



ΚΑΘΕΤΗ ΚΕΡΑΙΑ

Γράφει ο Ντίνος Νομικός – SV1GK



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κάθετη κεραία , που για πολλούς φαντάζει σαν την απλούστερη κεραία , κρύβει πολλά μυστικά και ιδιοτροπίες .

Θυμάμαι πολλούς , παλαιότερους από εμένα ραδιοερασιτέχνες , να συμβουλευούν τους νεότερους που δεν διέθεταν αρκετό χώρο για να τοποθετήσουν ένα δίπολο μιας συγκεκριμένης συχνότητας , να λένε ότι η ιδανική κεραία σ' αυτές τις περιπτώσεις είναι μόνο η κάθετη .

Όσο όμως την μελετούσα , αλλά και όσες φορές κατασκεύαζα μια κάθετη κεραία , πάντα θα εμφανιζόταν κάτι που θα με προβλημάτιζε , ενώ παράλληλα διαπίστωνα ότι για μια σωστή τοποθέτηση , χρειάζονται μερικές φορές χώρο μεγαλύτερο ακόμη και από το απλό δίπολο .

Σε αυτήν την αναφορά λοιπόν που κάνουμε εδώ , θα γνωρίσουμε τα είδη των καθέτων κεραιών , όπως επίσης τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους , και αυτό γιατί όλα αυτά τα χρόνια , μέχρι και τις μέρες μας , χρησιμοποιούνται ευρύτατα τόσο από τους ερασιτεχνικούς , όσο και από τους επαγγελματικούς ή και στρατιωτικούς ραδιοσταθμούς , σε όλες τις συχνότητες , είτε σαν κεραίες βάσεως είτε σαν mobile ή marine .

Η ΙΣΤΟΡΙΑ

Η κάθετη κεραία είναι μια κεραία που χρησιμοποιήθηκε από τα πρώτα κίολας πειράματα της ασυρμάτου επικοινωνίας , όταν οι πομποί λειτουργούσαν με σπινθηρισμό (spark gap) .



Τον Ιούλιο του 1899 όμως το Αμερικάνικο περιοδικό "American Electrician" , σε ένα άρθρο του περιέγραφε με λεπτομέρειες την κατασκευή ενός πομπού και μιας κάθετης κεραίας που είχε κατασκευάσει ο Marconi (Φωτογραφία 1) , για τα πειράματά του .

Το άρθρο αυτό έτυχε μεγάλης αποδοχής από τον τότε επιστημονικό , επαγγελματικό , αλλά και ραδιοερασιτεχνικό κόσμο (που τότε είχε αρχίσει να πρωτοεμφανίζεται) και είχε σαν αποτέλεσμα από τότε , κάθε κάθετη κεραία μήκους $\lambda/4$ να ονομάζεται κεραία Marconi .

Η πρώτη μεγάλου μήκους κάθετη κεραία , χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στις 12 Δεκεμβρίου 1901 , όταν ο Guglielmo Marconi κατάφερε να επικοινωνήσει από το Poldhu , Cornwall της Αγγλίας με το St' John's , Newfoundland στην Αμερική .

Ο πομπός στην Αγγλία ήταν τύπου spark gap (σπινθηρισμού) και για κεραία είχε ένα δίπολο τοποθετημένο σε ύψος 20 μέτρα , ο δε δέκτης , που βρισκόταν στην Αμερική , χρησιμοποιούσε για κεραία το σύρμα (αντί για σπάγκο) , που συγκρατούσε έναν «χαρταετό» και που ο αέρας τον είχε ανεβάσει σε τεράστιο ύψος .

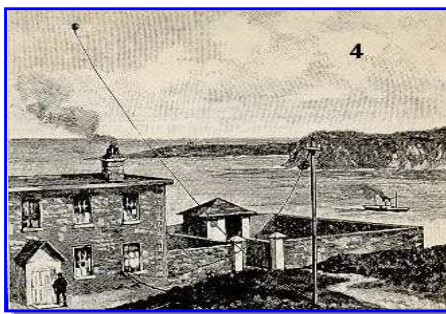


Στην (Φωτογραφία 2) φαίνεται αυτός ο «χαρταετός» , ο οποίος ήταν κατασκευασμένος από μετάξι και είχε σκελετό από bamboo .



Στην (Φωτογραφία 3) είναι οι βοηθοί του Marconi που προσπαθούν να τον πετάξουν και στην (Φωτογραφία 4) , που είναι μια γκραβούρα της εποχής , φαίνεται το επιτυχημένο πέταγμα αυτού του «χαρταετού» .

Για την ιστορία σας αναφέρω ότι η πρώτη αυτή υπερατλαντική DX επικοινωνία , έγινε στις 12:30 το μεσημέρι της 12^{ης} Δεκεμβρίου 1901 εκπέμποντας με Morse το γράμμα S , και ήταν η πρώτη φορά στην ιστορία των ασύρματων τηλεπικοινωνιών που ένα σήμα κατάφερε να ταξιδέψει 3360 Km , πράγμα που χειροκροτήθηκε από όλη την Παγκόσμια Κοινότητα και είχε σαν αποτέλεσμα να χαρίσει το 1909 στον Marconi ένα βραβείο Nobel στην Φυσική .



ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Υπάρχουν δύο ειδών κάθετες κεραίες :

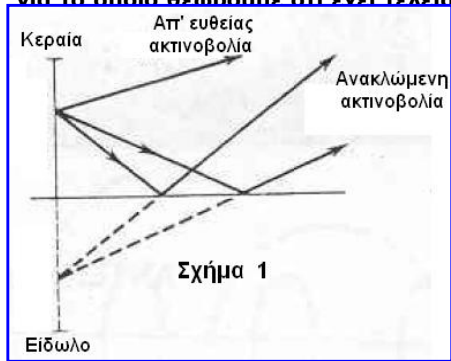
α) Οι μη γειωμένες (Ungrounded) , δηλαδή αυτές που έχουν τοποθετηθεί έτσι ώστε να εκπέμπουν με κάθετη πόλωση και βρίσκονται σε αρκετό ύψος από το έδαφος , όπως π.χ. ένα δίπολο που αντί για οριζόντια έχει τοποθετηθεί κάθετα κλπ .

β) Οι γειωμένες (Grounded) , δηλαδή αυτές που ένα μέρος τους έχει αντικατασταθεί από την γη , όπως π.χ. η κάθετη κεραία μήκους $\lambda/4$ που θα εξετάσουμε παρακάτω , η ground plane κλπ.

Όπως γνωρίζουμε , μια ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία όταν προσπίπτει σε μια επιφάνεια ανακλάται και μάλιστα το φαινόμενο αυτό γίνεται εντονότερο όσο πιο αγωγίμη είναι αυτή η επιφάνεια .

Αν λοιπόν πάρουμε έναν αγωγό μήκους $\lambda/4$, ο οποίος κατά κάποιον τρόπο εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και τον τοποθετήσουμε κάθετα προς το έδαφος , **για το οποίο θεωρούμε ότι έχει τέλεια αγωγιμότητα** , τότε ένα μέρος της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από αυτόν θα μεταδοθεί στον γύρω χώρο και ένα μέρος της θα προσπέσει στο έδαφος όπου και θα ανακλαστεί , δηλαδή θα αλλάξει διεύθυνση ακολουθώντας τους Νόμους της ανάκλασης .

Αν εμείς προεκτείνουμε τις ανακλώμενες ακτίνες σε αντίθετη κατεύθυνση από την κίνησή τους , τότε τα σημεία τομής αυτών των προεκτάσεων θα δημιουργούσαν την εικόνα (είδωλο) ενός υποθετικού αλλά παρόμοιου αγωγού με αυτόν που είχαμε , ο οποίος θα ήταν τοποθετημένος σε συμμετρική θέση ως προς τον υπάρχοντα αγωγό και κάτω από την επιφάνεια του εδάφους , όπως άλλωστε φαίνεται και στο (Σχήμα 1) .

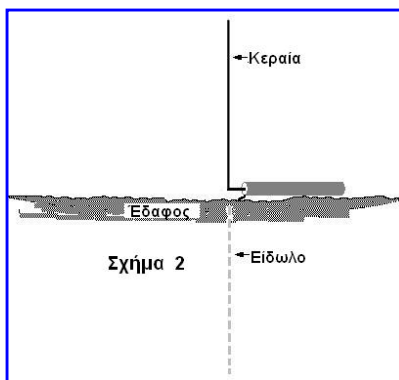


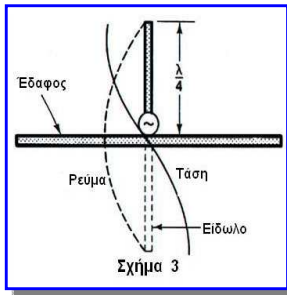
Δηλαδή το έδαφος σε αυτή την περίπτωση λειτουργεί σαν καθρέφτης .

Άρα το τμήμα $\lambda/4$, μαζί με το είδωλό του , που έχει και αυτό μήκος $\lambda/4$, δημιουργούν μια δίπολο κεραία συνολικού μήκους $\lambda/2$, αρκεί το κατώτατο τμήμα του πραγματικού αγωγού να είναι μονωμένο από το έδαφος και συγχρόνως να είναι τοποθετημένο σε κοντινή απόσταση από το ανώτατο τμήμα του είδωλου .

Το σύστημα λοιπόν αυτό μας δημιουργεί ένα δίπολο $\lambda/2$ τοποθετημένο κάθετα , το οποίο θα μπορούσε να τροφοδοτηθεί στο μέσον του με μια κατάλληλη γραμμή μεταφοράς . όπως στο (Σχήμα 2) .

Έχει υπολογιστεί ότι η σύνθετη αντίσταση σ' αυτό το σημείο θα είναι περίπου 36,5 Ωμ .





Σε αυτή την περίπτωση η κατανομή του ρεύματος και της τάσης θα εμφανίζεται όπως στο (Σχήμα 3) .

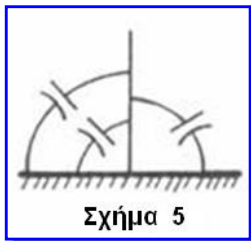
Το τμήμα $\lambda/4$ της κεραίας που είναι πάνω από το έδαφος ονομάζεται και μονόπολο .

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

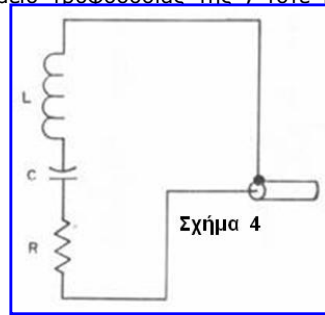
Θεωρητικά , μια τέτοια κάθετη κεραία δεν είναι και τόσο πολύπλοκη .

