



ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΚΟΥ
ΡΑΔΙΟΤΕΧΝΙΑ

ΤΟΜΟΣ Α'



1954

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ



ΕΚΔΟΣ ΕΙΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΚΟΥ

- 1.— *Μαθηματικά Α', Β'*
- 2.— *Φυσική*
- 3.— *Χημεία*
- 4.— *Μηχανική*
- 5.— *Μηχανονογική Τεχνολογία Α', Β'*
- 6.— *Ηλεκτρολογία Α', Β', Γ'*
- 7.— *Ραδιοτεχνία Α', Β'*
- 8.— *Εισαγωγή στήν Τεχνική τῆς Τηλεφωνίας*
- 9.— *Κινητήριοι Μηχαναὶ Α', Β'*
- 10.— *Στοιχεῖα Μηχανῶν*
- 11.— *Υλικά*
- 12.— *Γενική Λομική*
- 13.— *Οἰκοδομική*
- 14.— *Υδραυλικὰ "Εργα*
- 15.— *Συγκοινωνιακὰ "Εργα*
- 16.— *Τοπογραφία*
- 17.— *Οἰκοδομικαὶ Σχεδιάσεις*
- 18.— *Σχεδιάσεις Τεχνικῶν "Εργων*
- 19.— *Οργάνωσις — Λιοίκησις "Εργων*
- 20.— *Τεχνικὸν Σχέδιον*

‘Ο Εύγενιος Εύγενιδης, ιδρυτής καὶ χορηγὸς τοῦ «*Ιδρύματος Εύγενίδον*» προεῖδεν ἐνωρίτατα καὶ ἐσχημάτισεν τὴν βαθεῖαν πεποίθησιν δτι ἀναγκαῖον παράγοντα διὰ τὴν πρόσδον τοῦ ἔθνους θὰ ἀπετέλει ἡ ἀρτία κατάρτισις τῶν τεχνικῶν μας ἐν συνδυασμῷ πρὸς τὴν ἥθικὴν ἀγωγὴν αὐτῶν.

Τὴν πεποίθησίν τον αὐτὴν τὴν μετέτρεψεν εἰς γενναιόφρονα πρᾶξιν εὐεργεσίας, δταν ἐκληροδότησε σεβαστὸν ποσὸν διὰ τὴν σύστασιν ‘Ιδρύματος ποὺ θὰ είχε σκοπὸν νὰ συμβάλῃ εἰς τὴν τεχνικὴν ἐκπαλδευσιν τῶν νέων τῆς Έλλάδος.

Διὰ τοῦ *B. Διατάγματος τῆς 10ης Φεβρουαρίου 1956*, συνεστήθη τὸ ‘Ιδρυμα Εύγενίδον καὶ κατὰ τὴν ἐπιθυμίαν τοῦ διαβέτον ἐτέθη ὑπὸ τὴν διοίκησιν τῆς ἀδελφῆς τον *Κυρίας Μαρ. Σίμου*. Ἀπὸ τὴν στιγμὴν ἐκείνην ἤρχισαν πραγματοποιούμενοι οἱ σκοποὶ ποὺ ὠραματίσθη δ Εύγενιος Εύγενιδης καὶ συγχρόνως ἡ πλήρωσις μιᾶς ἀπὸ τὰς βασικωτέρας ἀνάγκας τοῦ ἔθνικοῦ μας βίου.

* * *

Κατὰ τὴν κλιμάκωσιν τῶν σκοπῶν τον, τὸ ‘Ιδρυμα προέταξε τὴν ἔκδοσιν τεχνικῶν βιβλίων τόσον διὰ λόγους θεωρητικοὺς δσον καὶ πρακτικούς. Ἐκρίθη, πράγματι, δτι ἀπετέλει πρωταρχικὴν ἀνάγκην δ ἐφοδιασμὸς τῶν μαθητῶν μὲ σειρὰς βιβλίων, αἱ δποῖαι θὰ ἔθετον ὁρθὰ θεμέλια εἰς τὴν παιδείαν των καὶ αἱ δποῖαι θὰ ἀπετέλοντ συγχρόνως πολύτιμον βιβλιοθήκην διὰ κάθε τεχνικοῦ.

Τὸ δλον ἔργον ἤρχισε μὲ τὴν ὑποστήριξιν τοῦ ‘Υπουργείου Βιομηχανίας, τότε ἀρμοδίον διὰ τὴν τεχνικὴν ἐκπαλδευσιν, καὶ συνεχίζεται ἡδη μὲ τὴν ἔγκρισιν καὶ τὴν συνεργασίαν τοῦ ‘Υπουργείου Εθνικῆς Παιδείας, βάσει τοῦ *Νομοθετικοῦ Διατάγματος 3970/1959*.

Αἱ ἔκδόσεις τοῦ ‘Ιδρυμάτος δηρέθησαν εἰς δύο βασικὰς σειρὰς αἱ δποῖαι φέροντ αντιστοίχως τοὺς τίτλους:

«Βιβλιοθήκη τοῦ Τεχνίτη» καὶ «Βιβλιοθήκη τοῦ Τεχνικοῦ».

Καὶ ἡ μὲν πρώτη περιλαμβάνει τὰ βιβλία τῶν Σχολῶν Τεχνι-

τῶν ή δὲ δευτέρα τὰ βιβλία τοῦ ἐπομένου κόκλου τῆς Τεχνικῆς 'Ἐκπαιδεύσεως. 'Αμφότεραι αἱ σειραὶ θὰ ἐμπλουτισθοῦν καὶ μὲ βιβλία εὐγντέρουν τεχνικοῦ ἐνδιαφέροντος χρήσιμα κατὰ τὴν ἀσκησιν τοῦ ἐπαγγέλματος.

* * *

Οἱ συγγραφεῖς καὶ ή 'Ἐπιτροπὴ 'Ἐκδόσεων τοῦ 'Ιδρύματος κατέβαλον κάθε προσπάθειαν ὥστε τὰ βιβλία νὰ εἰναι ἐπιστημονικῶς ἄρτια ἀλλὰ καὶ προσηρμοσμένα εἰς τὰς ἀνάγκας καὶ τὰς δυνατότητας τῶν μαθητῶν. Δι' αὐτὸν καὶ τὰ βιβλία αὐτὰ ἔχον γραφῇ εἰς ἀπλῆν γλῶσσαν καὶ ἀνάλογον πρός τὴν στάθμην τῆς ἐκπαίδευσεως δι' ἣν προορίζεται ἑκάστη σειρὰ τῶν βιβλίων. 'Η τιμὴ τῶν βιβλίων ὠρίσθη τόσον χαμηλή, ὥστε νὰ εἰναι προσιτὰ καὶ εἰς τοὺς πλέον ἀπόδοντος μαθητάς.

Οὕτω προσφέρονται εἰς τὸ εὑρὸν κοινὸν τῶν καθηγητῶν καὶ τῶν μαθητῶν τῆς τεχνικῆς μας παιδείας αἱ ἐκδόσεις τοῦ 'Ιδρύματος, τῶν δποίων ή συμβολὴ εἰς τὴν πραγματοποίησιν τοῦ σκοποῦ τοῦ Εὐγενίου Εὐγενίδον ἐλπίζεται νὰ εἰναι μεγάλη.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

'Αλέξανδρος Ι. Παππᾶς, 'Ομ. Καθηγητής Ε. Μ. Πολυτεχνείου, Πρόεδρος. Χρυσόστομος Φ. Καβουρίδης, Διπλ. Μηχ. 'Ηλ. τ. 'Αναπληρωτής Γεν. Διευθυντής Ο.Τ.Ε., 'Αντιπρόεδρος. "Αγγελος Καλογερᾶς, Καθηγητής Ε. Μ. Πολυτεχνείου, 'Επιστημονικὸς Σύμβουλος. Θεόδωρος 'Ανδρ. Κουζέλης, Διπλ. Μηχ. 'Ηλ. 'Επιθεωρητής 'Ἐπαγγελματικῆς 'Ἐκπαίδευσεως 'Υπουργείου Παιδείας. Κωνσταντīνος Α. Μανάφης, Φιλόλογος, Σύμβουλος ἐπὶ τῶν ἐκδόσεων τοῦ 'Ιδρύματος, Δημοσθένης Π. Μεγαρίτης, Γραμματεὺς τῆς 'Ἐπιτροπῆς.

Ι ΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΚΟΥ

ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΟΔ. ΒΟΥΔΟΥΡΗ
ΗΛΕΚΤΡ. ΜΗΧΑΝ. Ε.Μ.Π. & ΡΑΔΙΟΗΛ. ΜΗΧΑΝ. Ε.Σ.Ε.
ΔΙΔΑΚΤΟΡΟΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΠΑΛΙΟΤΕΧΝΙΑ

ΤΟΜΟΣ ΠΡΩΤΟΣ

ΑΘΗΝΑΙ
1970



Α' ΕΚΔΟΣΙΣ 1962



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η συγγραφή ένος βιβλίου Ραδιοτεχνίας, γιά τὸ ἐπίπεδο τοῦ τεχνίτη, συναντά πολλές δυσκολίες. Οἱ κυριότερες ἀπὸ αὐτές προκύπτουν ἀπὸ τὴν ἀνάγκη γιὰ ἓνα ἀκριβέστερο καθορισμὸ τοῦ ἐπιπέδου τῶν γνώσεων ποὺ πρέπει νὰ ἔχῃ ὁ τεχνίτης καὶ ἀπὸ τὴν ἀνάγκη νὰ τοῦ δοθῇ ἕνα βιβλίο κατάλληλο, δηλαδὴ ἕνα βιβλίο ὅχι μόνον πλῆρες ἀλλὰ καὶ αὐτοτελές. Ἐνας τρόπος, ἐπομένως, γιὰ νὰ ἔξηγήσωμε τὴ μορφὴ ποὺ πήρε τὸ βιβλίο εἰναι νὰ πούμε λεπτομερέστερα πῶς παρουσιάζονται οἱ δυσκολίες αὐτές καὶ πῶς προσπαθήσαμε νὰ τὶς ἀντιμετωπίσωμε.

Ἡ δυσκολία τοῦ νὰ δώσῃ κανεὶς ἕνα βιβλίο αὐτοτελὲς προέρχεται ἀπὸ τὸ γεγονός ὅτι ἡ Ραδιοτεχνία εἰναι ἀπὸ τοὺς πιὸ σύνθετους τεχνικοὺς κλάδους καὶ σχετίζεται ἀμεσα μὲ γενικότερες γνώσεις ἀπὸ τὴ Φυσική, καὶ ἰδιαίτερα τὸν Ἡλεκτρισμό, καὶ ἀπὸ τὰ Μαθηματικά. Γιὰ νὰ ἔχασφαλισθῇ, ἐπομένως, ὃς ἔνα ἀρκετὸ βαθμὸ ἡ αὐτοτέλεια αὐτοῦ τοῦ βιβλίου, εὑρεθήκαμε στὴν ἀνάγκη νὰ ἐπαναλάβωμε τὶς πιὸ ἀπαραίτητες καὶ συγγενεῖς μὲ τὸ θέμα μας γνώσεις, ἐνῶ γιὰ τὶς ὑπόλοιπες νὰ κάνωμε παραπομπές στὰ ἀντίστοιχα βιβλία τῆς «Βιβλιοθήκης τοῦ Τεχνίτη», τοῦ Ἰδρύματος Εὐγενίδου.

