

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΗΝΙΑ

Σκοποί κεφαλαίου 4

Μετά το πέρας της διδασκαλίας του κεφαλαίου ο μαθητής θα πρέπει:

1. Να αναφέρει και να επεξηγεί τις απώλειες των πηνίων με πυρήνα.
2. Να επεξηγεί τη συμπεριφορά των πηνίων στις Χ.Σ. και Υ.Σ.
3. Να επεξηγεί τη συμπεριφορά των πηνίων με πυρήνα ή διάκενο.
4. Να αναφέρει τις κατηγορίες των πηνίων.
5. Να αναφέρει τις χρήσεις των διαφόρων τύπων πηνίων και να τα αναγνωρίζει.
6. Να αναφέρει τις χρήσεις των μεταβλητών πηνίων.

4.1 ΠΗΝΙΑ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΤΟΥΣ

Όταν ένας αγωγός ή πηνίο διαρρέεται από ρεύμα, τότε γύρω από τον αγωγό ή το πηνίο αναπτύσσεται μαγνητικό πεδίο στο μονωτικό χώρο που τα περιβάλλει. Αν το ρεύμα αυξάνεται, αυξάνει και η μαγνητική ροή, η οποία παράγει μία τάση στον αγωγό ή το πηνίο τέτοιας πολικότητας που να αντιτίθεται στην αύξηση της μαγνητικής ροής. Όταν το ρεύμα μειώνεται, η τάση που αναπτύσσεται στον αγωγό ή το πηνίο είναι τέτοιας πολικότητας που αντιτίθεται στη μείωση της μαγνητικής ροής, δηλαδή έχει ίδια φορά με αυτή της τάσης τροφοδοσίας.

Αιτία γι' αυτό το φαινόμενο είναι το ρεύμα του ίδιου του αγωγού ή πηνίου και η διαφορά δυναμικού που εμφανίζεται στα άκρα του ονομάζεται ηλεκτρεγερτική δύναμη (ΗΕΔ) από αυτεπαγωγή· οφείλεται δε στη μεταβολή του ίδιου του μαγνητικού πεδίου του αγωγού ή πηνίου και το φαινόμενο ονομάζεται αυτεπαγωγή. Αυτό το φαινόμενο είναι περισσότερο έντονο όταν το ηλεκτρικό κύκλωμα (πηνίο), αποτελείται από πολλές ομοαξονικές σπείρες. Έτσι το εξάρτημα που αποθηκεύει και αποδίδει ενέργεια με τη μορφή μαγνητικού πεδίου είναι το πηνίο.

Στα πηνία με πυρήνα παρουσιάζονται οι εξής απώλειες:

α) Από μαγνητική υστέρηση: Η συνολική απώλεια σε Watts, από την παρουσία του σιδηρομαγνητικού πυρήνα, δίνεται από τη σχέση του Steinmetz:

$$P_H = V \cdot f \cdot n \cdot B_m^{1,2} \cdot 10^{-7} \text{ (W)} \quad 4.1$$

όπου V = όγκος πυρήνα σε cm^3 ,
 f = συχνότητα λειτουργίας πηνίου σε Hz,
 B_m =μέγιστη επαγωγή σε Gauss και
 $n=0,0015 \sim 0,0030$ συντελεστής ανάλογα με την ποιότητα του υλικού του πυρήνα.

Στην ηλεκτρονική τα πηνία που χρησιμοποιούνται σε συχνότητες πάνω από 10KHz δεν χρησιμοποιούν σιδηροπυρήνα, επειδή αυτές οι απώλειες είναι μεγάλες.

β) Από δινορεύματα (ρεύματα Foucault ή eddy): Αυτές οφείλονται στα ρεύματα που δημιουργούνται γύρω από τις ευθύγραμμες κλειστές μαγνητικές γραμμές του πυρήνα των οποίων μεταβάλλεται η ένταση. Οι απώλειες αυτές είναι πολύ μεγαλύτερες από τις προηγούμενες και δίνονται από τη σχέση:

$$P_F = 0,164 \cdot B_m^2 \cdot f^2 \cdot V \cdot d^2 \cdot 10^{-10} \text{ (W)} \quad 4.2$$

όπου d = πάχος φύλλου του πυρήνα σε cm. Επειδή η P_F είναι ανάλογη του f^2 , αυτό σημαίνει ότι με συμπαγή πυρήνα και μεγάλες συχνότητες λειτουργίας φτάνουμε σε απαγορευτικές τιμές απωλειών.