Αν την σχεδιάζαμε με σημείο αναφοράς το σημείο τροφοδοσίας της , τότε η κεραία μας θα ήταν ισοδύναμη με ένα κύκλωμα όπου θα είχε συνδεδεμένα εν σειρά , μια αντίσταση , ένα πηνίο και έναν πυκνωτή (Σχήμα 4) .

Η αντίσταση R παριστάνει το σύνολο των ωμικών αντιστάσεων της κεραίας , όπως είναι η ωμική αντίσταση που παρουσιάζει το σύρμα ή ο σωλήνας από τον οποίο είναι κατασκευασμένο το μονόπολο , η αντίσταση ακτινοβολίας της κεραίας κλπ.



Το πηνίο L παριστάνει την αυτεπαγωγή του σύρματος ή του μεταλλικού σωλήνα που χρησιμοποιείται για το ακτινοβόλο μονόπολο , και ο πυκνωτής C παριστάνει την χωρητικότητα που αναπτύσσεται μεταξύ του μονόπολου και του εδάφους ή άλλων γειτονικών αντικειμένων .



Σαν να είχαμε δηλαδή πολλούς μικρούς πυκνωτές , όπου ο καθένας να συνδεόταν με το ένα άκρο του στο μονόπολο και το άλλο στο έδαφος (Σχήμα 5) .

Άρα λοιπόν βλέπουμε ότι σε μια κάθετη κεραία , εκτός από την καθαρά ωμική αντίσταση που αυτή παρουσιάζει , επιπλέον εμφανίζει τόσο χωρητική όσο και επαγωγική αντίδραση .

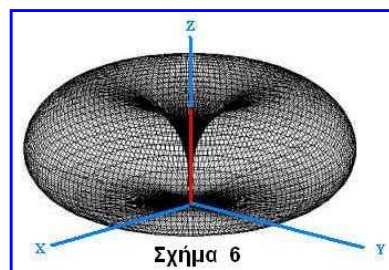
ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ

Συχνότητα συντονισμού μιας κατακόρυφης κεραίας , ονομάζεται εκείνη η συχνότητα στην οποία η σύνθετη αντίσταση εισόδου της κεραίας είναι πραγματικός αριθμός , δηλαδή από τον τύπο $Z=R \pm jX$, θα πρέπει το X να ισούται με το 0 . Το X όμως , όπως ξέρουμε (5-9report , τεύχος 67) , δεν είναι τίποτε άλλο παρά η συνολική αντίδραση που παρουσιάζει το κύκλωμα , δηλαδή το αλγεβρικό άθροισμα (σε συνδεσμολογία εν σειρά) των χωρητικών και επαγωγικών αντιδράσεων που αυτό εμφανίζει . Άρα με απλά λόγια , **η συχνότητα συντονισμού θα είναι εκείνη η συχνότητα για την οποία η επαγωγική αντίδραση θα είναι ακριβώς ίση κατά μέτρο αλλά αντίθετη από την χωρητική αντίδραση .**

Γι' αυτό , τόσο η επαγωγική όσο και η χωρητική αντίδραση παίζουν σημαντικό ρόλο , γιατί επηρεάζουν δραστικά τόσο την κατασκευή όσο και την συμπεριφορά μιας κάθετης κεραίας .

ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Μια κάθετη κεραία εκπέμπει ομοιόμορφα σε ένα οριζόντιο επίπεδο που είναι κάθετο στο άξονά της (Σχήμα 6) , αρκεί φυσικά να βρίσκεται πάνω από τέλεια αγωγίμο έδαφος και μακριά από

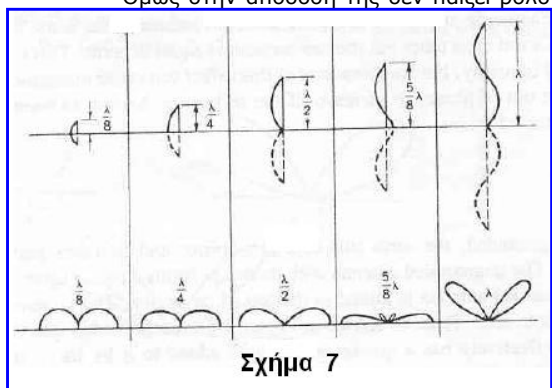


άλλα αντικείμενα που επηρεάζουν την ακτινοβολία της .

Αυτή λοιπόν η κυκλική εκπομπή είναι που την κάνει να πλεονεκτεί , τόσο στην ραδιοφωνία στα MW , HF και VHF , όσο και σε κινητές μονάδες .

Είδαμε λοιπόν ότι για την καλή λειτουργία μιας κάθετης κεραίας πρέπει το έδαφος να είναι τέλεια αγωγίμο , γι' αυτό και όταν μια τέτοια κεραία τοποθετηθεί σε παραθαλάσσια περιοχή ή σε περιοχές με υγρό έδαφος αποδίδει καλλίτερα .

Όμως στην απόδοσή της δεν παίζει ρόλο μόνο η αγωγιμότητα του εδάφους αλλά και το μήκος της . Όσο μεγαλύτερο μήκος έχει τόσο αυξάνει και η απόδοσή της , προσδίδοντας της αρκετά dB gain , ιδιαίτερα αν αυτό είναι πολλαπλάσιο του $5/8\lambda$.



Σχήμα 7

Σύμφωνα με το (Σχήμα 7) , στο οποίο εικονίζονται τα διαγράμματα ακτινοβολίας και οι κατανομές των ρευμάτων που εμφανίζουν κατακόρυφες κεραίες διαφορετικού μήκους η κάθε μια , φαίνεται ότι όσο αυξάνει το μήκος της , τόσο το διάγραμμα ακτινοβολίας της τείνει να αποκολληθεί από την επιφάνεια της γης .

Αιτία του παραπάνω φαινομένου είναι η ακύρωση του κύματος κατά την οριζόντια διεύθυνση , λόγω της δημιουργίας ρευμάτων αντίθετης πολικότητας κατά μήκος της κεραίας .

Βλέπετε λοιπόν , πως όσο αναλύουμε την κάθετη κεραία , τόσο διαπιστώνουμε αυτό που σας έλεγα στην εισαγωγή , ότι δηλαδή η κάθετη κεραία δεν είναι τόσο αθώα όσο φαίνεται και αυτό γιατί παρουσιάζει αρκετές ιδιαιτερότητες στην μελέτη της .

GROUND SCREEN

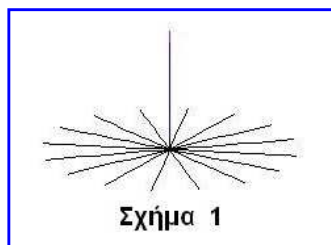
Στην θεωρητική μελέτη της κάθετης κεραίας στηριχτήκαμε στην παραδοχή ότι το έδαφος που βρίσκεται κάτω από αυτήν , προκειμένου να λειτουργεί σαν «καθρέφτης» , θα πρέπει να έχει τέλεια αγωγιμότητα .

Στην πράξη όμως αυτό συμβαίνει εξαιρετικά σπάνια και ειδικά για τους ραδιοερασιτέχνες , το θέμα αυτό αποτελούσε και εξακολουθεί να αποτελεί τον μόνιμο πονοκέφαλο στην κατασκευή μιας κάθετης κεραίας , εκτός φυσικά εάν αυτή βρίσκεται τοποθετημένη πάνω σε αυτοκίνητο ή σε μεταλλικό πλοίο .

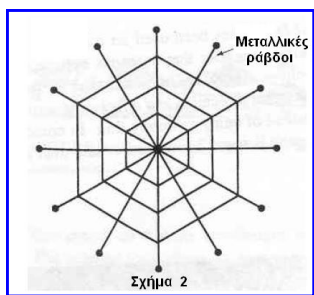
Προκειμένου λοιπόν να ενισχύσουμε την αγωγιμότητα του εδάφους μπορούμε να καταφύγουμε σε διάφορες μεθόδους .

Στην πράξη όμως κυριαρχούν δύο από αυτές .

Η πρώτη διάταξη μιας τέτοιας γείωσης είναι ένα δίκτυο καλωδίων που μπορεί να απλώνονται ακτινωτά από την βάση του μονόπολου και ακριβώς κάτω από αυτό (Σχήμα 1) . Οι μεταλλικές αυτές ακτίνες ονομάζονται radials .



Σχήμα 1



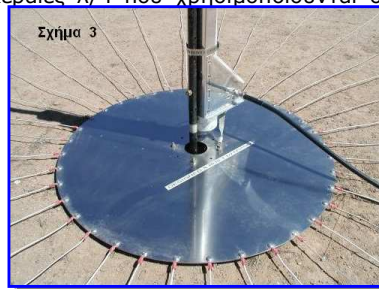
Η δεύτερη μέθοδος είναι να χρησιμοποιηθεί ένα ειδικό πλέγμα γείωσης (ground screen) , το οποίο μπορεί να αποτελείται είτε από ένα απλό κοτετσόσυρμα , είτε από οποιοδήποτε άλλο μεταλλικό πλέγμα , αρκεί να είναι απλωμένο σε μια έκταση γύρω από το μονόπολο και να έχει ακτίνα τουλάχιστον $\lambda/4$.

Σε επαγγελματικούς όμως ραδιοφωνικούς σταθμούς χρησιμοποιούνται συνήθως άλλης μορφής πλέγματα , ειδικά γι' αυτήν την δουλειά , όπως φαίνονται στο (Σχήμα 2) .

RADIALS – Η ΚΑΡΔΙΑ ΤΗΣ ΚΑΘΕΤΗΣ ΚΕΡΑΙΑΣ

Κατ' αρχήν θα αναφερθούμε σε κάθετες κεραίες $\lambda/4$ που χρησιμοποιούνται σε χαμηλές συχνότητες, όπως π.χ. στα 160, 80 ή και 40 μέτρα και οι οποίες, λόγω του μεγάλου μήκους που έχουν, τοποθετούνται σε ειδικές βάσεις επάνω στο έδαφος (Σχήμα 3) και από αυτές τις βάσεις ξεκινούν τα radials ή τα μεταλλικά πλέγματα.

Στην περίπτωση όμως που θα χρησιμοποιήσουμε radials και προκειμένου να έχουμε την καλλίτερη δυνατή απόδοση, θα πρέπει το μήκος τους να κειμένεται από $\lambda/4$ έως $\lambda/2$ και να ισαπέχει το ένα από το άλλο, μπορούν μάλιστα να τοποθετηθούν είτε κατευθείαν πάνω στο έδαφος, είτε θαμμένα μέσα σε αυτό και σε βάθος μερικών εκατοστών.