Ἡ δυσκολία τοῦ νὰ δώσῃ κανεὶς ἕνα βιβλίο πλῆρες προέρχεται ἀπὸ τὸ γεγονός ὅτι ἡ Ραδιοτεχνία ἔχει σήμερα πάρει τόση ἔκταση, ὥστε θὰ ἥταν ἀδύνατο νὰ συμπεριληφθοῦν σὲ ἕνα βιβλίο, δπως αὐτὸ ἐδῶ, ὅλες οἱ ὑπάρχουσες ἔφαρμογές. Οὗτε ὁ χῶρος θὰ τὸ ἐπέτρεψε, ἀλλὰ οὔτε καὶ ὁ σκοπὸς τοῦ βιβλίου τὸ ἀπαιτεῖ.

Πραγματικά, σκοπὸς τοῦ βιβλίου εἰναι νὰ δώσῃ τὶς βασικὲς ραδιοτεχνικὲς γνώσεις, ποὺ θὰ ἐπιτρέψουν στὸν τεχνίτη νὰ ξεκινήσῃ στὸ ἐπάγγελμά του καὶ θὰ τὸν κάνουν ἴκανὸ νὰ ἐπωφελῆται παραπέρα ἀπὸ τὴν ἰδια τὸν τὴν πείρα, νὰ μαθαίνῃ περισσότερα καὶ νὰ εἰδικεύεται. Οἱ βασικὲς αὐτές γνώσεις δίνονται κυρίως μὲ παράδειγμα τοὺς δέκτες. Αὐτὸ δῆμος γίνεται γιὰ διδακτικοὺς λόγους καὶ δὲν ἔχει σκοπὸ νὰ περιορίσῃ τὸ ἐνδιαφέρον ἡ τὴν ἀπασχόληση τοῦ τεχνίτη μόνο στοὺς δέκτες.

Τὸ βιβλίο χωρίσθηκε σὲ δύο τόμους. Ὁ πρῶτος τόμος περιλαμβάνει τὶς προκαταρκτικὲς γνώσεις καὶ τὶς βασικὲς λειτουργίες (ἀλλὰ κυκλώματα, συντονισμός, λυχνίες, ἐνίσχυση, παραγωγὴ ταλαντώσεων, διαμόρφωση, φώραση) καὶ καταλήγει μὲ παραδείγματα ἀπλῶν δεκτῶν. Ὁ δεύτερος τόμος πε-

φιλαμβάνει τίς διάφορες κατασκευές και δρισμένα συμπληρώματα (δέκτες, τροφοδοτικά συστήματα, τρανσίστορ, τηλεόραση, μικροκύματα, κλπ.).

Συμβαίνει, τώρα, η Ραδιοτεχνία νά μήν είναι μόνο ένας σύνθετος και έκταταμένος κλάδος, άλλα συγχρόνως και άπό τον πιὸ προχωρημένους. Ή άπλοποίησή της σὲ έπίπεδο κατάλληλο γιὰ τὸν τεχνίτη θέτει πολλὰ προβλήματα, ποὺ ποικίλουν μάλιστα κατά τὶς περιστάσεις. Γιὰ νά άντιμετωπίσωμε τὰ προβλήματα αὐτά, έπιχειρήσαμε νά γράψωμε κάτι ἀπὸ τὴν ἀρχὴν προσαρμοσμένο στὶς ἀνάγκες τοῦ ἔλληνα ραδιοτεχνίτη. Καταβάλαμε προσπάθεια νά διατυπώσωμε τὶς βασικὲς ἔννοιες κατά τὸν σαφέστερο και ἀπλούστερο τρόπο. Τοῦτο φυσικά δὲν ἔβλαψε τὴν ὀρθότητα τῶν παρεχομένων γνώσεων. Ός πρὸς τὸν μαθηματικὸ ἔξιπτλισμό, δὲν χρησιμοποιήσαμε παρὰ μόνον στοιχεώδεις τύπους, ποὺ κάνουν τὶς ἔννοιες πιὸ συγκεκριμένες και αὐξάνουν τὴν ίκανότητα τὸν τεχνίτη γιὰ τὴν ἀμεση ἐφαρμογὴ τους. Δὲν ξέρομε βέβαια κατὰ πόσον ἔπιεύχαμε σ' αὐτό. Μποροῦμε δῆμως νά διαβεβαιώσωμε τὸν ἀναγώστη ὅτι γράψαμε τὸ βιβλίο αὐτὸ μὲ πολὺ ἀγάπη και κέρι.

Οἱ εὐχαριστίες μου ἀπευθύνονται στὰ μέλη τῆς 'Επιτροπῆς 'Εκδόσεων τοῦ 'Ιδρυματος τόσο γιὰ τὴν τιμὴ ποὺ μοῦ ἔκαναν νά μὲ ἔκλεξον ὡς συγγραφέα τοῦ βιβλίου, ὅσο και γιὰ τὶς γόνιμες γενικὰ ὑποδείξεις τους. Εὐχαριστῶ ἐπίσης τὸν συνάδελφο κ. Ν. Καριναπᾶ, μηχανικὸ τοῦ ΟΤΕ, γιὰ τὴν προσεκτικὴ ἀνάγνωση τοῦ κειμένου και τὶς λεπτομερειακὲς παρατηρήσεις του. Εὐχαριστίες ἐπίσης ὀφείλω στὸν φυσικὸ κ. Δημ. Κασσάπη, Γενικὸ Διευθυντὴ τῆς Σιτιτανδείου Σχολῆς, γιὰ τὴν βοήθεια ποὺ μοῦ παρέσχε στὴν ἔκδοση αὐτοῦ τοῦ βιβλίου. Θὰ αἰσθανθῶ, τέλος, ὑποχρεωμένος σὲ κάθε διδάσκοντα τὸ μάθημα τῆς Ραδιοτεχνίας, ἐὰν ἥθελε νά μοῦ διαβιβάσῃ, μέσω τοῦ 'Ιδρυματος, τὶς γνῶμες και τὶς παρατηρήσεις του ποὺ θὰ συντελοῦσαν στὴν βελτίωση ἐνδεχομένων μελλοντικῶν ἔκδοσεων τοῦ βιβλίου.

'Ο συγγραφεὺς

Παρίσι, Νοέμβριος 1962

Υ.Γ. Στὸ τέλος τοῦ βιβλίου προσετέθησαν σὲ 'Επίμετρο 'Ἐρωτήσεις και Προβλήματα, ταξινομημένα κατά Κεφάλαια και ποὺ θὰ βοηθήσουν στὴν διδασκαλία τοῦ κειμένου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

ΓΕΝΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 1

Η άσύρματος τηλεπικοινωνία.

Παράγ.

Σελίδα

1 - 1	Γιατί τις έπικοινωνίες γενικά	5
1 - 2	Ότιος μετατρέπεται σε ήλεκτρικό φεύγια	6
1 - 3	Η άκτινοβολία	11
1 - 4	Ο πομπός	13
1 - 5	Ο δέκτης	18
1 - 6	Γιατί η ψηφιακή συχνότητα είναι άπαραίτητη	21
1 - 7	Άνακεφαλαίωση	24

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 2

Μήκος κύματος και διάταξη της άκτινοβολίας.

2 - 1	Συχνότητα και μήκος κύματος	27
2 - 2	Γιατί τά πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια	30
2 - 3	Κατάταξη της ήλεκτρομαγνητικής άκτινοβολίας	31
2 - 4	Κατάταξη τῶν πομπῶν	33
2 - 5	Η άνεπάρχεια τῶν συχνοτήτων	34
2 - 6	Έπιλογή και πιστότητα τοῦ δέκτη	39
2 - 7	Άρμονική άνάλυση	41

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΑΠΛΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 3

'Ωμική άντισταση.

3 - 1	Ελαγγωγή	49
3 - 2	'Η ώμικη άντισταση	50
3 - 3	Ανέξηση τῆς ώμικῆς άντιστάσεως μὲ τῇ συχνότητα (ἐπιδερμικὸ φαινόμενο)	54
3 - 4	Οἱ ώμικές άντιστάσεις στῇ φαδιοτεχνικῇ πρακτικῇ	58

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 4

Πηνία.

4 - 1	Αντεπαγγωγὴ	63
4 - 2	'Αιμοιβαία ἐπαγγωγὴ	72
4 - 3	Πηνίο καὶ άντισταση σὲ σειρά	73
4 - 4	Πηνίο καὶ άντισταση σὲ παράλληλη σύνδεση	81
4 - 5	Τὰ φαδιοτεχνικὰ πηνία	83
4 - 6	Συντελεστής ποιότητας ἐνός πηνίου	86

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 5

Πυκνωτές.

5 - 1	'Η χωριγτικότητα	90
5 - 2	Πυκνωτής καὶ άντισταση σὲ σειρά	99
5 - 3	Πυκνωτής καὶ άντισταση σὲ παράλληλη σύνδεση	108
5 - 4	Συντελεστής καὶ γωνία ἀπωλειῶν	104
5 - 5	Τάση δοκιμῆς καὶ τάση ἐργασίας	108
5 - 6	Διάφοροι τύποι πυκνωτῶν	109
5 - 7	'Ανακεφαλαίωση	115

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 6

Συντονισμένα κυκλώματα—Συντονισμός σὲ σειρά.

6 - 1	Τὸ φαινόμενο τοῦ συντονισμοῦ	116
-------	--	-----

6 - 2	"Ενα πείραμα ήλεκτρικοῦ συντονισμοῦ	117
6 - 3	Πηγός καὶ πυκνωτής σὲ σειρά	120
6 - 4	Συντονισμός σὲ πειρά	123
6 - 5	Συγχότητα συντονισμοῦ	129
6 - 6	Καμπύλες συντονισμοῦ	133
6 - 7	'Επιλογή	138

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 7

Παράλληλος συντονισμός.

7 - 1	Παράλληλος συντονισμός	146
7 - 2	Συμπληρώσεις	150
7 - 3	Καμπύλες συντονισμοῦ. 'Επιλογή	152
7 - 4	'Ανακεφαλαίωση	155
7 - 5	Συντονισμένα κυκλώματα σὲ σύζευξη	157

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

**ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΛΥΧΝΙΕΣ ΚΑΙ ΟΙ ΒΑΣΙΚΕΣ
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΟΥΣ**

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 8

'Ηλεκτρονικὲς λυχνίες.

8 - 1	Εισαγωγὴ	164
8 - 2	'Η κάθοδος - Θερμικὴ ἐκπομπὴ ήλεκτρονίων	167
8 - 3	'Η διόδη λυχνία	173
8 - 4	Χρηματοποίηση ἐσωτερικὴ ἀντίσταση καὶ ίσχὺς τῆς διόδης λυχνίας	178
8 - 5	'Η τρίοδη λυχνία	181
8 - 6	Συντελεστής ἐνισχύσεως (μ)	185
8 - 7	Διαγωγμότητα ἡ κλίση (g)	188
8 - 8	'Η τέτροδη λυχνία	190
8 - 9	'Η πέντοδη λυχνία	196
8 - 10	Λυχνία μὲ ἄεριο	200
8 - 11	Λυχνίες ἐκπομπῆς	203
8 - 12	Φωτοκύτταρα	205

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 9

'Ενίσχυση.

9 - 1	Εἰσαγωγὴ	208
9 - 2	'Επίδραση τοῦ ἀνοδικοῦ φορτίου Εὑθεία φόρτου	210
9 - 3	'Ενίσχυση	213
9 - 4	Ίσοδύναμα κυκλώματα	215
9 - 5	'Υπολογισμὸς τῆς ἐνισχύσεως	218
9 - 6	'Ενισχυτές τάσεως μὲ ἀντιστάσεις (Χ.Σ.)	220
9 - 7	'Ενισχυτὲς ίσχνος (Χ.Σ.)	225
9 - 8	Προσαρμογὴ	230
9 - 9	Διάφορα εἴδη ἐνισχυτῶν - Τάξεις Α,Β,Γ	231
9 - 10	'Η μονάδα ντεσιμπέλ (db)	235

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 10

Παραγωγὴ ταλαντώσεων Υ.Σ.