Είναι επίσης ανάλογη με το d^2 , που σημαίνει ότι πρέπει να χρησιμοποιείται πυρήνας από πολλά επάλληλα μονωμένα μεταξύ τους φύλλα ώστε να έχουμε μικρό d . Έτσι οι απώλειες Foucault υποβιβάζονται σημαντικά. Μια καλύτερη λύση είναι η χρήση πυρήνων φερρίτη (συμπιεσμένο μονωτικό με σκόνη σιδηρομαγνητικού υλικού) για πολύ μικρότερες απώλειες.

4.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΠΗΝΙΩΝ

α) Οι επιδράσεις του περιβάλλοντος σ' ένα πηνίο είναι μόνιμες ή παροδικές. Οι μηχανικές καταπονήσεις και η υγρασία προκαλούν πλαστικές μεταβολές στο πηνίο γι' αυτό και πρέπει να λαμβάνονται μέτρα. Η αύξηση της θερμοκρασίας λειτουργίας λόγω απωλειών σ' ένα πηνίο, προκαλεί ελαστικές μεταβολές δηλαδή μεταβολές των διαστάσεών του, οι οποίες αποκαθίστανται μετά την παύση του φαινομένου.

β) Όταν εναλλασσόμενο ρεύμα διαρρέει έναν αγωγό, η εναλλασσόμενη μαγνητική ροή μέσα στον αγωγό επάγει μία τάση. Αυτή η τάση έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της πυκνότητας του ρεύματος στο εσωτερικό του αγωγού και την αύξησή της στην εξωτερική του επιφάνεια. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως επιδερμικό και γίνεται εμφανέστερο με την αύξηση της συχνότητας. Αποδεικνύεται ότι αν η διατομή ενός αγωγού είναι πολύ μεγαλύτερη από το πραγματικό πάχος του «στρώματος» του ρεύματος, τότε η πυκνότητα του ρεύματος μεταβάλλεται εκθετικά από την επιφάνεια προς το εσωτερικό του αγωγού. Το εντός του αγωγού βάθος στο οποίο η τιμή της πυκνότητας του ρεύματος ισούται με $1/e$ ($e=2,718...$) σε σχέση με αυτό της επιφάνειας, ονομάζεται ονομαστικό βάθος διείσδυσης και είναι:

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi f \mu}} \text{ (m)} \quad 4.3$$

όπου ρ η ειδική αντίσταση του αγωγού σε $\Omega \cdot m$,

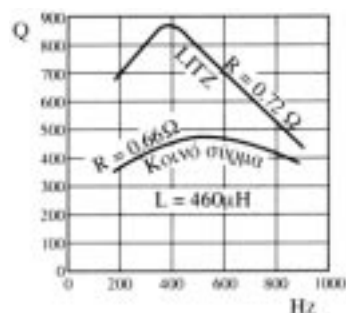
f η συχνότητα σε Hz και

μ η απόλυτη μαγνητική διαπερατότητα του αγωγού σε H/m.

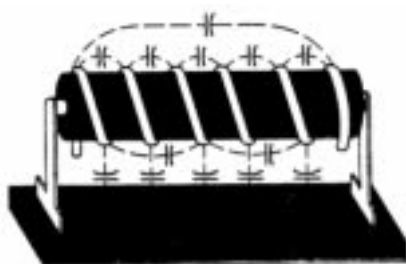
Για αγωγό χαλκού έχουμε:

$$\delta = \frac{66,4}{\sqrt{f}} \text{ (mm)} \quad 4.4$$

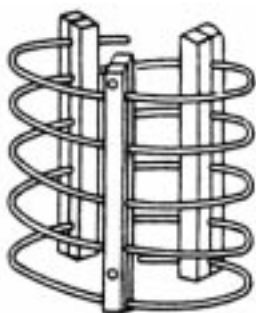
Είναι γνωστό ότι η τιμή της αντίστασης ενός αγωγού αυξάνεται ανάλογα με τη συχνότητα του ρεύματος που τη διαρρέει. Αν χρησιμοποιείται μονό-



Σχήμα 4.1 Μεταβολή του Q πηνίου με κοινό σύρμα και πηνίο με σύρμα LITZ ίδιων στοιχείων.



Σχήμα 4.2 Παρασιτικές χωρητικότητες σ' ένα πηνίο.



Σχήμα 4.3 Πηνίο μιας στρώσης.