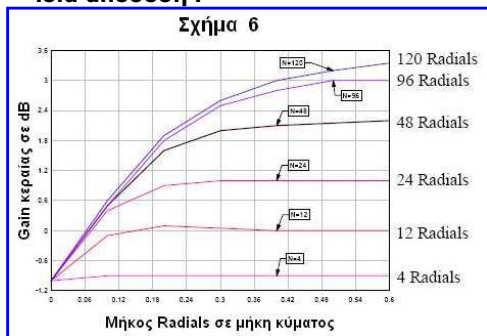
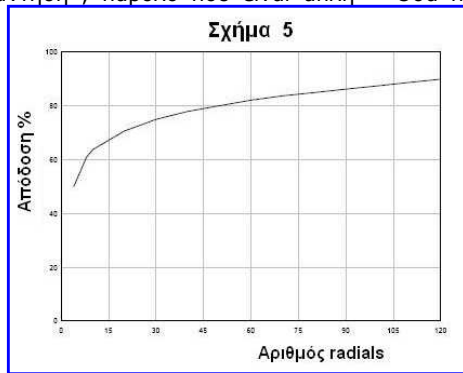
Για την καλλίτερη στερέωσή τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ειδικές βάσεις, που μπορεί κάποιος ή να τις κατασκευάσει ο ίδιος ή να τις προμηθευτεί έτοιμες από το εμπόριο (Σχήμα 4).

Το βασικό όμως ερώτημα που δημιουργείται σ' αυτό το σημείο είναι: « Πόσα radials πρέπει να χρησιμοποιήσει κανείς για να έχει την καλλίτερη δυνατή απόδοση ; » και η απάντηση, παρόλο που είναι απλή « Όσα πιο

πολλά τόσο πιο καλά », μπορεί να δοθεί, αν μελετήσει κάποιος την καμπύλη του (Σχήματος 5).

Στον οριζόντιο άξονα αναφέρεται ο αριθμός των radials και στον κάθετο η αποδοτικότητα της κεραίας. Με μια προσεκτική ματιά είναι εύκολο να διαπιστώσει κανείς ότι χρησιμοποιώντας 120 radials πετυχαίνει μια απόδοση της κεραίας της τάξεως του 90%.

Η απόδοση αυτή ισχύει εφόσον τα radials τοποθετηθούν πάνω στο έδαφος, γιατί αν τοποθετηθούν μέσα σε αυτό, θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε πολύ περισσότερα για να πετύχουμε την ίδια απόδοση.



Αυτό συμβαίνει γιατί το έδαφος που υπάρχει σε όλη την έκταση που απλώνονται τα radials, παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις όσον αφορά την αγωγιμότητά του, η οποία δεν είναι ομογενής, ενώ συγχρόνως, τα ακτινικά καλώδια που είναι θαμμένα, οδηγούν τα ρεύματα επιστροφής μέσα από το έδαφος, το οποίο παρουσιάζει υψηλή αντίσταση και έτσι αυξάνονται οι απώλειες.

Μια άλλη πολύ χρήσιμη καμπύλη, φαίνεται και στο (Σχήμα 6), στην οποία εμφανίζεται το gain που παρουσιάζει η κάθετη κεραία μας σε σχέση με τον αριθμό

των radials και το μήκος, σε μήκη κύματος, που μπορεί να έχουν αυτά.

Τα radials, συνήθως κατασκευάζονται από χάλκινο πολύκλωνο μονοπολικό καλώδιο διαμέτρου 1,5mm – 2mm, το οποίο πρέπει οπωσδήποτε να είναι επενδεδυμένο με μόνωση, αφ' ενός μεν για λόγους ασφαλείας και αυτό γιατί στα άκρα τους αναπτύσσονται εξαιρετικά υψηλές τάσεις και αφ' ετέρου για να αποφεύγεται η οξείδωση.

Καλόν είναι τα radials να τοποθετούνται συμμετρικά γύρω από την βάση της κεραίας, αν όμως υπάρχει πρόβλημα χώρου, μπορούν και να μην τοποθετηθούν συμμετρικά, τότε όμως θα χάσουμε την ομοιόμορφη κατανομή ακτινοβολίας της κεραίας

μας (omnidirectional) , με αποτέλεσμα σε άλλες διευθύνσεις να ακτινοβολεί περισσότερο και σε άλλες λιγότερο .

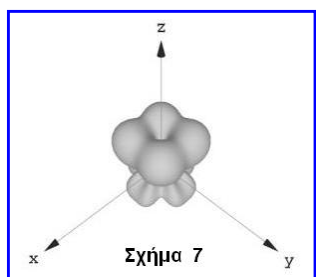
Ο αριθμός των radials επηρεάζει δραστικά την λειτουργία της κεραίας και μάλιστα **στην περίπτωση που έχουμε μικρότερο αριθμό radials απ' ότι χρειάζεται , παρατηρούνται κυρίως τα εξής φαινόμενα:**

1^ο Μειώνεται η απόδοση της κεραίας .

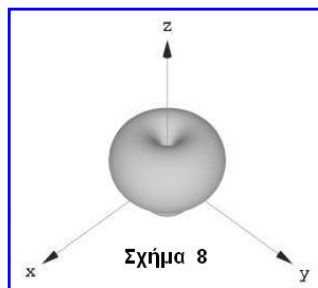
2^ο Αλλάζει η διαμόρφωση και η φωνή παίρνει μια σκληρή μεταλλική χροιά .

3^ο Επηρεάζεται το διάγραμμα ακτινοβολίας .

Αν για παράδειγμα χρησιμοποιήσουμε μόνο τέσσερα radials το διάγραμμα ακτινοβολίας στον χώρο έχει αρκετή παραμόρφωση και παρουσιάζει την μορφή του (Σχήματος 7) .



Ενώ αν χρησιμοποιήσουμε πολύ περισσότερα (πάνω από 10) , τότε ομαλοποιείται αισθητότατα και παίρνει την μορφή του (Σχήματος 8) .



Γενικά πρέπει να ξέρουμε ότι είναι προτιμότερο να έχουμε πολλά , μικρού μήκους radials , παρά λίγα και μεγάλα .

Αν μελετήσουμε την καμπύλη του (Σχήματος 6) , θα παρατηρήσουμε ότι 12 radials μήκους $\lambda/10$, δίνουν πολύ περισσότερο gain στην κεραία απ' ότι δίνουν 4 radials μήκους $\lambda/2$.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να πούμε , ειδικά σε όσους δεν διαθέτουν τον κατάλληλο χώρο και που θέλουν η κεραία τους να λειτουργεί πάνω από τους 14 Mc/s , ότι αντί να κατασκευάσουν μια κάθετη κεραία $\lambda/4$, που να τοποθετείται μαζί με τα radials πάνω στο έδαφος , είναι προτιμότερο να την ανυψώσουν μερικά μέτρα πάνω από αυτό , οπότε και θα χρειαστούν ελαχιστότατα radials (όχι πάνω από τέσσερα για κάθε μπάντα λειτουργίας) , και θα έχουν λιγότερους επηρεασμούς από κοντινά αντικείμενα .

GROUND PLANE ANTENNA

Ένας όρος που ακούγεται πολύ συχνά από τους ραδιοερασιτέχνες που χρησιμοποιούν κάποιο είδους κάθετη κεραία , είναι και η λέξη αντίβαρο .

Όταν λέμε αντίβαρο (counterpoise) εννοούμε ένα σύρμα ή ένα σύνολο συρμάτων που μπορεί να βρίσκονται κοντά στο έδαφος , αλλά είναι μονωμένα από αυτό και χρησιμεύουν σαν τεχνητή γη .

Ένα είδος αντίβαρου είναι και το σύστημα ground plane (Προσοχή , δεν είναι κεραία) .

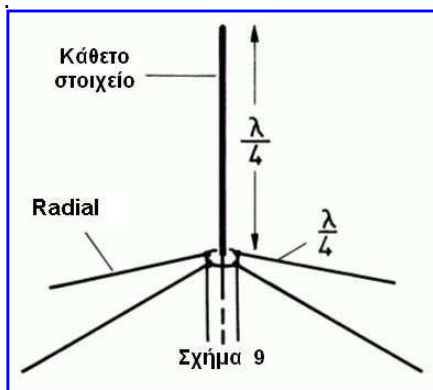
Το σύστημα αυτό αποτελείται από radials , τα οποία είναι τοποθετημένα στην βάση μιας κάθετης κεραίας και που όλα μαζί , δηλαδή κεραία και radials , είναι τοποθετημένα αρκετά μέτρα πάνω από το έδαφος .

Μια κάθετη κεραία που είναι εφοδιασμένη με ένα τέτοιο σύστημα ονομάζεται Ground Plane Antenna (Σχήμα 9) .

Τέτοιου είδους κεραίες χρησιμοποιούμε συνήθως σε συχνότητες πάνω από τους 7 Mc/s και αυτό γιατί σε χαμηλότερες συχνότητες το ύψος της κεραίας γίνεται κατασκευαστικά απαγορευτικό για τους περισσότερους ραδιοερασιτέχνες .

Η κατασκευή μιας ground plane είναι αρκετά εύκολη .

Το κάθετο τμήμα κατασκευάζεται από σωλήνα αλουμινίου ο οποίος έχει μήκος $\lambda/4$, τα δε radials , που είναι τέσσερα για κάθε μπάντα , κατασκευάζονται από χάλκινο μονοπολικό πολύκλωνο καλώδιο διαμέτρου 1,5mm έως 2mm



και το καθένα από αυτά έχει μήκος $\lambda/4$, τοποθετούνται δε ακτινωτά και αντιδιαμετρικά το ένα με το άλλο .

Η σύνθετη αντίσταση που παρουσιάζει στο σημείο τροφοδοσίας της εξαρτάται , εκτός των άλλων , και από το ύψος στο οποίο θα τοποθετηθεί το κάθετο στοιχείο της κεραίας .

Αν λοιπόν αυτό τοποθετηθεί σε ύψος 0,2 λ , τότε θα παρουσιάζει αντίσταση γύρω στα 21 Ω , εφόσον τα radials είναι τοποθετημένα οριζόντια .

Όταν όμως τα χαμηλώσουμε κάτω από τον ορίζοντα , τότε η σύνθετη αντίστασή της αρχίζει να αυξάνει και όταν η γωνία που σχηματίζεται από τα radials και τον ορίζοντα πάρει μια τιμή γύρω στις 45 μοίρες , τότε η σύνθετη αντίσταση γίνεται περίπου 50 Ω , οπότε η κεραία μας μπορεί να τροφοδοτηθεί κατευθείαν με ένα καλώδιο coaxial της ίδιας σύνθετης αντίστασης .

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΕΡΑΙΑΣ GROUND PLANE ΓΙΑ ΤΑ 20 μέτρα

Μια τέτοια κατασκευή είναι αρκετά εύκολη και πολύ αποδοτική .

Κατ' αρχήν υπολογίζουμε το μήκος σε μέτρα του κάθετου στοιχείου και των radials από τον τύπο: $\lambda/4=142,5/2f$, όπου f είναι η συχνότητα σε Mc/s .

Αν λοιπόν θέλουμε η κεραία μας να συντονίζεται π.χ. στους 14,200 Mc/s , θα έχουμε: $\lambda/4=142,5/2 \times 14,200 = 142,5/28,4 = 5,02$ μέτρα .