10 - 1	Εἰσαγωγὴ	242
10 - 2	'Αρχὴ τῆς παραγωγῆς ταλαντώσεων Υ.Σ.	242
10 - 3	Διάφορες συνδεσμολογίες ταλαντωτῶν Υ.Σ. μὲ ἀνάδραση	247
10 - 4	Ταλαντωτὲς μὲ ἀρνητικὴ ἀντίσταση	252
10 - 5	'Επίδραση τοῦ συντελεστή ποιότητας Q	254
10 - 6	Σταθερότητα τῆς συχνότητας	255

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 11

'Ο πομπὸς - Διαμόρφωση πλάτους καὶ συχνότητας.

11 - 1	Εἰσαγωγὴ	257
11 - 2	'Ο ταλαντωτὴς ίσχνος	257
11 - 3	'Ο ὁδηγὸς ταλαντωτὴς	260
11 - 4	Τιμερεμφατικοὶ πομποί	262
11 - 5	Ραδιοφωνικοὶ πομποί. Διαμόρφωση πλάτους	265
11 - 6	Διαμόρφωση συχνότητας	268

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 12

Φώραση.

12 - 1	Γιατὶ ἡ φώραση είναι ἀπαραίτητη	272
--------	---	-----

12 - 2	‘Απλή ἀνόρθωση	272
12 - 3	Φώραση	273
12 - 4	Πρακτικά κυκλώματα φωράσεως μὲ διόδη λυχνία	277
12 - 5	Κριτικά κυκλώματα φωραστές	279
12 - 6	Φώραση ἀπὸ τὸ πλέγμα	281
12 - 7	Φώραση ἀπὸ τὴν ἄνοδο	283
12 - 8	Παρατηρήσεις — Ἡλεκτρονικά βιοτόμετρα.	285
12 - 9	Φώραση γιὰ διαμόρφωση συχνότητας	287

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 13

Παράδειγμα ἀπλῶν δεκτῶν—’Ανακεφαλαίωση.

13 - 1	‘Ο πιὸ ἀπλὸς δέκτης (μὲ κρύσταλλο)	290
13 - 2	Παράδειγμα ἀπλοῦ δέκτη μὲ λυχνίες	294
	Ἐπίλογος τοῦ πρώτου τόμου	300

ΕΠΙΜΕΤΡΟΝ

Ἐρωτήσεις καὶ Προβλήματα	301
------------------------------------	-----



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

“Ολοι μας γνωρίζουμε και χρησιμοποιούμε καθημερινά τὸ τηγλέφωνο. Μᾶς εἶναι τόσο πολὺ χρήσιμο, γιατί, μὲ τὴ μεσολάβηση του, ἄνθρωποι ποὺ εὑρίσκονται μακρὺ ὁ ἔνας ἀπὸ τὸν ἄλλον μποροῦν εὔκολα νὰ συνομιλήσουν και νὰ συνεννοηθοῦν. Ἡ συνεννόηση ἡ ἡ ἐπικοινωνία ἀπὸ μακρυνὲς ἀποστάσεις λέγεται γενικὰ τηλεπικοινωνία.

Ἡ τηλεπικοινωνία εἶναι ἔνα πρόβλημα τέσσο παλιγδὸ διο και οἱ κοινωνίες τῶν ἀνθρώπων. Οἱ ἀγγελιαφόροι και τὰ φωτεινὰ σήματα τῆς ἀρχαιότητας, τὰ δργανωμένα ταχυδρομεῖα, τὸ σημερινὸ τηλέφωνο, εἶναι μερικοὶ σταθμοὶ τῆς ιστορίας τῆς τηλεπικοινωνίας.

Πῶς ὅμως λειτουργοῦν τὰ τηλέφωνα; Αὐτὸ δὲν θὰ τὸ ἐξηγήσωμε βέβαια σ' αὐτὴ τὴν Εἰσαγωγήν. Πρέπει μόνο νὰ πούμε πρὸς τὸ παρόν, δτι δύο τηλεφωνικὲς συσκευές, ποὺ βρίσκονται σὲ ἐπικοινωνία, δὲν εἶναι πάντα ἀπαραίτητο νὰ συνδέωνται μὲ ἔνα σύρμα. “Οταν π. χ. τηλεφωνοῦμε ἀπὸ τὴν Ἀθήνα στὴν Θεσσαλονίκη ἢ στὸ Παρίσι, ἡ φωνή μας δὲν μεταφέρεται μὲ μορφὴ ἡλεκτρικοῦ ρεύματος μέσα ἀπὸ ἔνα σύρμα — δπως αὐτὸ συμβαίνει δταν και οἱ δύο συνομιλητὲς βρίσκωνται μέσα στὴν περιοχὴ τῆς Ἀθήνας. Ἡ φωνή μας μεταφέρεται στὴ μακρυνὴ πόλη χωρὶς τὴ βοήθεια σύρματος ἢ ἄλλου διαικοῦ μέσου και γι' αὐτὸ λέμε δτι ἔχομε ἀσύρματη τηλεπικοινωνία. Τὸ πῶς τὸ ἐπιτυγχάνομε αὐτὸ θὰ τὸ δοῦμε στὴ συνέχεια τοῦ Βιβλίου.

Τὸ ἀσύρματο τηλέφωνο εἶναι μιὰ μονάχα μορφὴ ἀσύρματης τηλεπικοινωνίας. Μὲ τὸν ἵδιο οὖσιαστικὰ τρόπο λειτουργεῖ και τὸ ραδιόφωνο, ἀπὸ τὸ δποτὸ ἀκοῦμε κάθε μέρα εἰδῆσεις και μουσική. Προχωρώντας ἀπὸ τελειωποίηση σὲ τελειωποίηση, πάνω στὴν ἵδια

πάντα βάση, κατασκευάσθηκε ή τηλεόραση και τὸ ραντάρ. Παράλληλα είδαν τὰ φῶς ἄλλου εἴδους ἐκπληρικής συσκευές, δύπως οἱ μεγάλες ἡλεκτρονικὲς ὑπολογιστικὲς μηχανές, ποὺ ἐκτελοῦν μὲ ταχύτητα δευτερολέπτου μαθηματικοὺς ὑπολογισμούς, ποὺ δὲ ἀνθρώποις θὰ χρειαζόταν μέρες καὶ μῆνες γιὰ νὰ τοὺς κάμη, μεταφραστικὲς μηχανὲς ἵκανες νὰ μεταφράζουν μόνες τους κείμενα ἀπὸ μιὰ γλώσσα σὲ ἄλλη καὶ πλήθος ἄλλες αὐτόματες συσκευές. Ἡ πρόσδος σὲ πολλὰς ἄλλες περιοχὲς (Πυρηνικὴ Φυσική, Ἰατρική, διαπλανητικὰ ταξίδια, κ.ἄ.) στηρίχθηκε σὲ ἀνάλογες ἔξειλξεις. Σχηματίσθηκε ἔτσι, μέσα στὶς τελευταῖς λίγες δεκαετίες, ἔνας δλόκληρος καινούριος κλάδος τῆς ἐπιστήμης, γεμάτος δυναμισμὸς καὶ μὲ διαρκῶς τολμηρότερες προοπτικὲς γιὰ τὸ μέλλον, ποὺ δύνομάξεται *Ραδιοηλεκτρολογία* καὶ *Ἡλεκτρονική*. Οἱ βασικὲς τεχνικὲς γνώσεις, ποὺ ἀναφέρονται στὸν καινούργιο αὐτὸν κλάδο, ἀποτελοῦν τὸ περιεχόμενο τῆς *Ραδιοτεχνίας*. Δὲν ὑπάρχει πιὰ στὶς μέρες μας τομέας, σ' δλόκληρη τὴν περιοχὴ τῆς ἐπιστήμης καὶ τῆς τεχνικῆς, ποὺ νὰ μὴν ἐπωφελῆται λίγο - πολὺ ἀπὸ τὴν *Ἡλεκτρονικὴ* καὶ τὴν *Ραδιοτεχνία*.

Οἱ ἐφαρμογὲς τῆς *Ραδιοτεχνίας* πολλαπλασιάσθηκαν τόσο πολύ, κυρίως μετὰ ἀπὸ τὸν τελευταῖο παγκόσμιο πόλεμο, ὅτε νὰ μποροῦμε σήμερα νὰ ἔχωρες πολλά, κάπως αὐτοτελή, παρακλάδια. Γιὰ νὰ δείξωμε πόσῳ μεγάλη εἰναι ἡ ἔξειλξη θὰ ἀπαριθμήσωμε τὶς ἀκόλουθες κυριότερες εἰδικότητες:

- Τηλεπικοινωνίες (ἀσύρματη τηλεγραφία καὶ τηλεφωνία, τηλεφωτογραφία).
- *Ραδιοφωνία* καὶ *Τηλεόραση*.
- *Μικροκύματα* καὶ *Τεχνικὴ* τοῦ *Ραντάρ*.
- *Ραδιοναυτιλία* καὶ *Ραδιογωνιομετρία*.
- *Ραδιομετεωρολογία* καὶ *Ραδιοαστρονομία*.
- *Τεχνητοὶ δορυφόροι* καὶ διαπλανητικὰ ταξίδια.

- Ἡλεκτρονικὲς ὑπολογιστικὲς καὶ μεταφραστικὲς μηχανές.
- Αὐτοματισμὸς καὶ βιομηχανικὲς ἐφαρμογὲς τῆς Ἡλεκτρονικῆς.
- Ἡλεκτρονικὲς συσκευὲς τῆς Πυρηνικῆς Φυσικῆς.
- Ἐφαρμογὲς στὴν Ἰατρική.

Σκοπός, βέβαια, αὐτοῦ τοῦ βιβλίου δὲν μπορεῖ νὰ εἰναι τὸ νὰ δώσῃ λεπτομέρειες γιὰ ὅλες αὐτὲς τὶς εἰδικότητες, ποὺ καθεμιά τους θὰ ἀπαιτοῦσε ἔναν ἢ περισσότερους τόμους. Θὰ ἀσχοληθοῦμε λοιπὸν ἐδῶ, καὶ μάλιστα μὲ τὸν ἀπλούστερο δυνατὸ τρόπο, μὲ τὶς γενικὲς ἐκεῖνες γνώσεις, ποὺ εἰναι ἀπαραίτητες γιὰ τὴν πρώτην καὶ βασικὴ μόρφωση ἑνὸς ραδιοτεχνίτη. "Αν δὲ μαθητὴς ἀφομοιώσῃ καλὰ αὐτὲς τῆς βασικὲς γνώσεις, τότε θὰ μπορέσῃ νὰ δουλέψῃ καὶ σιγὰ - σιγὰ νὰ εἰδικευθῇ σὲ ἔνα ἀπὸ τὰ παρακλάδια τῆς Ραδιοτεχνίας.