κλωνος αγωγός για την κατασκευή ενός πηνίου, πρέπει η διάμετρός του να επιλέγεται για τη συχνότητα λειτουργίας του, έχοντας υπόψη το επιδερμικό φαινόμενο. Για συχνότητες ως 2MHz μπορεί να χρησιμοποιηθούν και αγωγοί LITZENDRAHT ή LITZ που κατασκευάζονται από μονωμένους αγωγούς πλεγμένους μεταξύ τους με τέτοιο τρόπο, ώστε κάθε αγωγός να καταλαμβάνει διαφορετικές θέσεις που αντιστοιχούν σε διαφορετικές ακτίνες. Σε τέτοιες συχνότητες λειτουργίας το ονομαστικό βάθος διείσδυσης γίνεται περίπου ίσο με την ακτίνα καθενός από τους πλεγμένους αγωγούς. Η χρήση αγωγών LITZ απαιτεί προσοχή διότι έστω και ένας αγωγός, αν κοπεί, αυξάνει σημαντικά η αντίστασή του σχ. 4.1. Για συχνότητες πάνω από 2MHz πρέπει να χρησιμοποιούνται μονόκλωνοι ή σωληνοειδείς αγωγοί. Οι τελευταίοι έχουν τη δυνατότητα για υψηλά ρεύματα να ψύχονται, διαρρεόμενοι από αποσταγμένο νερό (υδρόψυκτα πηνία).

γ) Σ' ένα πηνίο εμφανίζεται παρασιτική χωρητικότητα μεταξύ των σπειρών, αλλά και μεταξύ αυτών και της γης, όπως φαίνεται στο σχ. 4.2. Η συνολική επίδραση των διαφόρων χωρητικότητων ονομάζεται κατανεμημένη χωρητικότητα C_d . Η παρουσία της C_d στις υψηλές συχνότητες δημιουργεί απώλειες στο διηλεκτρικό του και αυξάνεται με τη συχνότητα. Επιπλέον προκαλεί απόσβεση των ταλαντώσεων. Γι' αυτό το λόγο πρέπει

να χρησιμοποιούμε τύμπανο με πολύ χαμηλό συντελεστή απωλειών όσο το δυνατό λιγότερο μονωτικό στις σπείρες, οι ακροδέκτες του πηνίου να βρίσκονται όσο γίνεται σε μεγαλύτερη απόσταση, το ίδιο και οι σπείρες με σημαντικά διαφορετικά δυναμικά, να έχουμε το μεγαλύτερο δυνατό βήμα μεταξύ των σπειρών και σε πηνία πολλών στρώσεων, οι σπείρες να είναι διασταυρούμενες.

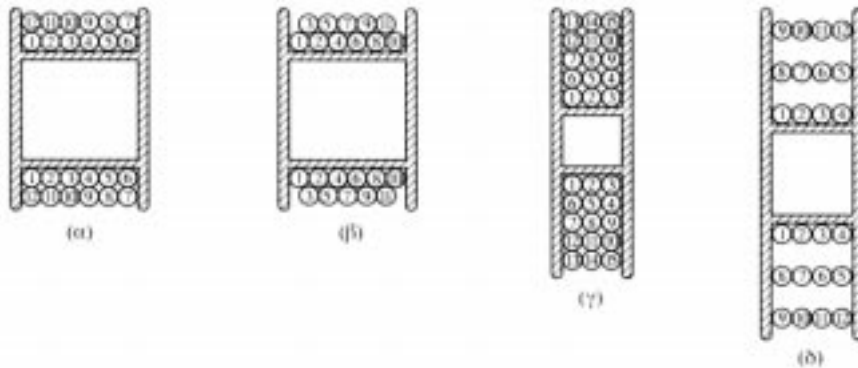
Στα πηνία πολλών στρώσεων στο σχ. 4.5 παρουσιάζονται διάφοροι τρόποι τυλίγματος. Στο α έχουμε αρκετή παρασιτική χωρητικότητα διότι οι σπείρες 1 και 11 είναι γειτονικές, ενώ στο β έχουμε μικρή παρασιτική χωρητικότητα διότι οι ίδιες σπείρες είναι απομακρυσμένες. Μικρές χωρητικότητες παρουσιάζουν και τα γ, δ για τον ίδιο λόγο. Πολλές φορές το ίδιο πηνίο χωρίζεται σε διάφορους τομείς, όπως στο σχ. 4.4, ώστε οι στρώσεις να απέχουν μεταξύ τους.

Κατά το συντονισμό των πηνίων παρατηρείται μία αύξηση της αυτεπαγωγής και της αντίστασης του πηνίου, ενώ ο συντελεστής ποιότητας ελαττώνεται, με αποτέλεσμα να αυξάνει το εύρος ζώνης του κυκλώματος σε σχέση με αυτό που έχει υπολογισθεί θεωρητικά.