Επομένως θα χρειαστούμε ή έναν σωλήνα αλουμινίου μήκους 5,02 μέτρων ή ένα σύστημα σωλήνων αλουμινίου που ο ένας να μπαίνει μέσα στον άλλον , έτσι ώστε όλοι μαζί να δημιουργούν το παραπάνω μήκος .

Αυτός λοιπόν ο σωλήνας θα αποτελεί και το κάθετο τμήμα της κεραίας , θα στερεωθεί σε μονωτήρες και θα τοποθετηθεί πάνω σε ένα ξύλινο καδρόνι .

Αν θέλει κάποιος μπορεί και να προμηθευτεί όλο αυτό το σύστημα , μαζί με την βάση του , έτοιμο από το εμπόριο .

Για τα τέσσερα radials θα χρησιμοποιήσουμε καλώδιο χάλκινο μονοπολικό πολύκλωνο διαμέτρου 1,5mm έως 2mm με επένδυση PVC (ηλεκτρολογικό καλώδιο) , που το καθένα τους θα έχει επίσης μήκος 5.02 μέτρα και στο ένα άκρο τους θα τοποθετηθεί οπωσδήποτε μονωτήρας .

Το άλλο άκρο τους θα στερεωθεί κάτω από το κάθετο στοιχείο και πάνω σε μια ειδική βάση από αλουμίνιο σχήματος Γ . Όλα δε τα radials , θα πρέπει να σχηματίζουν μια γωνία περίπου 45 μοιρών ως προς τον ορίζοντα , γιατί έτσι η κεραία μας θα μπορεί να τροφοδοτηθεί με ομοαξονικό καλώδιο 50 Ω , είτε κατευθείαν , είτε μέσω ενός coaxial τσόκ (5-9port , τεύχος 59) , για να αποφευχθούν τα TVI και RFI .

Καλόν είναι η κεραία μας να μη τοποθετηθεί σε ύψος λιγότερο από 4 μέτρα .

Έτσι λοιπόν η όλη κατασκευή θα πρέπει να είναι όπως στο (Σχήμα 10) .

Για τον συντονισμό : Αφού τοποθετήσουμε την κεραία μας , μετρούμε τα στάσιμα και εάν μας ικανοποιούν τότε η κεραία είναι έτοιμη για εκπομπή . Αν όμως χρειάζεται να τα μειώσουμε , τότε ή μεταβάλλουμε το μήκος του κάθετου στοιχείου ή το μήκος των radials .

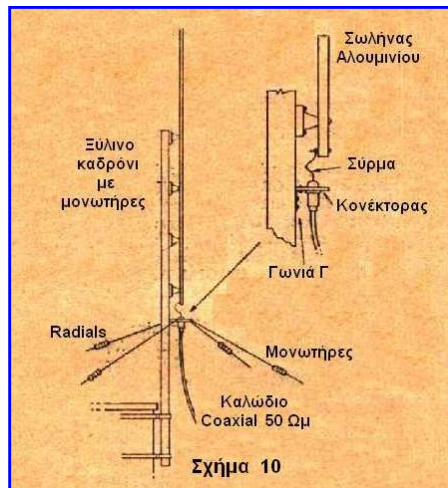
Πάντως μπορείτε να χρησιμοποιήσετε και την εξής απλή και πρακτική μέθοδο .

Βάλτε έναν φίλο σας να λειτουργεί τον πομποδέκτη σε **χαμηλή ισχύ** , έχοντας πατημένο το κλειδί του CW , ενώ συγχρόνως να παρατηρεί τα στάσιμα .

Εσείς πλησιάστε ένα radial και πιάστε το με το χέρι (Μη φοβάστε δεν θα σας τινάξει γιατί το καλώδιο του radial είναι μονωμένο) .

Τότε , εάν ανέβουν τα στάσιμα , σημαίνει ότι το radial θέλει κόντεμα , ενώ αν κατέβουν τότε το radial θέλει μάκρεμα .

Δεν είναι απλή μέθοδος;

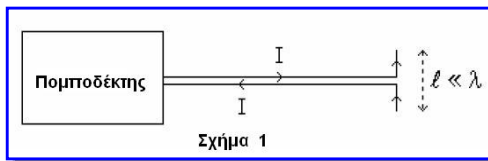


ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ (RADIATION RESISTANCE)

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε την γνωστή μας συνδεσμολογία , Πομπός – Γραμμή Μεταφοράς – Κεραία και ότι η γραμμή μεταφοράς είναι τέλεια προσαρμοσμένη τόσο με τον πομπό όσο και με την κεραία (Σχήμα 1) .

Αν μελετήσουμε θεωρητικά το θέμα θα διαπιστώσουμε ότι ο πομπός μας βλέπει την κεραία σαν ένα ωμικό φορτίο (resistive load) και η ισχύς που παράγεται από αυτόν μεταφέρεται εξ' ολοκλήρου στην κεραία σύμφωνα με τον τύπο :

$$P = I_e^2 \cdot R$$



Όπου I_e είναι η ενεργός τιμή του ρεύματος εισόδου της κεραίας και R είναι η αντίσταση του φορτίου που παρουσιάζει η κεραία .

Όλη λοιπόν η ενέργεια που απορροφάται από αυτήν την αντίσταση μετατρέπεται σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία .

Αν λύσουμε ως προς R τον παραπάνω τύπο θα βρούμε ότι:

$$R = \frac{P}{I_e^2}$$

Αυτή λοιπόν η «ωφέλιμη» αντίσταση ονομάζεται Αντίσταση Ακτινοβολίας της κεραίας .

Η αντίσταση ακτινοβολίας μιας κεραίας είναι ένα υποθετικό μέγεθος μεγάλης θεωρητικής σημασίας και αποτελεί βασική παράμετρο αξιολόγησης μιας κεραίας .

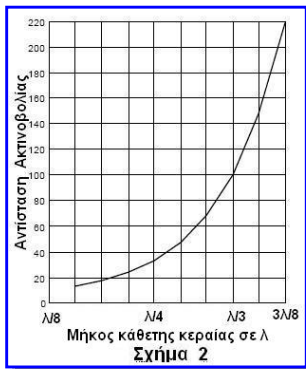
Πρακτικά θα μπορούσαμε να την ορίσουμε σαν την ωμική αντίσταση ενός κυκλώματος η οποία θα απορροφούσε το ίδιο ποσό ενέργειας με αυτό που θα ακτινοβολείτο από την κεραία .

Αποδεικνύεται ότι : **Αν ένα δίπολο παρουσιάζει ομοιόμορφη κατανομή ρεύματος , τότε η αντίσταση ακτινοβολίας στο σημείο τροφοδοσίας του θα δίνεται από τον τύπο:**

$$R_{rad} = 790 \left(\frac{L}{\lambda} \right)^2$$

Ειδικά μάλιστα στην περίπτωση που έχουμε ένα κάθετο μονόπολο μήκους $\lambda/4$, η αντίσταση ακτινοβολίας του θα είναι η μισή από αυτήν που παρουσιάζει το δίπολο , δηλαδή :

$$R_{rad} = 395 \left(\frac{L}{\lambda} \right)^2$$



Όπου L είναι το μήκος της κεραίας σε μέτρα και λ είναι το μήκος κύματος της κεραίας σε μέτρα .

Όπως βλέπουμε από τους παραπάνω τύπους , η αντίσταση ακτινοβολίας μιας κεραίας είναι ανάλογη του τετραγώνου του μήκους της , γι' αυτό και η μεταβολή της έχει μια παραβολική μορφή , όπως άλλωστε φαίνεται και από το (Σχήμα 2) .

Βέβαια όλα αυτά συμβαίνουν σε θεωρητικό επίπεδο , **στην πράξη όμως τα πράγματα είναι λίγο διαφορετικά** . Όπως ξέρουμε η σύνθετη αντίσταση που εμφανίζεται στο σημείο τροφοδοσίας μιας κεραίας δίνεται από τον τύπο : $Z = R + jX$ (5-9report , τεύχος 67) , δηλαδή έχουμε έναν μιγαδικό αριθμό όπου το φανταστικό

μέρος του , δηλαδή το X , αποτελεί την συνολική αντίδραση (χωρητική ή επαγωγική) που παρουσιάζει η κεραία , και το πραγματικό μέρος του , δηλαδή το R , αποτελείται: (α) από την αντίσταση ακτινοβολίας R_{rad} , μέσω της οποίας υπολογίζεται η ισχύς που ακτινοβολεί η κεραία , και (β) από την συνολική αντίσταση απωλειών R_{loss} που παρουσιάζει η κεραία και μέσω της οποίας υπολογίζονται οι διάφορες απώλειες της κεραίας , ισχύει μάλιστα ότι :

$$R = R_{\text{rad}} + R_{\text{loss}}$$

Προκειμένου δε να υπολογίσουμε την απόδοση μιας κεραίας μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον τύπο :

$$\text{Απόδοση}\% = 100 R_{\text{rad}} / (R_{\text{rad}} + R_{\text{loss}})$$

Παρατήρηση: Από τον παραπάνω τύπο διαπιστώνουμε ότι η απόδοση μιας κεραίας είναι ανάλογη της αντίστασης ακτινοβολίας της , που σημαίνει ότι , όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση ακτινοβολίας , τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η απόδοση της κεραίας .

Άρα μέλημά μας σε κάθε κατασκευή κεραίας και ειδικά της κάθετης , είναι να κρατάμε την αντίσταση ακτινοβολίας της σε όσο μεγαλύτερα επίπεδα γίνεται .

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1ον

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε μια κάθετη κεραία μήκους $\lambda/4$, συντονισμένη για την μπάντα των 20 μέτρων , η οποία είναι τοποθετημένη πάνω από τέλεια αγωγίμο έδαφος .

Τότε , όπως γνωρίζουμε (5-9report, τεύχος 68) , η αντίσταση ακτινοβολίας στο σημείο τροφοδοσίας της θα είναι: $R_{\text{rad}} = 36,5 \Omega$ και έστω ότι όλο το μήκος της κεραίας παρουσιάζει μια καθαρά ωμική αντίσταση $R_{\text{loss}} = 3,5 \Omega$.

Αν λοιπόν δεχθούμε ότι δεν έχουμε άλλες απώλειες , τότε η απόδοση της κεραίας μας θα είναι: $100 \cdot R_{\text{rad}} / (R_{\text{rad}} + R_{\text{loss}}) = 100 \cdot 36,5 / (36,5 + 3,5) = 3650 / 40 = 91,25\%$.

Που σημαίνει ότι , αν τροφοδοτούσαμε την κεραία μας με μια ισχύ 100 Watts , τότε τα 91,25 Watts θα μετατρέπονταν σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (ωφέλιμη ισχύς) , και τα υπόλοιπα 8,75 Watts θα χάνονταν υπό μορφή θερμότητας στην κεραία (απώλειες) .