Γιὰ νὰ μπορέσωμε ὅμως νὰ θεμελιώσωμε τὶς βάσεις τῆς Ραδιοτεχνίας, μᾶς χρειάζονται ἀρκετὲς γνώσεις ἀπὸ τὴν Φυσικὴ καὶ τὴν Ἡλεκτροτεχνία, πού, ἀν τὶς ἐπαναλαμβάναμε ἐδῶ ἀπὸ τὴν ἀρχή, δὲν θὰ μᾶς ἔμενε πιὰ ἀρκετὸς χῶρος γιὰ τὸ κύριο θέμα μας. (Δὲν θὰ ἀποφύγωμε ὡστόσο δρισμένες ἀπαραίτητες ἐπαναλήψεις). Θὰ μᾶς χρειασθοῦν ἀκόμα καὶ λίγα, πραγματικὰ λίγα καὶ ἀπλὰ *Μαθηματικά*.

Καὶ τοῦτο γιατὶ ἔνας τεχνίτης δὲν μπορεῖ, βέβαια, νὰ μὴ ἔρη νὰ κάνῃ σωστὲς ἀριθμητικὲς πράξεις (παρ' ὅλο ὅτι αὐτὸ δὲν εἰναι δισο εὔκολο φαινεται, ίδιως ὅταν δὲν πρόκειται νὰ γελασθῇ κανεὶς στὴ τοποθέτηση τοῦ κόρματος ἑνὸς δεκαδικοῦ ἀριθμοῦ ἢ στὸν πολλαπλασιασμὸ μὲ μιὰ δύναμη τοῦ 10). Θὰ ξέρη ἐπίσης δ τεχνίτης ὅτι οἱ νόμοι τῆς Φυσικῆς μποροῦν νὰ γραφοῦν μὲ συντομία ὑπὸ μορφὴ τύπων. Π.χ. δ νόμος «τὸ διάστημα ἰσοῦται μὲ τὴν ταχύτητα ἐπὶ τὸν χρόνο» μπορεῖ νὰ γραφῇ σύντομα: $\delta: \alpha = (\tau) \times (v)$ ἢ ἀκόμα πιὸ σύντομα καὶ συμβολικά: $s = vt$. Η γραφὴ μὲ τύπους εἰναι, ἀντίστροφα, εὐκολότερη, ἀπὸ δ.τι φαίνεται καὶ χρησιμεύει πολὺ γιὰ νὰ

συγκρατοῦμε καὶ νὰ ἐφαρμόζωμε μὲ εὐκολία συμπεράσματα, πού, γιὰ νὰ τὰ ἐξηγήσωμε καὶ νὰ τὰ καταλάβωμε, χρειάζθηκαν πάρα πολλὰ λόγια.

Αὐτὰ εἶναι περίπου ὅλα: ἀριθμητικὲς πράξεις καὶ ἀπλὲς σχέσεις (συνήθως πρώτου βαθμοῦ). Καὶ νὰ μὴ ἔχωμε, βέβαια, ξεχάσει τί σημαίνει μιὰ γραφικὴ παράσταση, δηλαδὴ ἐνα διάγραμμα ποὺ ἀπεικονίζει, σὰν ἐνα εἰδος φωτογραφίας, τὸ πῶς ἐνα μέγεθος μεταβάλλεται σὲ ἐξάρτηση ἀπὸ ἐνα ἄλλο (χρειάζεται προσοχὴ στὶς κλίμακες καὶ στὶς μονάδες μετρήσεως).

Ἐτσι, ἔξοπλισμένοι μὲ τὶς ἀπαραίτητες προηγούμενες γνώσεις ἀπὸ τὴν Φυσική, τὴν Ἡλεκτροτεχνία καὶ τὰ Μαθηματικά, ποὺ περιέχονται στοὺς ἀντίστοιχους τόμους τῆς «Βιβλίοθηκης τοῦ Τεχνίτη», δὲν πρόκειται πιὰ νὰ βροῦμε καμμὶα οὔτιαστικὴ δυσκολία. Ο δρόμος πρὸς ἐναν ἀπὸ τοὺς δύμορφότερους καὶ δυναμικότερους τῆς Τεχνικῆς, ποὺ παῖζει τόσο σπουδαῖο ρόλο στὸ σύγχρονο πολιτισμό, ἀνοίγεται ἐλεύθερος μπροστά μας.

Θὰ προχωρήσωμε, γιὰ νὰ ἐξηγήσωμε μὲ τὴ σειρά τους τί εἶναι: ἐνα συντονισμένο κύκλωμα, πῶς εἶναι κατασκευασμένες οἱ διάφορες ἡλεκτρονικὲς λυχνίες, μὲ ποιό τρόπο γίνονται οἱ διάφορες λειτουργίες (ἐνίσχυση, φώραση κλπ.). Γιὰ νὰ μὴ εἴμαστε πολὺ ἀφηρημένοι, θὰ ἔχωμε βέβαια ἀνάγκη κάθε φορὰ νὰ σκεφτόμαστε πάνω σὲ συγκεκομένα παραδείγματα. Καὶ ἐπειδὴ θὰ εἶναι ἀδύνατο καὶ ἀνώφελο νὰ ἐξετάζωμε σὲ κάθε περίπτωση ὅλες τὶς δυνατὲς ἐφαρμογές, γι' αὐτὸ θὰ προτιμήσωμε νὰ διαλέγωμε τὰ παραδείγματά μας κυρίως ἀπὸ τὴν περιοχὴ τῆς ραδιοφωνίας, ποὺ ἀπασχολεῖ ἄλλωστε ἐνα μεγάλο ἀριθμὸ ραδιοτεχνιτῶν.

Ο συνηθισμένος ραδιοφωνικὸς δέκτης θὰ ἀποτελῇ λοιπὸν τὸν κυριότερο στόχο μας, αὐτὸ δύμας θὰ εἶναι μόνο φαινομενικό, γιατὶ οἱ ἕδιες ἀρχὲς θὰ ἐπεκτείνωνται εύκολα σὲ πλήθης ἄλλες ἐφαρμογές. Συγχρόνως δὲν θὰ παραλείψωμε νὰ ἀνατρέχωμε καὶ σὲ ἄλλες γαραντηριστικὲς περιπτώσεις, δταν τοῦτο γίνεται ἀπαραίτητο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ι

Η ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

1.1 Γιὰ τὶς ἐπικοινωνίες γενικά.

"Ας παρακολουθήσωμε (παρ' ὅλο ποὺ δὲν εἶναι πολὺ εὐγενικό), τὴ συνομιλία μεταξὺ δύο ἀνθρώπων: δ ἔνας μιλᾶ, καὶ δ ἄλλος ἀκούει. Πῶς ἀκριβῶς γίνεται αὐτό; Ξέρομε ἀπὸ τὴν Φυσικὴ δτι αὐτὸ γίνεται μὲ τὸν ἀκόλουθο τρόπο:

Αὐτὸς ποὺ μιλᾶ, δ ὅμιλητής, προκαλεῖ μὲ τὰ φωνητικά του ὅργανα δονήσεις τοῦ ἀέρα μέσα στὸ στόμα του. Οἱ δονήσεις αὐτὲς μεταφέρονται, μὲ μορφὴ ἡχητικῶν κυμάτων, ὃς τὸ αὐτὶ τοῦ ἀκροατῆ. Ἐκεῖ τὰ κύματα κτυποῦν πάνω στὸ τύμπανο τοῦ αὐτιοῦ τοῦ ἀκροατῆ καὶ δ ἡχος τῆς ὅμιλίας καταλήγει νὰ γίνῃ ἀντιληπτός. Μποροῦμε, λοιπόν, νὰ ἔχωρίσωμε σ' αὐτὸ τὸ μηχανισμὸ τρία μέρη: 1) τὸν ὅμιλητὴ 2) ἕνα μέσῳ μεταφορᾶς· (ἐδῶ τὸν ἀέρα) καὶ 3) τὸν ἀκροατῆ.

Μὲ τὸν τρόπον αὐτὸ κατορθώνουν δύο ἀνθρωποι νὰ συνομιλήσουν, νὰ ἀνταλλάξουν τὶς ἰδέες τους, νὰ ἐπικοινωνήσουν. Ἡ ἐπικοινωνία γίνεται ἐδῶ μὲ λόγια, πολλὲς φορὲς ὅμως δύο ἀνθρωποις μποροῦν νὰ συνεννογθῶν ἀπλῶς μὲ ἕνα νόημα, μὲ ἕνα δποιοδήποτε σῆμα. Αὐτὸς ποὺ στέλνει τὸ σῆμα θὰ λέγεται γενικὰ πομπὸς (ἀπὸ τὴ λέξη « πέμπω » ποὺ σημαίνει στέλνω), ἐνῶ αὐτὸς ποὺ δέχεται τὸ σῆμα θὰ λέγεται δέκτης. Στὸ παράδειγμά μας δ ὅμιλητής εἶναι ἔνας πραγματικὸς πομπός, καὶ τὸ αὐτὶ τοῦ ἀκροατῆ δ δέκτης.

"Ἐνα πολυπλοκώτερο κάπως παράδειγμα εἶναι ἡ ἐπικοινωνία μὲ τὸ τηλέφωνο. Διότι ὅχι μόνο δ πομπὸς καὶ δ δέκτης περιλαμβάνουν τώρα δρισμένες ἡλεκτρικὲς συσκευές, ἀλλὰ καὶ τὸ μέσο μεταφορᾶς γίνεται: διαφορετικό. Ἀντὶ γιὰ τὸν ἀέρα, οἱ δύο συνο-

μιλητὲς συνδέονται μεταξύ τους μὲ ἔνα ρευματοφόρο σύρμα. Οἱ ἀλλαγὲς αὐτὲς ἐπιτρέπουν νὰ αὐξήσωμε τὴν ἀπόσταση ἀνάμεσα στοὺς συνομιλητὲς ἀπὸ μερικὰ μέτρα σὲ πολλὰ χιλιόμετρα (καὶ, ἐὰν μάλιστα χρησιμοποιήσωμε καὶ ἡλεκτρονικοὺς ἐνισχυτές, σὲ ἑκατοντάδες καὶ χιλιάδες χιλιόμετρα).

Βλέπομε ἀμέσως πόσο μεγάλη σημασίᾳ ἔχει τὸ μέσο μεταφορᾶς. Ἡταν ἀρκετὸν νὰ ἀντικαταστήσωμε τὰ ἡχητικὰ κύματα τοῦ ἀέρα μὲ ἔνα ἡλεκτρικὸ ρεῦμα, ποὺ κυκλοφορεῖ μέσα σὲ ἔνα σύρμα, γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε μιὰ μεγάλη πρόσοδο. Ποὺ θὰ ἔφθανε ἄραγε ἡ πρόσοδος αὐτῆ, ἂν μπορούσαμε νὰ ἀπαλλαγοῦμε ἀκόμη καὶ ἀπὸ αὐτὸν τὸ σύρμα; Ἡ ἐπικοινωνία π. χ. μὲ ἔναν συνομιλητὴ σὲ κίνηση (ποὺ θὰ βρισκόταν, ἀς ποῦμε, μέσα σὲ ἔνα ἀεροπλάνο) θὰ γινόταν εὔκολα δυνατή.