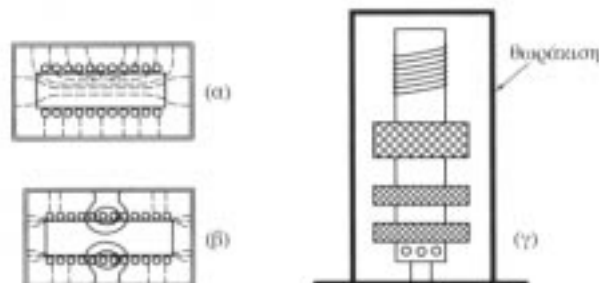
δ) Πολύ συχνά στα κυκλώματα που περιλαμβάνουν αυτεπαγωγές απαιτείται αυτές να μην επηρεάζουν ή επηρεάζονται από τον περιβάλλοντα χώρο. Για την απομόνωση των πηνίων χρησιμοποιούνται μεταλλικοί θώρακες μαγνητι-



Σχήμα 4.4 Πηνίο πολλών στρώσεων και πολλών τμημάτων.



Σχήματα 4.5 Πηνία πολλών στρώσεων



Σχήματα 4.6 Θωρακισμένα πηνία.

κοί (σιδερένιοι) ή αγωγιμοί (αλουμινένιοι ή μπρούντζινοι). Στα πηνία Χ.Σ. χρησιμοποιούνται οι σιδερένιοι, έτσι ώστε οι μαγνητικές γραμμές να καταλήγουν στο θώρακα και καμία μαγνητική γραμμή να μην εμφανίζεται έξω από αυτόν σχ. 4.6α. Στα πηνία Υ.Σ. χρησιμοποιούνται οι αγωγιμοί θώρακες οι οποίοι τα περιβάλλουν. Το μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο δημιουργεί μέσα στη μάζα των θωράκων δινορεύματα Foucault και έτσι απορροφάται όλη η μαγνητική ενέργεια που φτάνει σ' αυτά. Πολλές φορές για μεγαλύτερη ασφάλεια τοποθετείται και δεύτερος θώρακας που περιβάλλει τον πρώτο, σχ. 4.6 β, γ.

Συνοψίζοντας από τα προηγούμενα για να επιλέξουμε πηνίο θα πρέπει να λάβουμε υπόψη τους εξής παράγοντες:

1. Τιμή της αυτεπαγωγής,
2. Μέγεθος και απαιτήσεις στήριξης,
3. Συντελεστή ποιότητας,
4. Περιοχή συχνοτήτων,
5. Σύσταση πυρήνα (αέρα ή φερίττη ή σίδηρο),
6. Ρεύμα DC ή AC,
7. Συχνότητα συντονισμού και παρασιτική χωρητικότητα,
8. Παράγοντες περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία, μόνωση, κραδασμοί κτλ.),
9. Κατανάλωση ισχύος,
10. Θωράκιση,
11. Σταθερό ή μεταβλητό πηνίο και
12. Για τα συνεζευγμένα πηνία, ο λόγος περιελίξεων, η αμοιβαία επαγωγή και η χωρητική σύζευξη μεταξύ των περιελίξεων.

4.3 ΠΗΝΙΑ ΜΕ ΠΥΡΗΝΑ Η ΔΙΑΚΕΝΟ

α) Όταν απαιτείται μεγάλη τιμή αυτεπαγωγής, μεγάλο Q και μικρές διαστάσεις και βάρος, τότε χρησιμοποιούνται πηνία με πυρήνα (σιδηρομαγνητικό ή μαγνητοδιηλεκτρικό). Η μορφή των πυρήνων είναι τέτοια ώστε να έχουμε τη μικρότερη δυνατή σκέδαση του μαγνητικού πεδίου.