Συμπέρασμα: Για να πετύχουμε την καλλίτερη δυνατή απόδοση μιας κάθετης κεραίας θα πρέπει να μειώνουμε όσο μπορούμε τις απώλειες που δημιουργούνται σε αυτήν και που προέρχονται είτε από τις απώλειες εδάφους , είτε από την καθαρά ωμική αντίσταση που παρουσιάζει η κεραία .

Δηλαδή θα πρέπει , για τα μεταλλικά μέρη της κεραίας να χρησιμοποιούμε υλικά μεγάλης ηλεκτρικής αγωγιμότητας , όπως π.χ. χάλκινο φαρδύ καλώδιο ή σωλήνα αλουμινίου κλπ. και για τους μονωτήρες , πορσελάνη ή άλλο μονωτικό υλικό αρίστης ποιότητας .

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2ον

Έστω τώρα , ότι την ίδια κεραία του προηγούμενου παραδείγματος , που ήταν συντονισμένη για την μπάντα των 20 μέτρων , την χρησιμοποιούσαμε για να εκπέμπουμε στα 160 μέτρα και αφού βέβαια πρώτα την είχαμε προσαρμόσει τέλεια με την γραμμή μεταφοράς , ώστε να έχει στάσιμα 1:1 .

Οπότε θα έχουμε :

$$R_{\text{rad}} = 395 \left(\frac{L}{\lambda} \right)^2 = 395 (5/160)^2 = 395 (0,03)^2 = 395 \cdot 0,0009 = 0,35 \Omega$$

Δηλαδή η αντίσταση ακτινοβολίας σε αυτήν την περίπτωση θα είναι : $R_{\text{rad}} = 0,35 \Omega$.

Τότε όμως η απόδοσή της θα γίνει:

$$100 \cdot 0,35 / (0,35 + 3,5) = 35 / 3,85 = 9\%$$

Που σημαίνει ότι αν την τροφοδοτούσαμε με 100 Watts , θα εκπέμπαμε μόνο 9 Watts , ενώ τα υπόλοιπα 91 Watts θα τα χάσουμε υπό μορφή θερμότητας στην κεραία .

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Από τα παραπάνω παραδείγματα συμπεραίνουμε ότι :

Για να έχουμε την μέγιστη δυνατή απόδοση σε μια κάθετη κεραία θα πρέπει :

1ον Το μήκος της να είναι τουλάχιστον $\lambda/4$ για την συχνότητα που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί .

2ον Να κρατάμε την αντίσταση ακτινοβολίας της σε όσο πιο ψηλές τιμές μπορούμε .

3ον Να μειώνουμε όσο το δυνατόν τις διάφορες απώλειες της κεραίας .

MULTIBAND ΚΑΘΕΤΕΣ ΚΕΡΑΙΕΣ

Η ανάγκη για εκπομπή σε διάφορες συχνότητες με την ίδια κεραία , βοήθησε στο να δημιουργηθούν διάφοροι τύποι κεραιών που να έχουν την δυνατότητα multiband λειτουργίας .

Βασικά υπάρχουν δύο τύποι τέτοιων καθέτων κεραιών .

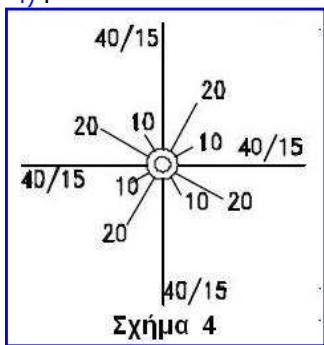
Αυτές που χρησιμοποιούν traps και αυτές που δεν χρησιμοποιούν traps .

1ον Κάθετες με traps :

Τα δίπολα που χρησιμοποιούν traps τα γνωρίσαμε στο 5-9report , τεύχος 66 .

Μια κάθετη κεραία που χρησιμοποιεί traps δεν είναι τίποτε άλλο από μισό δίπολο , τοποθετημένο κάθετα (Σχήμα 3) και λειτουργεί όπως ακριβώς το είχαμε περιγράψει .

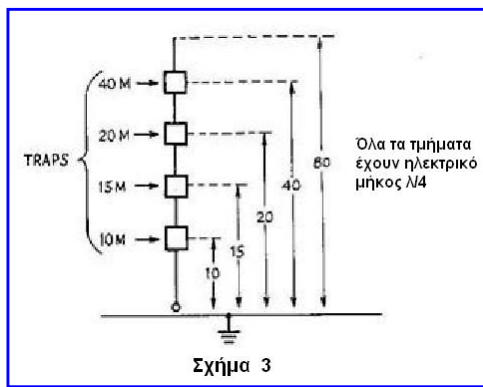
Φυσικά , για να έχει την καλλίτερη δυνατή απόδοση , θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν οπωσδήποτε radials και μάλιστα στην περίπτωση που η κεραία μας τοποθετηθεί σαν ground plane antenna , θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν 4 radials συντονισμένα για κάθε μπάντα λειτουργίας και τοποθετημένα σε συμμετρική διάταξη μεταξύ τους , όπως φαίνονται στο (Σχήμα 4) .



Σχήμα 4

παρουσιάζει TVI ή RFI , μπορούμε να τα εξαλείψουμε , χρησιμοποιώντας ένα coaxial chock στο σημείο τροφοδοσίας της .

Ένα τέτοιο chock κατασκευάζεται πολύ εύκολα , αρκεί να τυλίξουμε γύρω στις 10 σπείρες από το ίδιο το καλώδιο της γραμμής μεταφοράς πάνω σε έναν σωλήνα PVC διαμέτρου 120 mm .



Σχήμα 3

Βέβαια , εάν δεν διαθέτουμε τον κατάλληλο χώρο , μπορούμε να τα τοποθετήσουμε και με διαφορετική διάταξη , αλλά τότε θα χάσουμε την ομοιόμορφη εκπομπή γύρω από την κεραία .

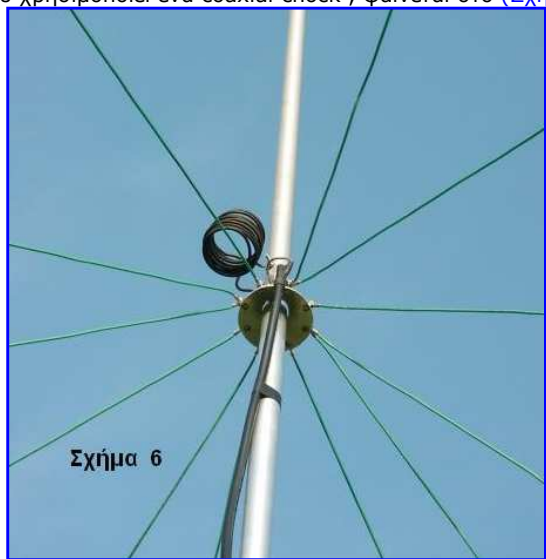
Για την καλλίτερη στερέωση των radials στην βάση της κεραίας , μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ειδικές βάσεις που κυκλοφορούν στο εμπόριο και είναι κατάλληλες γι' αυτόν τον σκοπό , όπως π.χ. αυτή του (Σχήματος 5) .

Επίσης , δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι στην περίπτωση που η κεραία μας



Σχήμα 5

Μια τέτοια κάθετη κεραία , με τα radials στερεωμένα στην ειδική βάση που αναφέραμε και που χρησιμοποιεί ένα coaxial chock , φαίνεται στο (Σχήμα 6) .

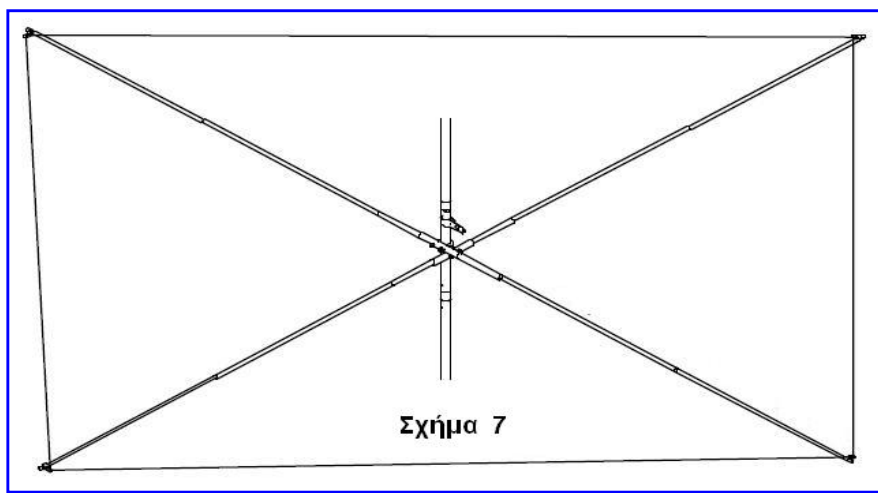


Ένα μεγάλο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν πολλοί ραδιοερασιτέχνες , είναι η έλλειψη χώρου για να αναπτυχθούν σωστά τα radials .

Γι' αυτές τις περιπτώσεις υπάρχουν ειδικά αντίβαρα που τοποθετούνται στην βάση της κεραίας και που μπορεί κανείς ή να τα κατασκευάσει ο ίδιος ή να τα προμηθευτεί έτοιμα από το εμπόριο .

Αυτά τα αντίβαρα έχουν σχήμα παραλληλογράμμου που έχει διαστάσεις , περίπου 3 μέτρα επί 2 μέτρα και είναι κατασκευασμένα ή εξ' ολοκλήρου από σωλήνα αλουμινίου ή από σωλήνα και σύρμα (Σχήμα 7).

Σχόλιο:



Πάντως αν μπορείτε να χρησιμοποιήσετε radials καλόν είναι να αποφύγετε το αντίβαρο γιατί με τα radials , έτσι όπως τα περιγράψαμε , η κεραία σας θα έχει καλλίτερη απόδοση .

Οι κάθετες κεραίες με traps παρουσιάζουν κυρίως τα εξής μειονεκτήματα :

- 1) Αν στην ίδια κεραία χρησιμοποιούνται πολλά traps , προκειμένου να καλύπτουν πολλές μπάντες , υπάρχει η πολύ συνηθισμένη περίπτωση κάποια μπάντα να μη μπορεί να συντονιστεί καλά , λόγω της αλληλεπίδρασης των traps .
 - 2) Η χρήση πολλών traps δημιουργεί αισθητές σχετικά απώλειες , που έχουν σαν αποτέλεσμα την μείωση της αποδοτικότητάς της .
 - 3) Μειώνεται αισθητά το εύρος λειτουργίας της στις μπάντες των χαμηλών συχνοτήτων .
 - 4) Αν μια κάθετη κεραία με traps έχει συνολικό μήκος π.χ. 10 μέτρα , αυτό δεν σημαίνει ότι εκπέμπει με όλο αυτό το μήκος σε όλες τις συχνότητες .
- Για παράδειγμα , στην συχνότητα των 28 Mc/s χρησιμοποιεί μόνο το κατώτατο τμήμα της , που είναι μόλις 2,5 μέτρα . Ενώ στους 21 Mc/s χρησιμοποιεί το ίδιο κατώτατο τμήμα των 28 Mc/s , αυξημένο κατά 0,85 μέτρα , κλπ. (Σχήμα 3) .

