίς κανένα πρόβλημα αν συνδεθεί με μια συμμετρική γραμμή μεταφοράς, της οποίας η τιμή μπορεί να κυμαίνεται από 300-600 ΩΜ.

Αν χρησιμοποιήσετε κάθοδο 300 ΩΜ τηλεοράσεως, η μέγιστη ισχύ που μπορεί να δεχθεί είναι 100 Watt. Συνήθως οι Doublet τροφοδοτούνται με ανοιχτή συμμετρική γραμμή 450 ΩΜ, με δεύτερη επιλογή τις ιδιοκατασκευασμένες γραμμές των 600 ΩΜ.

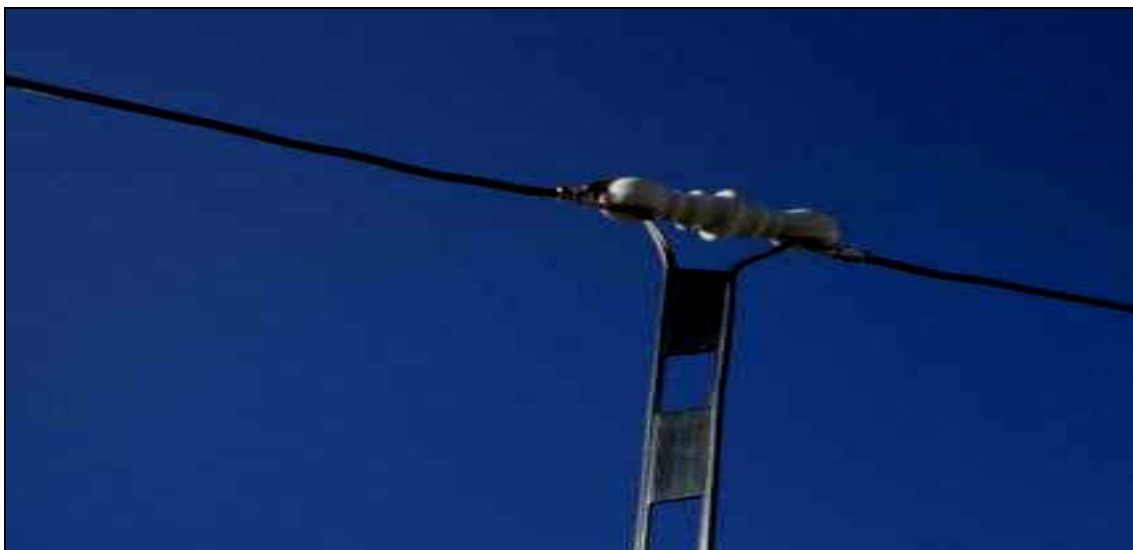
Δείτε τις επόμενες εικόνες πώς πρέπει να κάνετε τις συνδέσεις.

Συνδέστε την κεραία με την γραμμή μεταφοράς χρησιμοποιώντας τον ειδικό κεντρικό σύνδεσμο που είναι κατάλληλος για συμμετρικές καθόδους.



Αν αντικειμενικά δεν μπορείτε να τον προμηθευτείτε χρησιμοποιήστε ένα αρκετά μεγάλο μονωτήρα όπως δείχνει η επόμενη εικόνα.

Σας υπενθυμίζω ότι σε όλο το μήκος της κεραίας, και στο σημείο που συνδέεται με την ανοιχτή γραμμή μεταφοράς υπάρχουν επικίνδυνα υψηλές τάσεις οι οποίες κάτω από ορισμένες συνθήκες μπορούν να εννοήσουν την δημιουργία φαινομένου διαπήδησης ρεύματος – ARC.



Μόνο αν δεν έχετε κεντρικό σύνδεσμο χρησιμοποιήστε ένα μεγάλο μονωτήρα.



Συμμετρική γραμμή 450ΩM

Αν χρησιμοποιήσετε ανοιχτή συμμετρική γραμμή 450ΩM όπως δείχνει στην προηγούμενη εικόνα δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα, αν όμως επιχειρήσετε να κατασκευάσετε την συμμετρική γραμμή μόνοι σας χρησιμοποιήστε ειδικούς μονωτικούς αποστάτες όπως δείχνει η επόμενη εικόνα.



Πλαστικοί αποστάτες κατάλληλοι για την κατασκευή συμμετρικής ανοιχτής γραμμής μεταφοράς.

Προσαρμογή κεραιοσυστήματος – πομποδέκτη.

Δυστυχώς το κεραιοσύστημα της doublet ΔΕΝ μπορεί να συνδεθεί άμεσα με την έξοδο του πομποδέκτη μας, απαιτείται ΟΠΩΣΔΗΠΟΤΕ ένα Antenna tuner το οποίο θα αναλάβει αυτή τη προσαρμογή.

Ο καλύτερος τρόπος για να έχουμε μια απόλυτα επιτυχημένη και απροβλημάτιστη προσαρμογή είναι να χρησιμοποιήσουμε ένα Antenna tuner για ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ γραμμή μεταφοράς – κάθοδο. Αυτά τα tuner έχουν μια ΜΗ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ είσοδο στην οποία συνδέεται ο πομποδέκτης με ένα ομοαξονικό καλώδιο πχ RG-213, και μια ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ έξοδο στην οποία συνδέεται η ανοιχτή γραμμή μεταφοράς.



Antenna tuner με ασύμμετρη είσοδο και συμμετρική – Balance έξοδο.

Δυστυχώς οι περισσότεροι ραδιοερασιτέχνες δεν έχουν tuner που να μπορεί να συντονίσει συμμετρική γραμμή γιατί κακά τα ψέματα όλοι σχεδόν χρησιμοποιούμε ασύμμετρες γραμμές μεταφοράς τύπου RG.