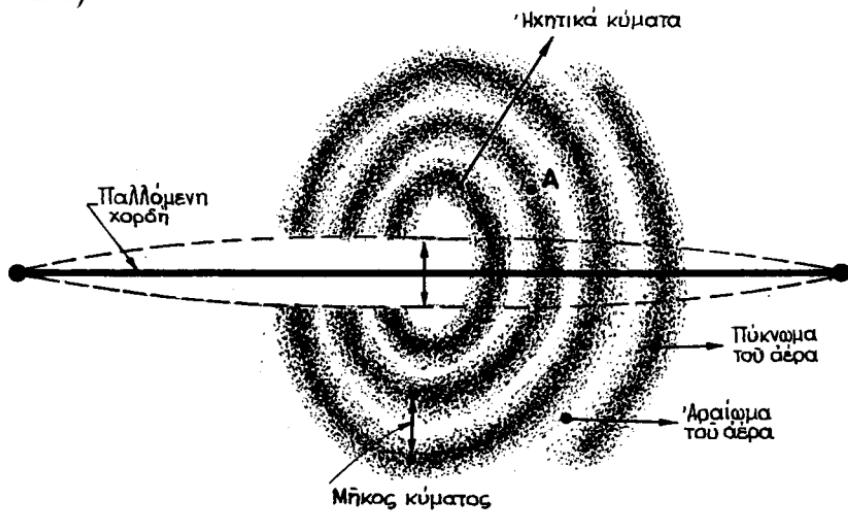
1.2 Ο ἡχος μετατρέπεται σὲ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα.

Πρὶν προχωρήσωμε, εἰναι ἀνάγκη νὰ ποῦμε κάτι περισσότερο γιὰ τὸ ρεῦμα ποὺ κυκλοφορεῖ μέσα σὲ ἔνα τηλεφωνικὸ σύρμα.

"Ἄς ξαναχυρίσωμε στὰ γνωστὰ μας ἡχητικὰ κύματα καὶ ἀς θυμηθοῦμε μερικὰ πράγματα ἀπὸ τὴν Ἀκουστικὴ (βλέπε βιβλίο Φυσικῆς). "Ἄς φαντασθοῦμε ὅτι αὐτὴ τῇ φορᾷ παράγομε τὰ ἡχητικὰ κύματα χτυπώντας τὰ πλήκτρα ἐνὸς πιάνου (οἱ ραδιοτεχνίτες ἀγαποῦν ἀλλωστε τὴ μουσική). Ἡ κατασκευὴ τοῦ πιάνου εἰναι τέτοια, ὥστε τὸ χτύπημα ἐνὸς πλήκτρου νὰ μεταφέρεται σὲ ἔνα σφυράκι ποὺ κτυπᾶ, μὲ τὴν σειρά του, πάνω στὴν ἀντίστοιχη χορδὴ τοῦ δργάνου. Τότε ἡ χορδὴ πάλλεται, κτυπᾶ ρυθμικὰ τὸν ἀέρα γύρω της καὶ δ ἀέρας σχηματίζει πυκνώματα καὶ ἀραιώματα ποὺ ἀπομακρύνονται ἀπὸ τὴ χορδὴ καὶ διαδίδονται στὸ χώρο σὰν ἡχητικὰ κύματα. Τὰ κύματα αὐτὰ διαδίδονται πρὸς ὅλες τὶς κατευθύνσεις τοῦ γύρω χώρου μὲ μιὰ ταχύτητα διαδόσεως πού, μέσα στὸν ἀέρα, εἰναι ἵση περίπου μὲ 330 μέτρα ἀνὰ δευτερόλεπτο.

Τὸ σχῆμα 1.2α ἀποτελεῖ μιὰ φανταστικὴ εἰκόνα τῆς

παλλόμενης χορδῆς μὲ τὰ ἡχητικὰ κύματα ποὺ ἔχουν παραχθῆ σὲ μιὰ δρισμένη στιγμή. Εέρομε ἀπὸ τὴν Φυσική ὅτι ἡ ἀπόσταση ἀνάμεσα σὲ δύο γειτονικὰ μέγιστα τῆς πυκνότητας τοῦ ἀέρα, λέγεται μῆκος κύματος τοῦ ήχου. Π.χ. τὸ μεσαῖον ντὸ (d₀) τῆς μουσικῆς ἀντιστοιχεῖ σὲ μῆκος κύματος 1,29 μέτρα περίπου (μὲ τὸ μῆκος κύματος ἀσχολούμενα εἰδικότερα στὸ ἐπόμενο κεφάλαιο).



Σχ. 1·2 α.

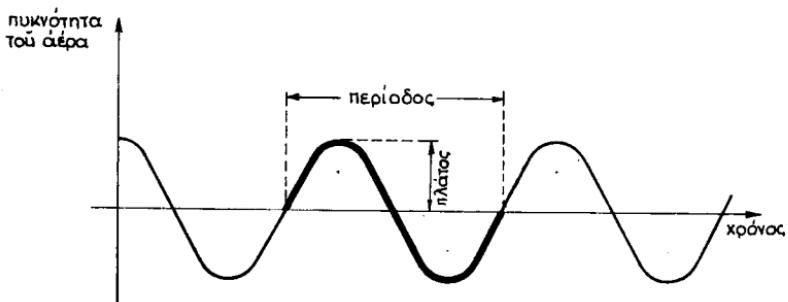
Ηχητικά κύματα ποὺ παράγονται ἀπὸ μιὰ παλλόμενη χορδή.

"Ας σταθοῦμε τώρα σὲ κάποια ἀπόσταση ἀπὸ τὴν χορδή, π.χ. στὸ σημεῖο Α τοῦ σχήματος 1·2 α, καὶ ἀς ὑποθέσωμε ὅτι τοποθετοῦμε ἐκεῖ ἔνα ὅργανο ἵκανὸν νὰ καταγράψῃ τὴν πυκνότητα τοῦ ἀέρα, καθὼς δὲ χρόνος κυλᾶ. Θὰ παίρναμε τότε τὸ σχῆμα 1·2 β, ποὺ δείχνει τὶς συνεχεῖς αὐξομειώσεις ἢ ἐναλλαγὴς τῆς πυκνότητας τοῦ ἀέρα στὸ σημεῖο Α. Μιὰ τέτοια πλήρης ἐναλλαγὴ ἔχει σημειωθῆ μὲ πιὸ ἔντονη γραμμὴ στὸ σχῆμα. Ο χρόνος ποὺ χρειάζεται γιὰ νὰ συμπληρωθῆ μιὰ πλήρης ἐναλλαγὴ λέγεται περίοδος.

"Ας θυμηθοῦμε ἐπίσης ὅτι δὲ ἀριθμὸς τῶν περιόδων, ποὺ πρα-

γματοποιούνται: μέσα σε ένα δευτερόλεπτο, όνομάζεται συχνότητα. Τή συχνότητα τή μετρούμε σε κύκλους ή σε γερτές (σύμβολο c/s ή Hz). Π.χ. ή νότα ντό, για τήν έποιχ μιλήσαμε προηγουμένως, έχει συχνότητα 256 c/s, δηλαδή ή αντίστοιχη παλλόμενη χερδή προκαλεῖ 256 αντομειώσεις τήν πυκνότητας του άέρα σε κάθε δευτερόλεπτο. "Οσο οψηλότερη είναι ή συχνότητα, τόσο δ ήχος γίνεται δέρματος.

Δεν ξεχνούμε, τέλος, ότι δ ήχος είναι τόσο δυνατότερος, όσο τα πυκνώματα και άραιώματα του άέρα είναι έντονώτερα. Σε μιά γραφική παράσταση (σχ. 1·2 β) αυτό το διακρίνομε από τήν μέγιστη τιμή ποιο μπορεῖ νά πάρη ή πυκνότητα του άέρα και λέ-

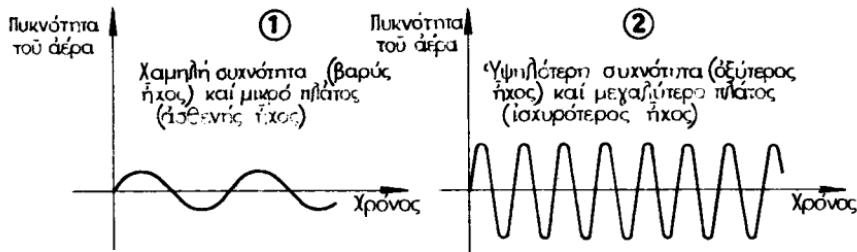


Σχ. 1·2 β. Περίοδος και πλάτος.

με, ότι ή μέγιστη αυτή τιμή άντιστοιχεῖ στήν ένταση ή στό πλάτος του ήχου. Για νά καταλάβωμε καλύτερα τό ρόλο τής συχνότητας και το πλάτους, φθάνει νά ρίξωμε μιά ματιά στό σχήμα 1·2 γ.

Σάν νά παραμπήκαμε δημοσίευση στά οίκοπεδα τής Φυσικῆς. Εεκινήσαμε νά πούμε τί είναι: τό ηλεκτρικό ρεύμα πού κυκλοφορεῖ μέσα σε ένα τηλεφωνικό σύρμα, και νά πού άσχολούμεθα μὲ τήν Ακουστική. Τώρα δημοσίευση στό ζήτημα γίνεται άπλος: "Όταν μιλούμε μπροστά στό τηλέφωνο, τά ήχητικά κύματα τής φωνῆς μας κτυποῦν πάνω στή μεμβράνη μιας συσκευής, πού βρίσκεται στό κάτω μέρος του

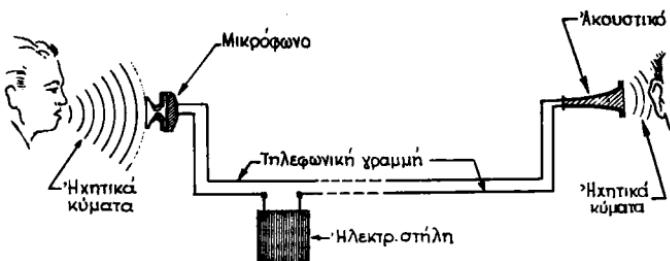
«άκουστικού» και λέγεται μικρόφωνο. Τὰ ηχητικὰ κύματα τοῦ ἀέρα ἀναγκάζουν αὐτὴ τὴν μεμβράνη νὰ πάλλεται. Χάρη ὅμως



Σχ. 1·2 γ.

Ρόλος τῆς συχνότητας καὶ τοῦ πλάτους.

στὴν κατασκευὴ τοῦ μικροφώνου, οἱ παλμοὶ τῆς μεμβράνης μετατρέπονται σὲ ἀντίστοιχες μεταβολὲς τοῦ ηλεκτρικοῦ ρεύματος, ποὺ κυκλοφορεῖ μέσα στὸ τηλεφωνικὸ σύριγμα. Τὸ ρεῦμα αὐτὸ ἀποτελεῖ πραγματικὰ ἔνα εἰδος ηλεκτρικοῦ ἀντίγραφου τῶν δονήσεων τῆς μεμβράνης τοῦ μικροφώνου. Οἱ δονήσεις αὐτὲς μεταφέρονται ἐτοι, μὲ ηλεκτρικὴ μορφὴ, στὸ ἀκουστικὸ ποὺ βρίσκεται στὴν ἄλλη ἄκρη τηλεφωνικῆς γραμμῆς. Ἐκεῖ, μὲ μιὰ λειτουργία ἀντίστροφη ἀπὸ ἐκείνη τοῦ μικροφώνου, τὸ ἀκουστικὸ μετατρέπει



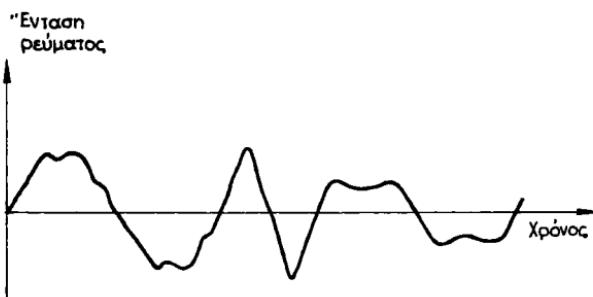
Σχ. 1·2 δ.

Γιὰ νὰ καταλάβωμε, μὲ ἀπλὸ τρόπο, πῶς λειτουργεῖ τὸ τηλέφωνο.