5) Τα traps θα πρέπει να είναι αρίστης ποιότητας , υψηλού Q και πολύ καλά μονωμένα από τις καιρικές συνθήκες και ιδιαίτερα από την υγρασία .

Στο εμπόριο κυκλοφορούν και μερικές κάθετες κεραίες με traps , όπου αντί για συρμάτινα radials μήκους $\lambda/4$, χρησιμοποιούν συνήθως τρεις αλουμινένιους σωλήνες πολύ μικρού μήκους , γύρω στα 1,70 μέτρα ο καθένας .

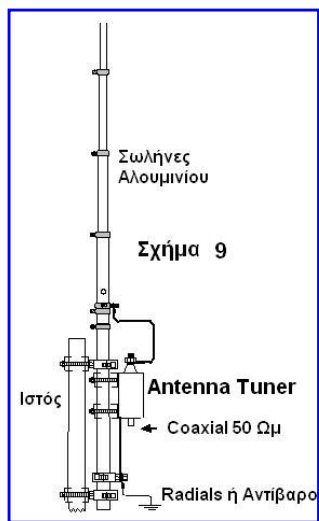
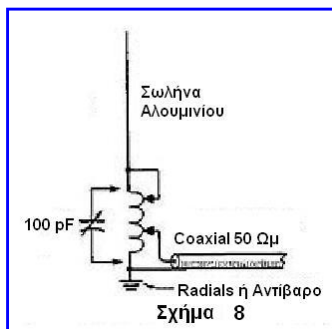
Πρέπει να έχετε υπ' όψιν σας ότι η απόδοση αυτών των κεραιών είναι αισθητά μειωμένη και καλόν είναι να χρησιμοποιούνται μόνον αφού έχετε εξαντλήσει πρώτα όλα τα περιθώρια τοποθέτησης ενός άλλου είδους αντίβαρο .

2^ο Κάθετες χωρίς traps:

Οι κεραίες αυτές αποτελούνται από έναν σωλήνα αλουμινίου ή σύστημα σωλήνων που μπαίνει ο ένας μέσα στον άλλον έτσι ώστε συνολικά να δημιουργούν ένα μήκος $\lambda/4$ μέτρων για την χαμηλότερη μπάντα που θέλουμε να λειτουργεί η κεραία .

Αν για παράδειγμα , θέλουμε η κεραία μας να λειτουργεί στις μπάντες των 40 , 20 , 15 και 10 μέτρων , τότε θα πρέπει να έχει μήκος περίπου 10 μέτρα . Επιπλέον δε , παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι για όλες τις μπάντες λειτουργεί με όλο της το μήκος .

Για να μπορέσει να προσαρμοστεί σε κάθε συχνότητα με την γραμμή μεταφοράς , θα πρέπει να τοποθετηθεί στην βάση της ένα πηνίο , όπου με κατάλληλες λήψεις στις σπείρες του να πετυχαίνουμε την καλλίτερη προσαρμογή για κάθε μπάντα λειτουργίας της (Σχήμα 8) .



Οι κάθετες κεραίες χωρίς traps , χρησιμοποιώντας διάφορες πατέντες η κάθε μια , όπως π.χ. η GAP antennas , που στο μοντέλο της Titan (Σχήμα 10) , χρησιμοποιεί αντί για radials το ειδικό αντίβαρο που αναφέραμε παραπάνω ή η Butternut (Σχήμα 11) , που στα μοντέλα της , χρησιμοποιεί είτε radials (προτιμώνται) , είτε αντίβαρο , για όσους δεν διαθέτουν τον κατάλληλο χώρο .

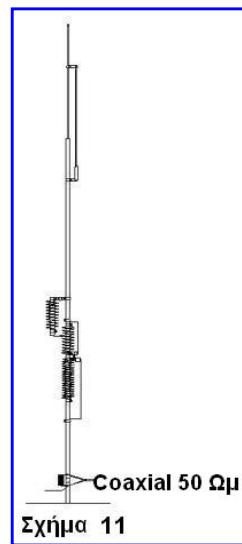
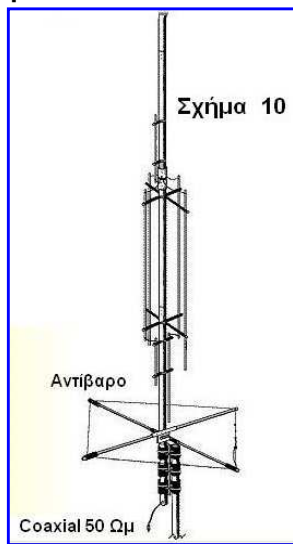
Το πηνίο αποτελείται από 30 σπείρες σύρματος εμαγιέ διαμέτρου 2 mm , τυλιγμένο σε κύλινδρο διαμέτρου 6 cm , έτσι ώστε η μία σπείρα να απέχει από την άλλη περίπου 4 έως 5 mm .

Για μεγαλύτερη διευκόλυνση στον συντονισμό , μπορεί να χρησιμοποιηθεί παράλληλα με αυτό και ένας αραιόφυλος μεταβλητός πυκνωτής , χωρητικότητας 100 pF .

Βέβαια θα μπορούσε κανείς να αποφύγει την χρήση αυτού του πηνίου και να χρησιμοποιήσει στην θέση του ένα αυτόματο antenna tuner , οπότε ο συντονισμός της κεραίας γίνεται εξαιρετικά απλός και εύκολος (Σχήμα 9) .

Και στις κάθετες κεραίες που λειτουργούν χωρίς traps πρέπει οπωσδήποτε να χρησιμοποιηθούν radials , όπως ακριβώς τα περιγράψαμε στα προηγούμενα .

Αρκετοί κατασκευαστές διαθέτουν



Οι κάθετες κεραίες χωρίς traps παρουσιάζουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να κατασκευαστούν και να τοποθετηθούν πανεύκολα από τον κάθε ραδιοερασιτέχνη , ενώ συγχρόνως δεν εμφανίζουν τα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν οι αντίστοιχες κεραίες με traps .

Και μια τελευταία συμβουλή :

Ποτέ μην παρασυρθείτε από τις διαφημίσεις και αγοράσετε κεραία που σας υπόσχονται ότι λειτουργεί χωρίς να χρειάζεται να χρησιμοποιήσετε καθόλου radials ή κάποιο άλλου είδους αντίβαρο , και ας λένε ότι παρουσιάζει στάσιμα 1:1 από 1,5 Mc/s έως 50 Mc/s .

Οι κεραίες αυτές έχουν εξαιρετικά χαμηλή απόδοση και καλόν είναι να αποφεύγονται .

ΚΑΘΕΤΗ ΚΕΡΑΙΑ ΜΕ «ΦΟΡΤΙΟ»

Πολλοί ραδιοερασιτέχνες και κυρίως αυτοί που κατοικούν σε μεγάλες πόλεις , έχουν συνήθως έντονο πρόβλημα χώρου για να «απλώσουν» σωστά μια κεραία .

Ειδικά μάλιστα στις μπάντες των χαμηλότερων συχνοτήτων και κυρίως κάτω από τα 40 μέτρα , το πρόβλημα γίνεται εντονότατο .

Έτσι λοιπόν δημιουργήθηκε η ανάγκη μείωσης του μήκους της κεραίας , βέβαια «πληρώνοντας» το αντίστοιχο τίμημα , δηλαδή μικρότερη απόδοση , μικρότερο εύρος λειτουργίας , αλλά και μείωση της σύνθετης αντίστασής της .

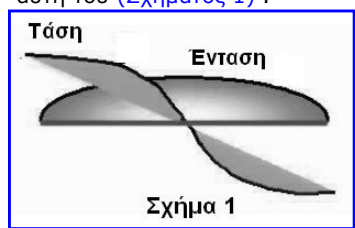
Παρόλα αυτά όμως είναι προτιμότερη μια τέτοια λύση από το να μη μπορούμε να τοποθετήσουμε καθόλου μια κεραία .

Για να μειώσουμε το μήκος μιας κεραίας υπάρχουν δύο μέθοδοι που βασίζονται ή στην χρήση χωρητικού φορτίου – capacity loading ή στην χρήση επαγωγικού φορτίου – conductive loading .

A. Χωρητικό φορτίο – Capacity loading

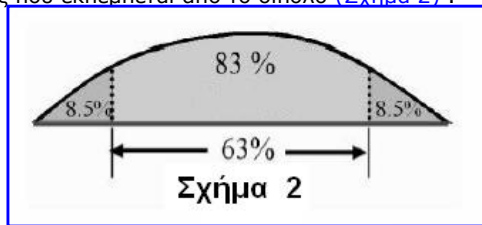
Ο κανόνας 83/63

Όπως γνωρίζουμε η κατανομή του ρεύματος και της τάσης σε ένα δίπολο είναι αυτή του (Σχήματος 1) .



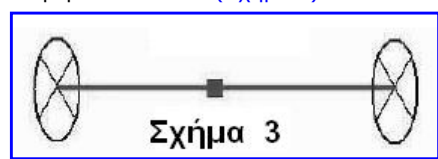
Ειδικά η κατανομή του ρεύματος είναι τέτοια , ώστε το 83% της ακτινοβολούμενης ενέργειας του δίπολου να προέρχεται από το 63% του μεσαίου τμήματος του μήκους του .

Το υπόλοιπο τμήμα του , που είναι το 37% του μήκους του δίπολου (δηλαδή από 18,5% σε κάθε άκρο του) , ακτινοβολεί μόνο το 17% της ολικής ενέργειας που εκπέμπεται από το δίπολο (Σχήμα 2) .



Αν αφαιρούσαμε λοιπόν αυτό το τμήμα του δίπολου , που αποτελεί το 37% του μήκους του , εμείς θα χάναμε το 17% της ακτινοβολούμενης ενέργειάς του , δηλαδή περίπου 0,6 dB .

Η απώλεια όμως αυτή θα γινόταν μικρότερη , αν αντί να αφαιρούσαμε το παραπάνω τμήμα , το αντικαθιστούσαμε με ένα άλλο που θα είχε διαφορετική μορφή και σχήμα , ενώ συγχρόνως το δίπολο θα παρέμενε «κοντό» (Σχήμα 3) .