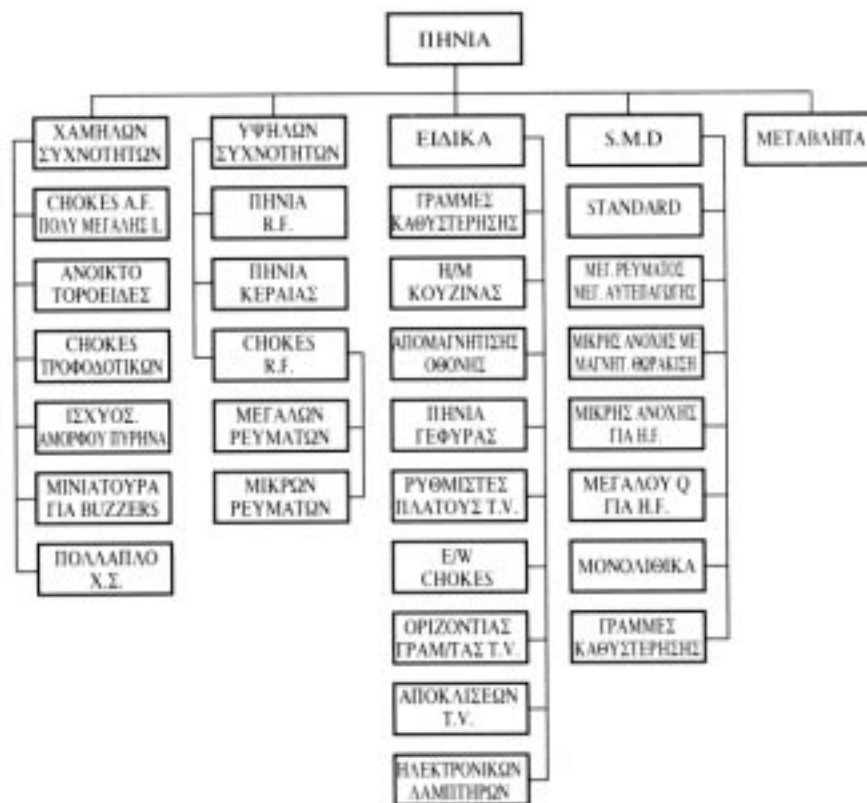
Ένα πηνίο χωρίς πυρήνα έχει αυτεπαγωγή L_0 , ενώ το ίδιο με πυρήνα θα έχει $L = \mu \cdot L_0$ δηλαδή αυξάνεται κατά μ φορές. Αν η αντίσταση του πηνίου είναι ίδια και στις δύο περιπτώσεις, τότε και το Q αυξάνεται μ φορές. Αντίθετα αν ζητάμε την ίδια αυτεπαγωγή $L = L_0$ αλλά επιθυμούμε πηνίο με πυρήνα, τότε πρέπει να μειωθεί ο αριθμός των σπειρών $\sqrt{\mu}$ φορές, ενώ το Q θα αυξηθεί $\sqrt{\mu}$ φορές. Αυτά χωρίς να ληφθούν υπόψη οι απώλειες του πυρήνα και του χαλκού.

β) Άλλος τρόπος για να μεταβάλλουμε την αυτεπαγωγή είναι να αλλάξουμε τη μορφή του πυρήνα ή να δημιουργήσουμε διάκενο σ' αυτά (διάκενο

στη μαγνητική ροή). Σ' αυτή την περίπτωση η τιμή της αυτεπαγωγής εξαρτάται σχεδόν ολοκληρωτικά από το μ του λιγότερο διαπερατού τμήματος της διαδρομής της κλειστής μαγνητικής γραμμής, δηλαδή από το διάκενο. Επειδή δε το μ του αέρα είναι πολύ μικρό και σταθερό επιτυγχάνουμε την επιθυμητή σταθερότητα. Γι' αυτό το λόγο οι πυρήνες των τσοκ (chokes) χαμηλών συχνοτήτων παρουσιάζουν σχεδόν πάντα ένα μικρό διάκενο αέρα. Μπορούμε έτσι να έχουμε ρυθμιζόμενο διάκενο το οποίο θα αλλάζει την ένταση του μαγνητικού πεδίου, με συνέπεια να αλλάζουν και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του πηνίου.

4.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΗΝΙΩΝ

Στο διάγραμμα 4.1 δίνονται οι κατηγορίες των πηνίων, εκτός αυτών που χρησιμοποιούνται για την καταστολή ραδιοσυχνοτήτων (RFI) και ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (EMI).



Διάγραμμα 4.1

4.5 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΗΝΙΩΝ

4.5.1 Χαμηλών συχνοτήτων

α) Τα μεγάλης αυτεπαγωγής πηνία του σχ. 4.7 έχουν $L=10\text{H}$ χωρίς DC συνιστώσα και $L=3\text{H}$ με ρεύμα 12mA_{DC} και αντίσταση 750Ω . Χρησιμοποιείται στις ακουστικές συχνότητες.

β) Το ανοικτό τοροειδές πηνίο χρησιμοποιείται για έλεγχο της γωνίας φάσης στα 50 ή 60Hz και 240V_{AC} . Υπάρχει σε τιμές (2,4–2,9–4)mH με ανοχή $\pm 20\%$, αντίσταση (0,4 ~ 1,8) Ω και ισχύες (100 ~ 500)W. Είναι τυλιγμένο σε δακτύλιο φερρίτη.