τὶς μεταβολὲς τοῦ ρεύματος σὲ ηχητικὰ κύματα καὶ ἡ δμιούλα γίνεται ἀκουστὴ (σχ. 1·2 δ.).

Οι μεταβολές τοῦ τηλεφωνικοῦ ρεύματος ἔχουν τὴν ἕδια συχνότητα καὶ τὸ πλάτος τους εἰναι ἀνάλογο πρὸς τὸ πλάτος τοῦ ἥχου ποὺ τὶς προκάλεσε. Τὸ σχῆμα 1.2 γ μπορεῖ νὰ παραστήσῃ, τὸ ἕδιο καλὰ δύο τηλεφωνικὰ ρεύματα, φθάνει στὸν κάθετο ἄξονα νὰ μετροῦμε τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος καὶ ὅχι τὴν πυκνότητα τοῦ ἀέρα. Βλέπομε, λοιπόν, ὅτι τὰ τηλεφωνικὰ ρεύματα δὲν εἰναι τίποτα ἄλλο ἀπὸ ἐναλλασσόμενα ρεύματα, σὰν αὐτὰ ποὺ γνωρίσαμε στὴν Ἡλεκτροτεχνία (Τόμος Α, Κεφ. 21). Μόνο ποὺ τὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα τῆς Ἡλεκτροτεχνίας, δηλαδὴ τὸ βιομηχανικὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, ἔχει μιὰ σταθερὴ συχνότητα ἵση μὲ 50 c/s (στὴν Εὐρώπη). Ἀντίθετα, τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα, ποὺ παράγονται ἀπὸ τὸν ἥχο, ἔχουν συχνότητες μεταβαλλόμενες ἀπὸ 16 ὁς 20 000 κύκλους ἀνὰ δευτερόλεπτο. Αὐτὰ τὰ ρεύματα θὰ τὰ λέμε ἀκουστικὰ ρεύματα ἢ ρεύματα χαμηλῆς συχνότητας.

Ἐπομένως, ὅταν μιλοῦμε γιὰ χαμηλὴ συχνότητα θὰ ἐννοοῦμε



Σχ. 1.2 ε Τὸ ρεῦμα ποὺ δίνει ἡ φωνή μας ἔχει, στὴν πραγματικότητα μιὰ κάποια τέτοια σύνθετη μορφή.

τὴν περιοχὴν συχνοτήτων ἀπὸ 16 ὁς 20 000 c/s περίπου καὶ τὴν περιοχὴν αὐτὴν τὴν σημειώνομε μὲ τὸ σύμβολο X.Σ. (ἢ μὲ τὸ διεθνὲς σύμβολο A.F. ἢ B.F.). Πρέπει δημοσίευσε ὅτι στὴν πραγματικότητα οἱ διάφοροι ἥχοι σπάνια δίνουν ἀπλὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα μὲ τὴν μορφὴ τοῦ σχήματος 1.2 γ (ἥμιτονικὴ μορφή). Ἡ φωνή μας π.χ. δίνει ἐνα ρεῦμα ποὺ προκύπτει ἀπὸ τὴν

πρόσθεση πολλών ταυτοχρόνων άπλων έναλλασσομένων ρευμάτων καὶ ποὺ γι' αὐτὸν ἔχει μιὰ πολυπλοκότερη μορφὴ (σχ. 1·2 ε). Τὸ ἀκουστικὸν ρεῦμα τῆς φωνῆς μας περιέχει συχνότητες μέχρι 3 000 c/s περίπου, ἐνῶ ἡ μουσικὴ φθάνει μέχρι 10 000 c/s καὶ περισσότερο. Πάντως, κάτω ἀπὸ 16 καὶ πάνω ἀπὸ 20 000 c/s, τὸ ἀνθρώπινο αὐτὶ δὲν μπορεῖ πιὰ νὰ σχηματίσῃ τὸ αἰσθημα τοῦ ἕχου.

1·3 Ή άκτινοβολία.

"Ας ἐπαναλάβωμε μὲ δύο λόγια τί μάθαμε ὅς ἐδῶ : "Οταν δύο πρόσωπα συνομιλοῦν, ἡ ἐπικοινωνία τους ἔξασφαλίζεται ἀπ' εὐθείας μὲ τὰ ἥχητικὰ κύματα τοῦ ἀέρα. Ἐπειδὴ δμως τὰ κύματα αὐτὰ δὲν φθάνουν καὶ πολὺ μακριά, γι' αὐτὸν τὰ μετατρέπομε σὲ ἀκουστικὸν ρεῦμα καὶ τὰ στέλνομε νὰ ταξιδέψουν σὲ μεγαλύτερες ἀποστάσεις μέσα ἀπὸ ἓνα τηλεφωνικὸν σύρμα.

Μήπως τὸ ταξίδι τοῦ ἕχου μποροῦσε νὰ γίνη ἀνετώτερα χωρὶς ὁ ἕχος νὰ στριμωχθῇ μέσα σὲ ἓνα σύρμα; Μήπως τὰ ἥχητικὰ κύματα μποροῦσαν νὰ πάρουν τελικὰ ὅχι τὴν μορφὴν ἐνδὸς ἀκουστικοῦ ρεύματος, ἀλλὰ τὴν μορφὴν δρισμένων ἥλεκτρικῶν κυμάτων, ποὺ νὰ ταξιδέψουν στὸ χῶρο εὐκολώτερα καὶ μακρύτερα; Καὶ τέτοια ἥλεκτρικὰ κύματα, ἀν ὑπῆρχαν, τί θὰ μποροῦσε ἄραγε νὰ είναι;

Τὸ ἔρωτημα αὐτὸν ἀπασχόλησε γιὰ πολὺ τοὺς σοφοὺς τοῦ περασμένου αἰώνα. Πρῶτος ὁ Μάξουελ (*Maxwell*) ἀπόδειξε μὲ τὰ μαθηματικὰ ὅτι τέτοια ἥλεκτρικὰ κύματα πρέπει νὰ ὑπάρχουν. Οἱ σύγχρονοί του δμως δὲν τὸν πίστεψαν καὶ πολύ, ὥσπου τὸ 1888, ὁ Χέρτς (*Herz*) ἀπόδειξε πειραματικὰ ὅτι ὁ Μάξουελ εἶχε δίκιο. Τὰ ἥλεκτρικὰ κύματα ἦταν πιὰ μιὰ πραγματικότητα.

Μιὰ πραγματικότητα ναί, ἀλλὰ τί ἦταν στὴν οὐσία τὰ νέα κύματα; Ό Μάξουελ ἔλεγε ὅτι τὰ κύματα αὐτὰ είναι μιὰ συνδυασμένη ἥλεκτρικὴ καὶ μαγνητικὴ διαταραχὴ τοῦ χώρου, γι'

αὐτὸν καὶ δυνομάσθηκαν ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα. Κάπως ἀκριβέστερα ἡ διαταραχὴ αὐτὴν φαντάται νὰ δρεῖται σὲ συνδυασμένα ἡλεκτρικὰ καὶ μαγνητικὰ πεδία, σὰν αὐτὰ ποὺ μάθαιμε στὴν Ἡλεκτροτεχνία (τέμος Α', Κεφ. 16). Πρόσθετε μάλιστα, ὅτι καὶ τὸ φῶς δὲν εἶναι τίποτα ἄλλο ἀπὸ τέτοια ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα (ἄλλα μὲν πάρα πολὺ ὑψηλὴ συχνότητα).

Ο καθένας θὰ πῇ ὅτι οἱ ἔξι γήραις αὐτές δὲν εἶναι καὶ πολὺ καθαρές. Πρὸ παντὸς ὅταν ἀρχίσῃ νὰ ρωτᾶ γιὰ τὸ πῶς τὰ καινούργια κύματα διαδίδονται μέσα στὸ χῶρο. Ἡ ἀπάντηση ὅτι ἡ διάδοση μπορεῖ νὰ γίνη, καὶ μάλιστα κατὰ τὸν καλύτερο δυνατὸ τρόπο, μέσα ἀπὸ τὸ κενό, χωρὶς τὴν μεσολάθηση κανενὸς ὄλικοῦ μέσου, θὰ τοῦ φανῆ ἀσφαλῶς πολὺ παράξενη. Κι' ὅμως, τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα τοῦ φωτὸς μποροῦν νὰ διαδίδωνται ἀπὸ τὰ ἀστέρια ὥς τὴν γῆ μέσα ἀπὸ τεράστιες ἀποστάσεις κενοῦ χώρου.

Όλο τὸ ζήτημα ἀποτέλεσε καὶ ἔξακολουθεῖ νὰ ἀποτελῇ, ἀπὸ δρισμένες τουλάχιστον ἀπόψεις, θέμα σοθαρῶν συζητήσεων. Γιὰ νὰ εἴμαστε ἐντελῶς εἰλικρινεῖς, κανεὶς δὲν ξέρει οὔτε σήμερα ἀρκετὰ καλὰ τί εἶναι στὴν οὖσία τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, μὲ ποιόν ἀκριβῶς τρόπο μποροῦν νὰ μεταφέρουν μιὰ δρισμένη ἐνέργεια. Γεγονὸς πάντως εἶναι, ὅτι τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα μεταφέρουν μιὰ δρισμένη ἐνέργεια καὶ τὴν ἐνέργεια αὐτὴν τὴν δύναμιν ἀκτινοβολία.

Θὰ σταματήσωμε τὰ ἐρωτήματα ὥς ἐδῶ, γιὰ νὰ ποῦμε τουλάχιστο τί μποροῦμε ἐμεῖς νὰ θεωροῦμε, γιὰ τὴν δουλειά μας, σὰν ἀσφαλὴ γνώση.

Ηδὲ συγκρατήσωμε στὸ νοῦ μας ὅτι ὑπάρχουν δρισμένα ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, ποὺ μποροῦν μάλιστα νὰ διαδίδωνται μέσω ἀπὸ τὸν κενὸ χῶρο. "Ας τὰ θεωρήσωμε σὰν τὰ γῆγητικὰ κύματα τοῦ ἀέρα (σχ. 1·2α), ἀλλὰ ἂς προσπαθήσωμε νὰ φαντασθοῦμε ἔτι, στὴν θέση τῶν πυκνωμάτων καὶ ἀραιωμάτων τοῦ ἀέρα ἔχοιμε πυκνώματα καὶ ἀραιώματα ἡλεκτρομαγνητικοῦ πεδίου—καὶ συγ-

χρόνιως νὰ ἀπαλλαγοῦμε ἀπὸ τὴν ἔννοια ἑνὸς ὄλικου μέσου μεταφορᾶς, δύπος δὲ ἀέρας (χρειάζεται ἀλήθεια ἀρκετὴ φαντασία). Θὰ προσθέσωμε ἀκόμα ὅτι τὰ κύματα αὐτὰ διαδίδονται στὸ κενὸ μὲ μιὰ ταχύτητα διαδόσεως πολὺ μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ταχύτητα τῶν 330 m/sec τοῦ ἥχου στὸν ἀέρα. Ή ταχύτητα διαδόσεως τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας (καθὼς καὶ τοῦ φωτὸς) στὸ κενὸ εἶναι ἵση μὲ 300 000 000 μέτρα ἀνὰ δευτερόλεπτο (δηλαδὴ $3 \cdot 10^8$ m/sec).