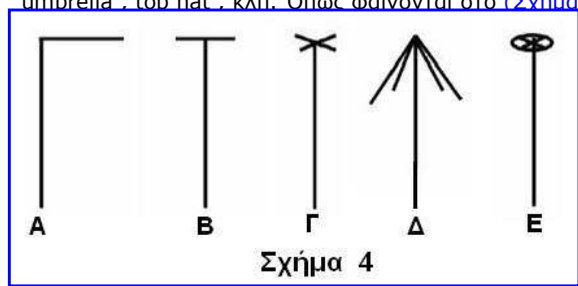


διπόλου ονομάζονται end loading hats ή capacity hats , και στην Ελληνική βιβλιογραφία αναφέρονται ως «χωρητικά φορτία» , τα οποία φυσικά δεν έχουν καμία σχέση με την χωρητικότητα πυκνωτή .

Η μέθοδος αυτή ονομάζεται loading και βοηθά στο να παραμένει η κατανομή του ρεύματος σε ένα «κοντό» δίπολο όμοια με αυτήν ενός full size δίπολου .

Στο παράδειγμα μάλιστα που αναφέραμε , τα κομμάτια εκείνα που αντικατέστησαν τα δύο ακραία τμήματα του

Ειδικά μάλιστα για τις κάθετες κεραίες υπάρχουν διάφορα είδη capacity hats , τα οποία συνήθως αντικαθιστούν ένα μέρος από το επάνω τμήμα του κάθετου μονόπολου , και ανάλογα με τον τύπο τους , παίρνουν διάφορες ονομασίες , όπως inverted L , T , spokes , umbrella , tor hat , κλπ. Όπως φαίνονται στο (Σχήμα 4 Α , Β , Γ , Δ , Ε) αντίστοιχα .



Σχήμα 4

Σύμφωνα με τις παραπάνω διατάξεις αυτό που επιτυγχάνεται είναι :

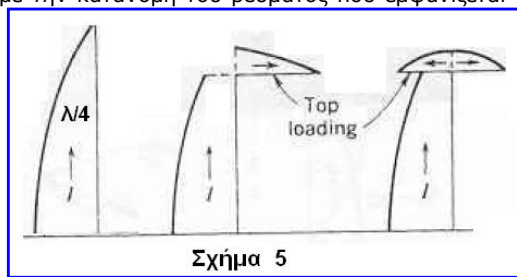
- 1^{ov} Η αύξηση του ρεύματος στην βάση της κεραίας .
- 2^{ov} Η ομοιόμορφη κατανομή του ρεύματος κατά μήκος όλης της διάταξης της κεραίας .
- 3^{ov} Η ελάχιστη μείωση της αντίστασης ακτινοβολίας της , που είναι ένας σημαντικός

παράγοντας για την απόδοσή της και

4^{ov} Η ομοιότητα στο διάγραμμα ακτινοβολίας μιας κάθετης tor loaded κεραίας , με αυτό που παρουσιάζει μια κάθετη $\lambda/4$, πράγμα που φυσικά οφείλεται κυρίως στην παρόμοια κατανομή του ρεύματος κατά μήκος των κεραίων .

Μια τέτοια κεραία εξακολουθεί να εμφανίζει κάθετη πόλωση , παρά την προσθήκη του πάνω οριζόντιου τμήματος , και αυτό γιατί η ένταση του ρεύματος που το διαρρέει είναι κατά πολύ μικρότερη από αυτήν που διαρρέει το κάθετο τμήμα της , όπως άλλωστε φαίνεται και από τις κατανομές των ρευμάτων που αναπτύσσονται στους τύπους inverted L και T αυτών των κεραίων , σε σχέση φυσικά με την κατανομή του ρεύματος που εμφανίζεται σε μια κάθετη μήκους $\lambda/4$ (Σχήμα 5) .

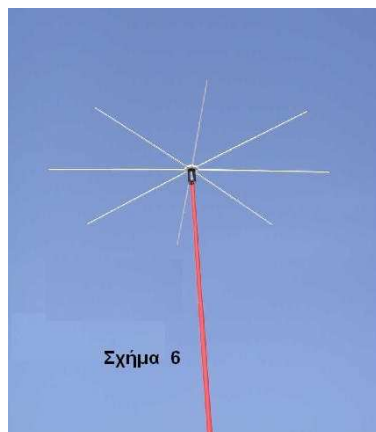
Για τον υπολογισμό ενός tor hat , καλόν είναι να χρησιμοποιηθούν τα ειδικά γι' αυτόν τον σκοπό προγράμματα , που κυκλοφορούν στο Internet , όπως π.χ. το πρόγραμμα TOPHAT2 του Reg Edwards – G4FGQ , και αυτό γιατί οι μαθηματικοί τύποι που αναφέρονται στον υπολογισμό τους είναι αρκετά πολύπλοκοι .



Σχήμα 5

Η απλούστερη μέθοδος όμως είναι να κατασκευάσει κανείς μόνος του

ένα τέτοιο tor hat ή να το προμηθευτεί έτοιμο από το εμπόριο , να το τοποθετήσει στο πάνω μέρος του κάθετου τμήματος της κεραίας και να αυξομειώνει το μήκος του κάθετου τμήματος μέχρι να πετύχει τον κατάλληλο συντονισμό στην συχνότητα που επιθυμεί .(Σχήμα 6) .



Σχήμα 6

Βέβαια ένα μειονέκτημα που παρουσιάζεται είναι η μείωση του εύρους λειτουργίας της κεραίας , σε σχέση φυσικά με μια αντίστοιχη κάθετη μήκους $\lambda/4$.

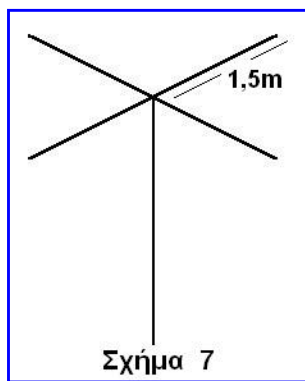
Για καλύτερη απόδοση καλόν είναι στα tor hats να προτιμώνται συμμετρικές κατασκευές , όπως αυτές του (Σχήματος 4 Β, Γ, Δ , Ε) .

Ας δούμε λοιπόν , με ένα παράδειγμα πώς θα είναι μια τέτοια κατασκευή .

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε μια κάθετη κεραία μήκους $\lambda/4$ συντονισμένη στους 7,050 Mc/s , τότε αυτή η κεραία θα είχε μήκος περίπου 10,10 μέτρα . Έστω τώρα ότι αυτήν την κεραία θέλαμε να την κοντύνουμε κατά 3 μέτρα , δηλαδή να έχει μήκος 7 μέτρα .

Χρησιμοποιώντας την μέθοδο του tor hat , θα πρέπει να τοποθετήσουμε στην κορυφή της 4 ακτίνες (spokes) , μήκους 1,5 μέτρο η κάθε μια (Σχήμα 7) .

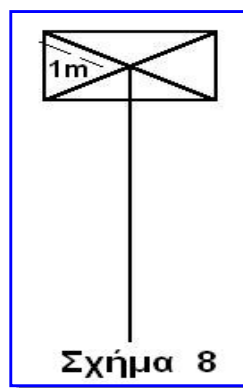
Τότε , αν την μετρούσαμε θα παρατηρούσαμε ότι το gain της θα μειωνόταν μόνο κατά 0,12 dB , σε σχέση φυσικά με την κάθετη των 10 μέτρων , ενώ συγχρόνως η σύνθετη αντίστασή της από 36 Ωμ θα γινόταν 30 Ωμ περίπου , πράγμα που σημαίνει ότι παρόλο που κόντυνε η κεραία , δεν θα έχουμε ουσιαστικές αλλαγές .



Σχήμα 7

Αν τώρα θέλουμε να μικρύνουμε το μήκος των ακτίνων του tor hat , ώστε κάθε μια να έχει μήκος 1 μέτρο , δεν έχουμε παρά να συνδέσουμε τα άκρα τους περιμετρικά όπως στο (Σχήμα 8) .

Οι μετρήσεις σε αυτήν την περίπτωση θα μας έδειχναν ότι οι απώλειες παραμένουν σχεδόν ίδιες , δηλαδή περίπου 0,11 dB και η σύνθετη αντίσταση θα γίνει περίπου 33 Ωμ . Άρα είναι

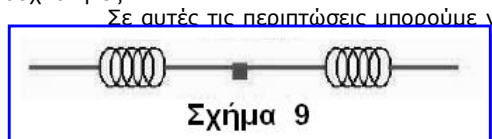


Σχήμα 8

προτιμότερη η δεύτερη περίπτωση .

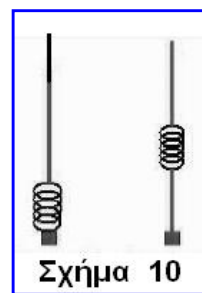
B. Επαγωγικό φορτίο – Inductive loading

Υπάρχουν περιπτώσεις που έχουμε ανάγκη από δραστικότερη μείωση του μήκους μιας κεραίας , όπως π.χ. όταν θέλουμε να την χρησιμοποιήσουμε για τα 80 ή τα 160 μέτρα , και περισσότερο βέβαια όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σαν κεραία αυτοκινήτου που πρέπει να συντονίζεται σε HF συχνότητες .



Σχήμα 9

Σε αυτές τις περιπτώσεις μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και μια άλλη μέθοδο , η οποία λύνει το παραπάνω πρόβλημα με την προσθήκη μιας αυτεπαγωγής (ενός πηνίου) , το οποίο παρεμβάλλεται σε κάποιο σημείο της κεραίας , όπως φαίνεται στο (Σχήμα 9) , που αναφέρεται σε δίπολο ή στο (Σχήμα 10) , που αναφέρεται σε κάθετη .



Σχήμα 10

Προσέξτε όμως , είναι λάθος αυτό που πιστεύουν πολλοί , ότι το πηνίο αυτό αντικαθιστά το μήκος που λείπει από την κεραία .

Ας μελετήσουμε λοιπόν τον ρόλο που παίζει αυτό το πηνίο , ώστε να καταλάβουμε πώς λειτουργεί .

Όπως ήδη γνωρίζουμε (5-9report , τεύχος 70) , όταν μειώνουμε το μήκος μιας κεραίας , ώστε να συντονίζεται σε συχνότητα μικρότερη από αυτήν που είναι υπολογισμένη , τότε εκτός των άλλων προβλημάτων που εμφανίζονται , παρουσιάζεται και μια έντονη μείωση της αποδοτικότητάς της .

Αυτή η μείωση φαίνεται καλύτερα στο (Σχήμα 11) , όπου παρουσιάζεται η σχέση μεταξύ της απόδοσης και του μήκους μιας κάθετης κεραίας .



Σχήμα 11

Ας υποθέσουμε λοιπόν ότι εμείς αρχίζουμε να μειώνουμε το μήκος μιας κεραίας , ώστε να συντονίζεται σε χαμηλότερη συχνότητα .