γ) Τα chokes τροφοδοτικών χρησιμοποιούνται στις TV, video, monitors, συσκευές ήχου, computers, φωτοαντιγραφικά μηχανήματα, εκτυπωτές, TV games, ηλεκτρονικό έλεγχο αυτοκινήτων κτλ. Οι πυρήνες τους υπάρχουν σε

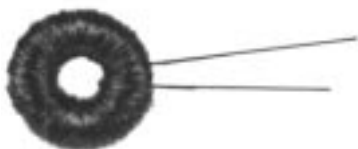
πέντε διαφορετικές μορφές για διαφορετικά ονομαστικά ρεύματα. Παρουσιάζουν υψηλή διαπερατότητα και χαμηλές απώλειες του φερριτικού πυρήνα.

δ) Τα chokes ισχύος άμορφου πυρήνα χρησιμοποιούνται στα παλμοτροφοδοτικά, διότι έχουν μη κρυσταλλοειδή μαγνητικό πυρήνα με υψηλότερο κόρο πυκνότητας μαγνητικής ροής απ' ό,τι ο φερρίτης.

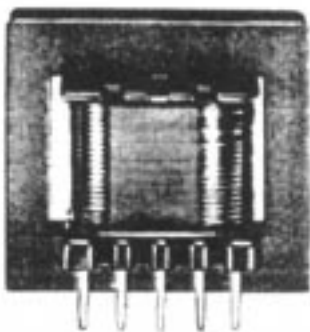
Έχουν περίπου το μισό όγκο και βάρος από άλλους με ίδια στοιχεία και μικρή ελάττωση της αυτεπαγωγής στα υπερέυματα. Εργάζονται σε θερμοκρασίες $(-20 \sim +60)^\circ\text{C}$ και σχετική υγρασία (20 ~ 95)% για συχνότητες (20 ~ 100)KHz.



Σχήμα 4.7 Πηνίο Χ.Σ.



Σχήμα 4.8
Τοροειδές Πηνίο Χ.Σ.



Σχήμα 4.9
Πηνίο Choke (R.F.C.).

4.5.2 Υψηλών συχνοτήτων

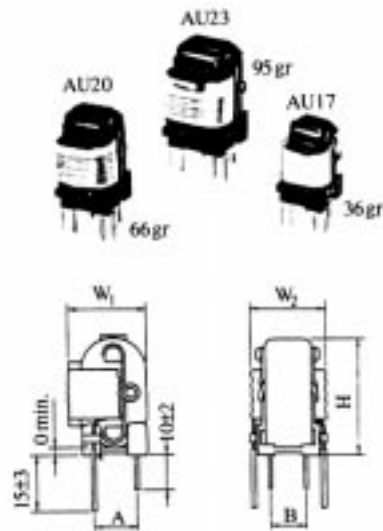
α) Το πηνίο RF του σχ. 4.11α είναι $100\mu\text{H}$ και χρησιμοποιείται από ερασιτέχνες. Αυτό του σχ. β είναι γενικής χρήσης. Το πηνίο του σχ. γ είναι επιρητινωμένο, αντέχει σε ακραίες θερμοκρασίες, μηχανικές δονήσεις και έχει μεγάλη αντίσταση φθοράς. Χρησιμοποιείται στις αποζεύξεις γραμμών ισχύος και στα διακοπτικά regularors χαμηλής ισχύος. Οι τιμές του ακολουθούν τη σειρά E6. Η ακτινικού τύ-

που μινιατούρα του σχ. δ είναι επιρηνωμένη. Χρησιμοποιείται στο φιλτράρισμα πηγών D.C. και στα διακοπτικά παλμοτροφοδοτικά χαμηλής ισχύος. Τα πηνία του σχ. ε έχουν πυρήνα φερρίτη και είναι τυλιγμένα σε χρωματισμένο nylon για να τα ξεχωρίζουμε. Χρησιμοποιούνται σε συχνότητες (40 ~ 170)MHz.