Ἡ εἰκόνα αὐτῆ, δοσο καὶ ἀν εἶναι ἀτελής, εἶναι γιὰ τὶς δικές μας ἀνάγκης ἀρκετή. Μᾶς δείχνει ὅτι ἵσως δὲν θὰ ἡταν πιὰ ἀδύνατο νὰ δώσωμε στὰ ἡχητικὰ κύματα τὴν μορφὴ ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας καί, μὲ αὐτὴν τὴν παράξενη μορφὴ, νὰ τὰ στείλωμε νὰ ταξιδέψουν πολὺ μακριά, χωρὶς τὴν βοήθεια κανενὸς ὄλικου μεσολαβητῆ, καὶ μὲ καταπληκτικὰ μεγάλη ταχύτητα.

Τί καλύτερο θὰ μπορούσαμε νὰ θέλωμε; Μένει, βέβαια, νὰ δοῦμε μὲ ποιὸ τρόπο ἔνα τέτοιο πρᾶγμα θὰ μποροῦσε νὰ γίνη πρακτικὰ δυνατό. Φαίνεται τόσο ὕμορφο, ὥστε νὰ ἀμφιβάλλῃ κανείς. Ἡ ἀμφιβολία δημιουργεῖ δύση, σὲ λίγο τὴν θέση τῆς στὴν ίκανοποίηση — ἀν καὶ αὐτὸ θὰ ἀπαιτήσῃ, φυσικά, λίγο κόπο, ίδιως ὅταν ἀργότερα πάρωμε τὰ πράγματα μὲ λεπτομέρειες στὴ σειρά.

1·4 Ό πομπός.

Ἄρχισαμε νὰ λέμε, ἀπὸ τὴν πρώτη κιόλας παράγραφο, ὅτι μιὰ ἐπικοινωνία ἀπαιτεῖ γενικὰ ἔναν πομπό, ἔνα μέσο μεταφορᾶς τοῦ σήματος καὶ ἔναν δέκτη. Στὸ μεταξύ, χρειάσθηκε νὰ ἀσχοληθοῦμε, πρῶτα ἀπ' ὅλα, μὲ τὸν τρόπο μεταφορᾶς πού, ἀπὸ ἡχητικὰ κύματα τῆς ἀπ' εὐθείας συνομιλίας, ἔγινε τηλεφωνικὸ ρεῦμα χαμηλῆς συχνότητας μέσα σὲ ἔνα σύρμα, γιὰ νὰ καταλήξῃ στὴν ἀϋλη μορφὴ τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων. Καιρὸς εἶναι πιὰ νὰ μιλήσωμε καὶ γιὰ τὸν πομπὸ καὶ γιὰ τὸν δέκτη, γιὰ νὰ κατα-

λάθωμε πῶς γίνεται, στὶς γενικές της γραμμές, μιὰ ραδιοηλεκτρικὴ (άσύρματος) έπικοινωνία.

Ο πομπὸς εἶναι μιὰ συσκευὴ ποὺ ἔχει σκοπὸν νὰ στείλῃ στὸν προορισμό του τὸ σῆμα, π.χ. τὴν δημιλία. Ἀφοῦ δημως ζέρωμε δtti ἡ δημιλία μπορεῖ νὰ γίνη ρεῦμα χαμηλῆς συχνότητας, ἐνῷ συγχρόνως θέλομε νὰ χρησιμοποιήσωμε τὰν μέσον μεταφορᾶς τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, εἶναι φυσικὸν νὰ ἀναρωτηθοῦμε: Δὲν μποροῦμε ἀραγε νὰ παράγωμε τὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα ἀπ' εὐθείας ἀπὸ τὸ ρεῦμα χαμηλῆς συχνότητας; Δυστυχῶς τὸ πρᾶγμα δὲν εἶναι τόσο ἀπλό. Γιὰ λόγους ποὺ θὰ τοὺς ἔξηγγήσωμε στὸ τέλος αὐτοῦ τοῦ κεφαλαίου, στὴν πράξη εἶναι ἀδύνατο νὰ χρησιμοποιήσωμε γιὰ μέσον μεταφορᾶς ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία χαμηλῆς συχνότητας. Ὑπάρχει δημως ἀκόμα μιὰ λύση, καὶ μάλιστα περίφημη: ἡ ὑψηλὴ συχνότητα.

Τὰ ρεύματα ὑψηλῆς συχνότητας εἶναι καὶ αὐτὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα, ἀκριβῶς δπως τὰ ρεύματα χαμηλῆς συχνότητας. Μόνο ποὺ ἡ συχνότητα παίρνει τώρα τιμὲς πολὺ μεγαλύτερες: Ἀντὶ γιὰ μερικὲς ἐκατοντάδες ἡ χιλιάδες κύκλους ἀνὰ δευτερόλεπτο, ποὺ συναντήσαμε στὰ ἀκουστικὰ ρεύματα, ἔχομε τώρα νὰ κάμωμε μὲ πολλὲς χιλιάδες ἡ ἐκατομμύρια c/s. Η περιοχὴ τῶν ὑψηλῶν συχνοτήτων (σύμβολο I. S. ἡ διεθνῶς H. F.) ἐκτείνεται στὴν πραγματικότητα ἀπὸ 15 000 c/s περίπου ὥς πολλὲς χιλιάδες ἐκατομμύρια c/s (ἡ φαντασία μας δὲν μπορεῖ βέβαια νὰ παρακολουθήσῃ τόσο μεγάλους ἀριθμούς, γιὰ τὰ ἡλεκτρόνια δημως εἶναι παιχνιδάκι). Αὐτὸ καὶ μόνο τὸ γεγονός, δtti δηλαδὴ ἡ συχνότητα γίνεται ὑψηλή, φθάνει, δπως θὰ δοῦμε, γιὰ νὰ μποροῦμε νὰ ἐπιτύχωμε μιὰ ἀρκετὰ ἔντονη ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία, ποὺ νὰ μπορῇ νὰ διαδοθῇ σὲ πολὺ μεγάλες ἀποστάσεις. Ἐπειδὴ μάλιστα ἡ ἀκτινοβολία λέγεται στὰ ἀγγλικὰ ραντιέσον (radiation), γι' αὐτὸ. ἡ ὑψηλὴ συχνότητα δύνομάξεται ἐπίσης καὶ

ραδιοσυχνότητα ἡ καὶ ραδιοφωνική συχνότητα (κατὰ τὶς περιστάσεις), δηλαδὴ συχνότητα ποὺ ἀκτινοβολεῖ.

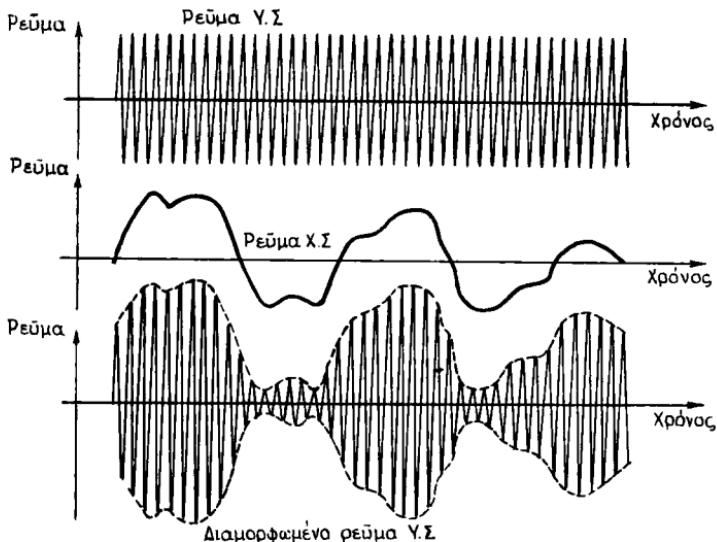
“Ωστε, τελικά, τὸ νέο μέσο μεταφορᾶς ποὺ ζητοῦμε θὰ εἶναι ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία ὑψηλῆς συχνότητας. Πῶς ὅμως θὰ τὴν παράγωμε;

Αὐτὸ θὰ γίνη μὲ ἔνα εἶδος γεννήτριας ὑψηλῆς συχνότητας. Θὰ μπορούσαμε νὰ δοκιμάσωμε μήπως οἱ γνωστές μας ἀπὸ τὴν Ἡλεκτροτεχνία γεννήτριες ἐναλλασσόμενου ρεύματος θὰ ἥταν δυνατὸ νὰ μᾶς χρησιμεύσουν καὶ ἐδῶ. Ὅμως, οἱ συχνότητες ποὺ μποροῦν νὰ δώσουν τέτοιες γεννήτριες δὲν εἶναι ἀρκετὰ ὑψηλές. Χρειάζεται κάτι πολὺ πιὸ ἐλαφρὸ ἀπὸ τὸ ρότορ μιᾶς γεννήτριας, γιὰ νὰ μπορέσῃ νὰ παρακολουθήσῃ τέσσο γρήγορους ρυθμούς: τὰ ἡλεκτρόνια. Πραγματικά, τὰ ρεύματα ὑψηλῆς συχνότητας παράγονται ἀπὸ ἡλεκτρονικὲς λυχνίες ποὺ συνδεσμολογοῦνται ἔτσι, ὥστε νὰ ἀποτελέσουν ἔναν ταλαντωτὴ ὑψηλῆς συχνότητας.

Ἐπὶ κεφαλῆς λοιπὸν ἐνὸς πομπού βρίσκεται ἔνας ταλαντωτὴς ὑψηλῆς συχνότητας. Δὲν θὰ ὠφελοῦσε ὅμως σὲ τίποτα ἀνέπιχειρούσαμε νὰ μετατρέψωμε ἀπ’ εὐθείας τὴν ὑψηλὴ συχνότητα σὲ ἀκτινοβολία (ξέρομε δτὶ τὸ αὐτὶ μας εἶναι ἀναίσθητο στὴν ὑψηλὴ συχνότητα). Ἡ ὑψηλὴ συχνότητα δὲν θὰ εἶναι παρὰ τὸ μέσο μεταφορᾶς τῆς χαμηλῆς συχνότητας καὶ τελικὰ τοῦ ἥχου. Γι’ αὐτὸ τῇ λέμε καὶ φέρουσα συχνότητα. Εἶναι σὰν τὸ ἀεροπλάνο ποὺ θὰ παραλάβῃ τὸν ταξιδιώτη του, τὸν ἥχο, γιὰ νὰ τὸν μεταφέρῃ μακρυά. Πῶς ὅμως θὰ τὸν παραλάβῃ;

Τὸ πρᾶγμα δὲν εἶναι δύσκολο. Στὸ σχῆμα 1·4 α ἔχομε παραστήσει, πάνω - πάνω, τὸ ρεῦμα Γ.Σ. καὶ ἀπὸ κάτω τὸ ρεῦμα Χ.Σ., ποὺ θέλομε νὰ μεταφέρωμε. Ἀρκεῖ νὰ βροῦμε ἔναν τρόπο νὰ ἀνακατέψωμε τὸ ἔνα μὲ τὸ ἄλλο. Ἔνας τέτοιος τρόπος εἶναι π.χ. νὰ ἀναγκάσωμε τὸ πλάτος τοῦ ρεύματος Γ.Σ. νὰ μεταβάλλεται μὲ τὸ ρυθμὸ τῆς Χ.Σ. Τὸ ἀποτέλεσμα θὰ εἶναι νὰ πάρωμε ἔνα ρεῦμα Γ.Σ. μὲ μεταβαλλόμενο πλάτος, δπως αὐτὸ ποὺ φαίνεται