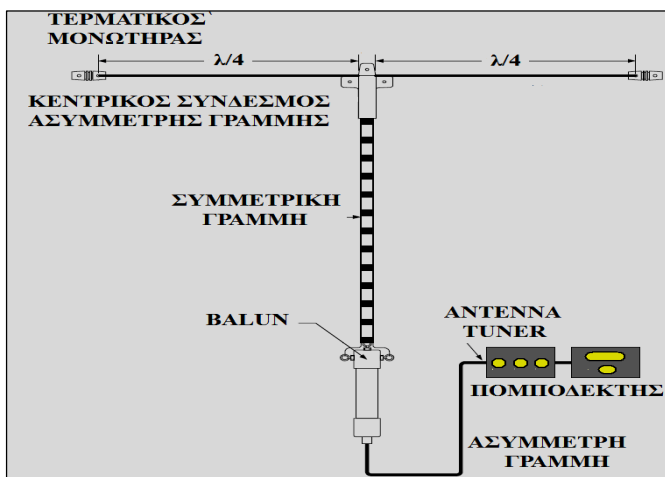
Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε ένα BALUN το οποίο στην είσοδο του δέχεται ασύμμετρη γραμμή και στην έξοδο του συμμετρική γραμμή.

Στο εμπόριο υπάρχουν διαφόρων ειδών τέτοια balun των οποίων η λειτουργία είναι ίδια. Αρκετοί κατασκευαστές ασύμμετρων Antenna tuner προκειμένου να υποστηρίξουν τα προϊόντα τους έχουν κατασκευάσει οι ίδιοι balun τα οποία μετατρέπουν την ασύμμετρη έξοδο σε συμμετρική και μάλιστα ορισμένοι ενσωματώνουν και τον απαιτούμενο μετασχηματισμό αντιστάσεων.



Balun με είσοδο ασύμμετρη γραμμή και έξοδο συμμετρική.

Παράδειγμα σύνδεσης πομποδέκτη-tuner-balun με συμμετρική κάθοδο κεραίας Doublet.



Στην εικόνα φαίνεται η σχηματική παράσταση της πρακτικής σύνδεσης που φαίνεται στην προηγούμενη εικόνα.

Παράδειγμα σύνδεσης κεραίας Doublet με συμμετρική κάθοδο σε ασύμμετρο antenna tuner.

Το balun συνήθως έχει λόγω μετασχηματισμού 4:1 για κάθοδο 300ΩM, και 9:1 για κάθοδο 450ΩM αυτοί οι λόγοι μετασχηματισμού είναι αρκετοί για να έχουμε μια καλή προσαρμογή. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σας ενημερώσω ότι η δική μου εμπειρία περιορίζεται αποκλειστικά και μόνο στην Doublet με συμμετρική γραμμή μεταφοράς 450ΩM, και antenna tuner τύπου MFJ 971, δεν γνωρίζω την συμπεριφορά της Doublet με ασύμμετρη γραμμή μεταφοράς.

Στην επόμενη εικόνα βλέπουμε μια κεραία Doublet με ασύμμετρη κάθοδο, και balun προσαρμογής κατασκευασμένο από καλώδιο RG-11/75ΩM για λόγους οικονομίας. Σε περίπτωση που υπάρχει η δυνατότητα αγοράς ενός balun, αυτό θα συνδεθεί στην θέση του ιδιοκατασκευασμένου balun.



Doublet τροφοδοτούμενη από σύμμετρη γραμμή.

Η συγκεκριμένη κεραία μπορεί να διαχειριστή ισχύ έως 600 Watt εξαιτίας των τεχνικών χαρακτηριστικών του RG-11. Κατά τα άλλα η κεραία μπορεί να εργαστεί όπως και η έκδοση με συμμετρική γραμμή.

Επίλογος

Η Doublet είναι μια κεραία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν «κύρια» κεραία σταθμού βραχέων κυμάτων, από ραδιοερασιτέχνες οι οποίοι δεν έχουν την διάθεση ή την δυνατότητα να επενδύσουν κάποια χρήματα για την αγορά μιας εργοστασιακής κεραίας.

Δεν υπάρχει δεδομένη απολαβή, υπάρχει μια ελάχιστη 2.15dBι για την χαμηλότερη συχνότητα εργασίας της, και μια εκτιμώμενη ανώτερη που μπορεί να φτάσει τα 3dBι ή και περισσότερο. Τα διαγράμματα οριζόντιας και κατακόρυφης συμπεριφοράς μεταβάλλονται ανάλογα με το λόγω του φυσικού μήκους της κεραίας σε σχέση με το μήκος κύματος εκπομπής λήψης, αλλά την απόσταση της κεραίας από το έδαφος.

Η εμπειρία δείχνει ότι υπάρχει καλύτερη συμπεριφορά και απόδοση της κεραίας όταν αυτή χρησιμοποιεί συμμετρική γραμμή μεταφοράς χωρίς να απαγορεύεται και η χρήση της ασύμμετρης.

Έχοντας ξεκινήσει την «καριέρα» της κάπου στο 1924 έχει χρησιμοποιηθεί για 88 χρόνια!! σε στρατιωτικές, εμπορικές, και ραδιοερασιτεχνικές εφαρμογές, και αυτό τα λέει όλα!

Σε όσους την κατασκευάσουν εύχομαι καλή επιτυχία, τοποθετήστε την όσο το δυνατό ψηλότερα και προσέξτε τις υψηλές τάσεις που αναπτύσσονται ΚΑΙ στην κάθοδο, ΚΑΙ στην ίδια την κεραία.

de SV1NK

Μάκης.