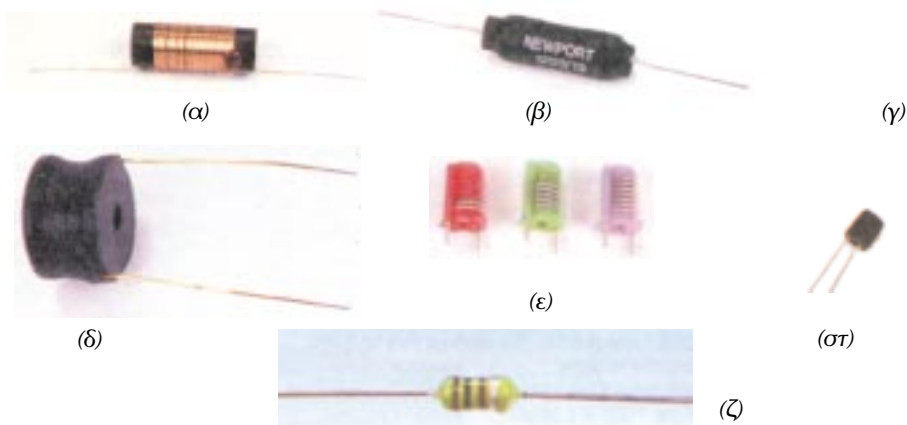
Η μινιατούρα του σχ. στ είναι γενικής χρήσης. Χρησιμοποιείται στην απόξεση γραμμών ισχύος και στα διακοπτικά παλμοτροφοδοτικά χαμηλής ισχύος. Αναγράφουν την τιμή της αυτεπαγωγής τους ακολουθώντας τον κώδικα MIL39008 σε μH . Για τιμές μεγαλύτερες από $100\mu\text{H}$ έχουμε τετραψήφιο κώδικα, με τα τρία πρώτα ψηφία να δείχνουν την τιμή και το τέταρτο το πλήθος των μηδενικών που ακολουθούν την τιμή. Τέλος, μπορεί να ακολουθούν τον κώδικα BS1852 (μόνο το γράμμα R) σε μH .

Τέλος, το πηνίο του σχ. ζ είναι γενικής χρήσης και χρησιμοποιείται όπου και η προηγούμενη μινιατούρα. Η τιμή τους αναγράφεται ακολουθώντας το χρωματικό κώδικα σε μH . Όταν υπάρχουν πέντε δακτύλιοι ο πιο πλατύς δείχνει από πού αρχίζει το πρώτο ψηφίο και δεν συμμετέχει στον αριθμό.

β) Τα πηνία κεραίας χρησιμοποιούνται στα AM για τα μεσαία κύματα



Σχήμα 4.10 Πηνία chokes άμορφου πυρήνα, ισχύος.



Σχήματα 4.11 Πηνία Υ.Σ.

**Σχήμα 4.12**

Κεραία Α.Μ. (δύο πηνία).

(MW=520 ~ 1600KHz) α και τα μακρά (LW=150 ~ 280KHz) β. Αυτά έχουν αυτεπαγωγή 370μH και 4,1mH αντίστοιχα με μήκος φερρίτη 127mm και διάμετρο 9,525mm. Για τα βραχέα (SW = 2,3 ~ 26MHz) θα μπορούσε να υπήρχε και τρίτο πηνίο μίας στρώσης με αυτεπαγωγή

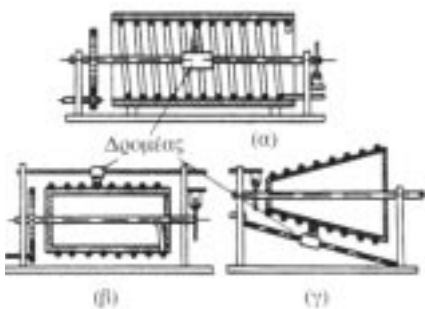
φυσικά μικρότερη από αυτή των μεσαίων. Το πηνίο των βραχέων είναι δυνατό να «σπάσει» σε δύο τμήματα SW_1 και SW_2 , (το ίδιο και η μπάντα), σε δύο δηλαδή πηνία και με εξωτερικό διακόπτη θα επιλέγουμε την μπάντα που επιθυμούμε. Αυτό γίνεται για να έχουμε καλύτερη επιλεκτικότητα των σταθμών των βραχέων. Υπάρχει περίπτωση τα βραχέα να «σπάσουν» ακόμη και σε έντεκα τμήματα $SW_1, SW_2, \dots SW_{11}$ για τον ίδιο λόγο.

4.6 ΜΕΤΑΒΛΗΤΑ ΠΗΝΙΑ Η ΒΑΡΙΟΜΕΤΡΑ

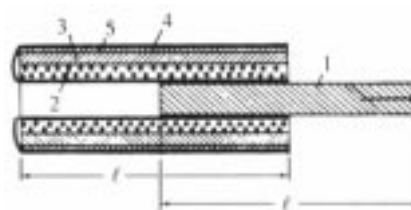
Είναι αυτά των οποίων η αυτεπαγωγή μεταβάλλεται. Τα βαριόμετρα είναι τριών κατηγοριών:

- α) με δρομέα σχ. 4.13,
- β) με κινητό πυρήνα σχ. 4.14 και
- γ) με μαγνητική σύζευξη σχ. 4.15