Όμως , όσο μειώνεται η συχνότητα , τόσο αυξάνεται η χωρητική αντίδραση X_C που εμφανίζεται στην κεραία , σύμφωνα με τον τύπο : $X_C = 1/2\pi fC$, ενώ παράλληλα μειώνεται η επαγωγική της αντίδραση , η οποία έχει τύπο : $X_L = 2\pi fL$ (5-9report , τεύχος 67) .

Από την άλλη μεριά πάλι , ξέρουμε ότι για να συντονίζεται μια κεραία θα πρέπει στο σημείο τροφοδοσίας της , η χωρητική αντίδραση να είναι ακριβώς ίση κατά μέτρο αλλά αντίθετη από την επαγωγική αντίδραση (5-9report , τεύχος 68) .

Αφού λοιπόν όταν κονταίνουμε μια κεραία αυξάνεται η χωρητική αντίδραση , ενώ συγχρόνως μειώνεται η επαγωγική , εμείς θα πρέπει με κάποιον τρόπο να αναπληρώσουμε

την χαμένη επαγωγική αντίδραση , και ο μόνος τρόπος για να το επιτύχουμε αυτό , είναι να προσθέσουμε μια αυτεπαγωγή (ένα πηνίο) , σε κάποιο σημείο της κεραίας .

Αυτή λοιπόν η προσθήκη του πηνίου , είναι που έχει δημιουργήσει εσφαλμένα την εντύπωση σε αρκετούς φίλους ραδιοερασιτέχνες , ότι αναπληρώνει το χαμένο μήκος της κεραίας , ενώ στην πραγματικότητα δεν κάνει τίποτε άλλο παρά να προσθέτει επαγωγική αντίδραση στην κεραία , ώστε να συντονίζει στην συχνότητα που επιθυμούμε .

Στο σημείο αυτό βέβαια , δημιουργείται εύλογα το ερώτημα «**Ποια είναι η καταλληλότερη θέση που πρέπει να τοποθετηθεί αυτό το πηνίο σε μια κάθετη κεραία , ώστε να έχουμε την καλύτερη δυνατή απόδοση;**» και η απάντηση , που είναι τόσο απλή «**όσο πιο ψηλά τόσο πιο καλά** » έχει βγει μετά από χιλιάδες ώρες πειραματισμών , υπολογισμών και μετρήσεων .

Αν προσέξουμε μάλιστα τον πίνακα του (Σχήματος 12) , θα παρατηρήσουμε ότι εμφανίζονται δύο καμπύλες , η κάτω καμπύλη που αναφέρεται σε κάθετη κεραία όπου το πηνίο έχει τοποθετηθεί στην βάση της (base loaded) , και η πάνω καμπύλη η οποία αναφέρεται σε κάθετη κεραία όπου το πηνίο έχει τοποθετηθεί στο πάνω μέρος της (top loaded) .

Αν για παράδειγμα έχουμε κοντύνει μια κάθετη κεραία από 0,25λ σε 0,15λ , τότε σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα , αν το πηνίο τοποθετηθεί στην βάση της , η κεραία θα παρουσιάζει αντίσταση ακτινοβολίας περίπου 10 Ωμ , ενώ αν τοποθετηθεί στο πάνω μέρος της , η αντίσταση ακτινοβολίας της αυξάνεται στα 25 Ωμ , πράγμα που σημαίνει ότι θα έχουμε πολύ καλλίτερη απόδοση .

Εννοείται βέβαια ότι αν το πηνίο τοποθετηθεί στο μέσον της κεραίας , η αντίσταση ακτινοβολίας της θα έχει μια ενδιάμεση τιμή .

Γι' αυτό καλόν είναι να αποφεύγετε , και εφόσον βέβαια αυτό είναι δυνατόν , κάθετες κεραίες και ειδικά HF mobile , που τοποθετούν το πηνίο στην βάση τους .

Οι περισσότεροι κατασκευαστές , κυρίως για λόγους στήριξης , αποφεύγουν να τοποθετούν το πηνίο στο άνω άκρο της κεραίας και προτιμούν μια ενδιάμεση θέση , όπως π.χ. η Yaesu , η οποία κατασκεύαζε HF mobile κεραίες τις οποίες τοποθετούσε πάνω από ένα στυλίδιο , που είχε μήκος περίπου 50 cm και εχρησιμοποιείτο από μόνο του σαν κάθετη κεραία λ/4 για τα 2 μέτρα .

Έτσι με αυτόν τον τρόπο πετύχαινε το πηνίο να μην τοποθετείται στην βάση της και συγχρόνως η κεραία να λειτουργεί και σε HF μπάντες και σε VHF (2 μέτρα) .

Η καρδιά λοιπόν της λειτουργίας μιας «κοντής» κεραίας , είναι αυτό το πηνίο (loading coil) που αναφέραμε .

Το πηνίο αυτό πρέπει να έχει τις λιγότερες δυνατές απώλειες , πράγμα που σημαίνει ότι γι' αυτό πρέπει να ισχύουν οι εξής δύο προϋποθέσεις : (α) Υψηλό Q και (β) Μεγάλη διάμετρο του σύρματος από το οποίο θα αποτελείται .

Ειδικά για το σύρμα του , θα πρέπει να έχει διάμετρο τουλάχιστον 2 mm αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για πομπούς χαμηλής ισχύος , από 100 έως 150 Watts .

Αν όμως πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για μεγάλη ισχύ , της τάξεως των 1500 Watts , τότε το πηνίο αυτό θα πρέπει να κατασκευαστεί από χαλκοσωλήνα διαμέτρου 8 mm , και αυτό γιατί επάνω του αναπτύσσονται πολύ υψηλές θερμοκρασίες .

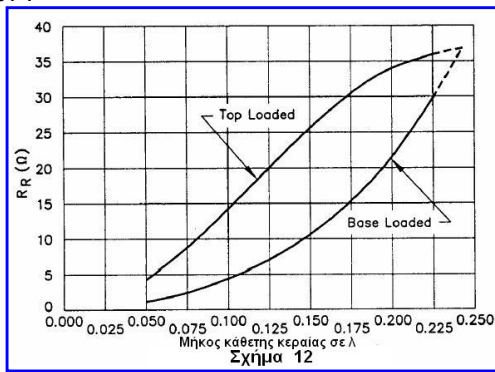
Όσον αφορά το Q του πηνίου , αυτό θα πρέπει να παίρνει τιμές πάνω από 250 .

Όπως γνωρίζουμε , για το Q ενός πηνίου ισχύει ότι : $Q = X_L / R$, δηλαδή ισούται με το πηλίκο της επαγωγικής αντίδρασης δια της ωμικής αντίστασης που παρουσιάζει το σύρμα του πηνίου .

Γι' αυτό θα πρέπει η R να έχει όσον το δυνατόν πιο χαμηλή τιμή , ούτως ώστε και το Q να παίρνει μεγαλύτερες τιμές , αλλά και να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες από το σύρμα .

Από την άλλη μεριά πάλι , αν ανεβάζαμε το Q πολύ ψηλά και έπαιρνε μια τιμή π.χ. γύρω στα 800 , αυτό θα σήμαινε μεν ότι θα μειώνονταν οι απώλειες κατά 2/3 περίπου , αλλά συγχρόνως θα είχαμε μείωση του εύρους λειτουργίας της κεραίας μας .

Αυτός είναι και ο λόγος που θα πρέπει το Q ενός τέτοιου πηνίου να παίρνει τις ενδιάμεσες τιμές από αυτές που αναφέραμε .



Σχήμα 12

Ένας σπουδαίος παράγοντας που παίζει ρόλο στην κατασκευή ενός τέτοιου πηνίου είναι και ο λόγος του μήκους του προς την διάμετρό του .

Για μια σωστή κατασκευή θα πρέπει : **Ο λόγος του μήκους του πηνίου προς την διάμετρό του να παίρνει τιμές από 0,5 έως 1,5 .**

Αυτό φαίνεται άλλωστε και από τον πίνακα του (Σχήματος 13) , που μας δείχνει την σχετική τιμή του Q-factor σε σχέση με τον λόγο μήκος πηνίου προς διάμετρο .



Σχήμα 13

Από τον πίνακα αυτόν φαίνεται εύκολα ότι ένας λόγος της τάξης του 0,7 , μας δίνει την καλλίτερη τιμή του Q .

Όσον αφορά δε το τύλιγμα αυτού του πηνίου , θα πρέπει ανάμεσα στις σπείρες του να υπάρχει τόσο κενό , όσο είναι η διάμετρος του σύρματος και αυτό γιατί έτσι μειώνουμε την κατανεμημένη χωρητικότητα που εμφανίζεται σε αυτό , διότι διαφορετικά υπάρχει περίπτωση το πηνίο να μετατραπεί σε κύκλωμα Thomson (L-C) , και να αρχίζει να λειτουργεί σαν trap (5-9report , τεύχος 66) , πράγμα το

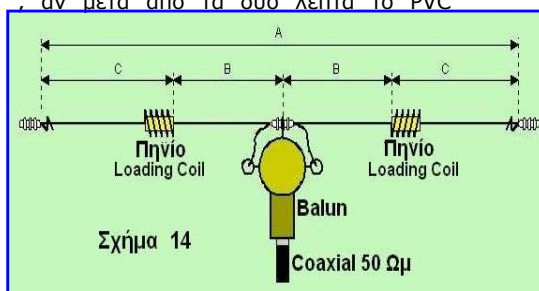
οποίο εμείς δεν θέλουμε .

Γι' αυτό καλόν είναι σε μια τέτοια κατασκευή να μετριέται πρώτα η ιδιοσυχνότητα αυτού του πηνίου , ώστε η κεραία μας να λειτουργεί αρκετά μακριά από την ιδιοσυχνότητά αυτή .

Το πηνίο καλόν είναι να τυλιγεται στον αέρα , αν όμως αυτό δεν είναι εφικτό μπορεί να τυλιχτεί και σε μια σωλήνα PVC .

Για να ελέγξουμε όμως αν η ποιότητα του PVC είναι κατάλληλη γι' αυτή την δουλειά , κάνουμε το εξής πείραμα : Παίρνουμε ένα κομμάτι από αυτό το PVC και το βάζουμε στον φούρνο μικροκυμάτων , τον οποίον αφήνουμε να λειτουργεί στην μεγαλύτερη ισχύ του για δύο περίπου λεπτά , αν μετά από τα δύο λεπτά το PVC εξακολουθεί να παραμένει παγωμένο , σημαίνει ότι είναι κατάλληλο για την δουλειά μας .

Για τον υπολογισμό αυτών των πηνίων υπάρχουν ειδικά προγράμματα στο Internet , όπως αυτά των Reginald James Edwards - G4FGQ (LOADCOIL) , του Kris Merschrod - OA4/KA2OIG και του Martin E. Meserve - K7MEM , στο πρόγραμμα του οποίου υπολογίζονται τέτοια πηνία και για δίπολο (Σχήμα 14) .



Σχήμα 14