Όπως παρατηρούμε στο σχ. 4.13α ο δρομέας εφάπτεται εσωτερικά των σπειρών και είναι κινητός. Στα σχ. 4.13β, γ οι δρομείς εφάπτονται εξωτερικά των σπειρών και με την περιστροφή των πηνίων μετακινείται ο δρομέας και έχουμε την επιθυμητή αυτεπαγωγή. Μειονεκτήματα αυτών των βαριο-

**Σχήματα 4.13**

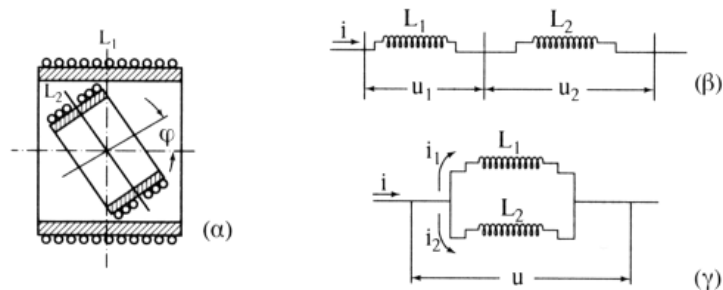
Μεταβλητά πηνία με δρομέα



- 1 – φερρίτης
- 2 – πηνίο
- 3 – μόνωση πηνείου
- 4 – θώρακας
- 5 – μόνωση μεταξύ θώρακα και πηνίου

Σχήμα 4.14

Μεταβλητό πηνίο με κινητό πυρήνα.



Σχήματα 4.15 Μεταβλητό πηνίο με μαγνητική σύζευξη.

μέτρων είναι η σχετικά μεγάλη αντίσταση επαφής λόγω οξείδωσης του αγωγού με συνέπεια αύξηση των απωλειών, παραγωγή θορύβου–σπινθήρων κ.ά. Το μεταβλητό πηνίο του σχ. 4.14 χρησιμοποιείται κυρίως στα ραδιόφωνα και τηλεοράσεις και πρέπει να παρουσιάζει ένα λόγο L_{\max}/L_{\min} τουλάχιστον 9:1. Μειονέκτημά τους ότι παρουσιάζουν σχετικά μικρό Q . Τέλος, στο σχ. 4.15 το πηνίο L_1 είναι ο στάτης και το L_2 ο ρότορας. Αυτά μπορεί να συνδεθούν σε σειρά ή παράλληλα.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

1. Το πηνίο αποθηκεύει μαγνητική ενέργεια. **Σωστό ή Λάθος** και γιατί;
2. Σ' ένα πηνίο οι απώλειες από οφείλονται στο σιδηροπυρήνα, ενώ οι απώλειες από δινορεύματα δημιουργούνται γύρω από τις του πυρήνα και οφείλονται στην μεταβολή της στο πηνίο.
3. Λόγω των απωλειών από δινορεύματα σ' ένα πηνίο, ο σιδηροπυρήνας πρέπει να αποτελείται από:
 - α. Ένα φύλλο.
 - β. Δύο φύλλα.
 - γ. Πολλά φύλλα.
 - δ. Οποιοδήποτε αριθμό φύλλων.
4. Το επιδερμικό φαινόμενο είναι ανεξάρτητο από τη συχνότητα. **Σωστό ή Λάθος** και γιατί;

5. Οι αγωγοί LITZ χρησιμοποιούνται σε συχνότητες ως 2MHz. **Σωστό ή Λάθος** και γιατί;
6. Για την επιλογή μεταλλικού θώρακα σ' ένα πηνίο, μεγνητικού ή αγωγίμου, κυρίως μας ενδιαφέρει:
 - α. Το εύρος ζώνης του κυκλώματος συντονισμού.
 - β. Η περιοχή συχνοτήτων λειτουργίας, ΧΣ ή ΥΣ.
 - γ. Ο τύπος του πυρήνα.
 - δ. Ο τρόπος τυλίγματος του πηνίου.
7. Να αναφέρετε τους παράγοντες για την επιλογή μιας αυτεπαγωγής.
8. Τα πηνία με πυρήνα χρησιμοποιούνται όταν απαιτείται τιμή αυτεπαγωγής, Q και διαστάσεις και βάρος. Οι πυρήνες με διάκενο επιφέρουν στην τιμή της αυτεπαγωγής.
9. Να σχεδιαστεί διάγραμμα με τις κατηγορίες των πηνίων.
10. Τα μεταβλητά πηνία διατίθενται σε τύπο για μεταβολή:
 - α. Με δρομέα.
 - β. Με κινητό πυρήνα.
 - γ. Με μαγνητική σύζευξη.
 - δ. Όλα τα παραπάνω.