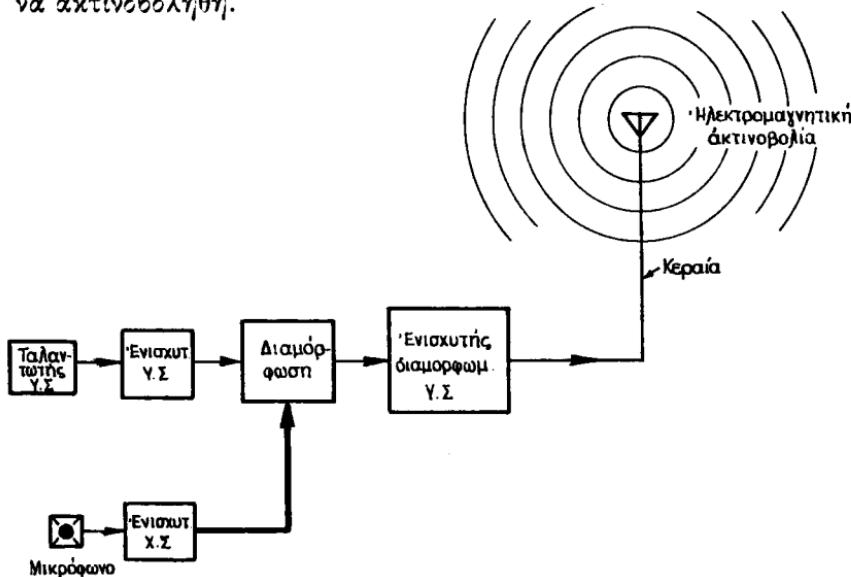
στὸ κάτω - κάτω μέρος τοῦ σχήματος. Ἡ ἐργασία αὐτὴ λέγεται διαμόρφωση κατὰ πλάτος καὶ τοῦτο γιατὶ τὸ πλάτος τῆς Γ.Σ. διαμορφώνεται κατὰ τέτοιο τρόπῳ, ὥστε ἡ Χ.Σ. νὰ ἀποτυπώνεται πάνω στὸ ρεῦμα Γ.Σ. Τπάρχουν καὶ ἄλλοι τρόποι διαμορφώσεως πού, ὅμως, δὲν θὰ τοὺς ἀναφέρωμε πρὸς τὸ παρόν.



Σχ. 1·4 α.
Διαμόρφωση κατὰ πλάτος.

Τώρα μποροῦμε νὰ καταλάβωμε πῶς δουλεύει ἔνας πομπός, π.χ. ἔνας ραδιοφωνικὸς πομπὸς (σχ. 1·4 β). Ἡ φωνὴ (ἢ ἡ μουσικὴ) μετατρέπεται στὸ στούντιο, μὲ τὴ βοήθεια τοῦ μικροφώνου, σὲ ρεῦμα χαμηλῆς συχνότητας. Τὸ ρεῦμα αὐτὸν εἶναι πολὺ ἀσθενὲς γιὰ νὰ πάγι μακρύτερα καὶ χρειάζεται νὰ ἐνισχυθῇ μὲ ἔναν ἐνισχυτὴ Χ.Σ. (δουλεύει καὶ αὐτὸς μὲ γλεκτρονικὲς λυχνίες). Ἀπὸ τὴν ἄλλη μεριά, στὸ κτίριο τοῦ κυρίως πομποῦ, ἔνας ταλαντωτὴς παράγει, κατὰ τρόπο ἀνεξάρτητο, τὸ ρεῦμα Γ.Σ. Ἐπειδὴ καὶ αὐτὸν εἶναι στὴ γέννησή του ἀσθενές, πρέπει νὰ ἐνισχυθῇ μὲ ἔναν ἐνισχυτὴ Γ.Σ. Κατόπιν τὰ δύο αὐτὰ ἀνεξάρτητα ρεύματα ἀνακ-

τεύονται μέσα σὲ μιὰ ἄλλη ἡλεκτρονικὴ λυγνία, ὅπου γίνεται ἡ διαμόρφωση κατὰ πλάτος. Τὸ διαμορφωμένο ρεῦμα Γ.Σ. ἔχει συνήθως καὶ πάλι ἀνάγκη νὰ ἐνισχυθῇ. Οπότε δὲν μένει παρὰ νὰ στελλωμε τὸ ἐνισχυμένο ρεῦμα Γ.Σ. στὴν κεραία τοῦ πομποῦ, γιὰ νὰ ἀκτινοβοληθῇ.



Σχ. 1·4 β. Γενικὸ διάγραμμα ἐνὸς ραδιοφωνικοῦ πομποῦ.

Ἄλλὰ τώρα πρέπει νὰ μιλήσωμε καὶ γιὰ τὴν κεραία, ἢν καὶ δὲν ἔχομε νὰ πούμε ἐδῶ πολλὰ πράγματα γι' αὐτήν. "Ας τὴν φαντασθοῦμε, στὴν ἀπλούστερη μορφή της, σὰν ἓνα ἀπλὸ μεταλλικὸ σύρμα τεντωμένο μέσα στὸν ἐλεύθερο χῶρο. "Οταν ἔνα τέτοιο σύρμα διαρρέεται ἀπὸ τὸ διαμορφωμένο ρεῦμα Γ.Σ., δημιουργεῖ γύρω του ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, ποὺ ἀπομακρύνονται καὶ ἀποχωρίζονται ἀπὸ αὐτὸν καὶ διαδίδονται στὸν γύρω χῶρο σὰν ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία. Η κεραία, δηλαδὴ, εἰναι ἕνα εἶδος συνδέσμου ἀνάμεσα στὸν πομπὸ καὶ στὸν ἐλεύθερο χῶρο. Είναι ἀκόμη ἕνα εἶδος μετασχηματιστῆ, ποὺ μετατρέπει τὴν ἐνέρ-

γεια τοῦ ρεύματος Υ.Σ. σὲ ἀκτινοβολία. Εἶναι, τέλος, ἡ ἀκρη ὅλης τῆς συνδεσμολογίας τοῦ πομποῦ: ἀπὸ ἐκεῖ καὶ πέρα σταματᾶ κάθε σύνδεση μὲ σύρμα καὶ δὲν ὑπάρχει παρὰ ἀκτινοβολία στὸν ἐλεύθερο χώρο.

Τὸ σχῆμα 1.4 β ἔνει ἔνα παράδειγμα γενικοῦ διαγράμματος ἐνὸς ραδιοφωνικοῦ πομποῦ. Κάθε «τετραγωνάκι» τοῦ σχήματος παριστάνει καὶ ἔνα μέρος τοῦ πομποῦ ἢ καλύτερα, δπως λέμε, ἔνα στάδιο ἢ βαθμίδα τοῦ πομποῦ. Τὰ διαδοχικὰ στάδια συνδέονται μεταξὺ τους καὶ ἀποτελοῦν ἔνα εἰδος ἀλυσίδας. "Ετοι σχηματίζεται ἡ ἀλυσίδα τῆς ἐκπομπῆς.

1.5. Ο δέκτης.

"Ενας ραδιοφωνικὸς δέκτης δὲν εἶναι τίποτε ἄλλο ἀπὸ τὸ πολὺ γνωστό μας ραδιόφωνο. Ή δουλειὰ ποὺ κάνει δνομάζεται λήψη. Ο δέκτης ἀποτελεῖται καὶ αὐτὸς ἀπὸ ἔνα εἰδος ἀλυσίδας μὲ διαδοχικὲς βαθμίδες, ποὺ οἱ λειτουργίες τους εἶναι λίγο - πολὺ ἀντίστροφες ἀπὸ ἐκεῖνες τοῦ πομποῦ. Πραγματικά, σκοπὸς τοῦ δέκτη εἶναι νὰ « κατεβάσῃ » τὸν ταξιδιώτη - ἥχο ἀπὸ τὸ « ἀεροπλάνο » του καὶ νὰ τὸν ἀφήσῃ ἐλεύθερο νὰ μᾶς πῆδει, τι ἔχει νὰ πῆ.

Η ἀλυσίδα τοῦ δέκτη ἀρχίζει ἀπὸ ἐκεῖ ποὺ τελειώνει δ πομπός, δηλαδὴ ἀπὸ μιὰ ἄλλη κεραία, τὴν κεραία λήψεως. Εἶναι παρόμοια μὲ τὴν κεραία ἐκπομπῆς, ἀλλὰ συνήθως εἶναι πολὺ μικρότερη, ἔνα κομμάτι σύρμα μὲ λίγα μέτρα μῆκος πολλές φορές. "Οσο, δημιως, μικρὴ καὶ ὃν εἶναι, ἡ κεραία λήψεως εἶναι ἐντελῶς ἀπαραίτητη. Καὶ τοῦτο, γιατὶ ἡ κεραία λήψεως εἶναι ἐκείνη ποὺ θὰ δεχθῇ τὰ διαμορφωμένα ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα, ποὺ ἀκτινοβολήθηκαν ἀπὸ τὸν πομπό, καὶ θὰ τὰ μετατρέψῃ μὲ τὴ σειρά της σὲ ἔνα διαμορφωμένο ρεῦμα ύψηλῆς συχνότητας. Τὸ τελευταῖο αὐτὸ θὰ εἶναι ἡ μαγιὰ γιὰ νὰ δουλέψῃ παραπέρα δ δέκτης, καὶ χωρὶς μαγιὰ φωμὸν δὲν γίνεται. Μποροῦμε μάλιστα νὰ πούμε, ὅτι δυστοιχία καλύτερη εἶναι ἡ κεραία λήψεως, δηλαδὴ δυστοιχία τὸ

κατάλληλο μῆκος καὶ εύρισκεται κατάλληλα τοποθετημένη σὲ ἐλεύθερο χῶρο, τόσο καλύτερα θὰ δουλέψῃ δέκτης.

Αμέσως δημιώς γεννιέται τὸ ἔρωτημα: 'Η κεραία λήψεως εύρισκεται στὸν ἐλεύθερο χῶρο καὶ δέχεται τὶς ἀκτινοβολίες ἀπὸ δλους τοὺς ποιμπούς τοῦ κόσμου (ποὺ δὲν εἶναι λίγοι). "Αρα, τὸ σύρμα της διαρρέεται ταυτόχρονα ἀπὸ τὰ διαμορφωμένα ρεύματα Γ.Σ. δλων αὐτῶν τῶν πομπῶν. Πῶς μπορεῖ, λοιπόν, μιὰ τέτοια κεραία νὰ γνωρίζῃ καὶ νὰ ξεχωρίζῃ τὸν σταθμὸν ἐκπομπῆς, ποὺ ἐμεῖς θέλομε νὰ ἀκούσωμε; Γιατὶ ἀσφαλῶς δὲν ἔχομε καμμιὰ διάθεση νὰ ἀκοῦμε δλους τοὺς σταθμοὺς μαζί.

'Η κεραία λήψεως δὲν μπορεῖ πραγματικὰ νὰ ξεχωρίσῃ ἐνα πομπὲ ἀπὸ ἐναν δλλο. 'Η βασικὴ αὐτὴ λειτουργία γίνεται στὶς πρῶτες βαθμίδες τοῦ δέκτη μετὰ τὴν κεραία καὶ λέγεται ἐπιλογή. 'Η ἐπιλογὴ αὐτή, εἴτε εἶναι συγκεντρωμένη σὲ μία μόνο ἀπὸ τὶς πρῶτες βαθμίδες, εἴτε ἐπεκτείνεται σὲ περισσότερες βαθμίδες. Εἶναι μιὰ θεμελιώδης λειτουργία τοῦ δέκτη καὶ τὴν ἐπιτυγχάνομε μὲ δριζμένα κυκλώματα, ποὺ τὰ δνομάζομε συντονισμένα κυκλώματα.

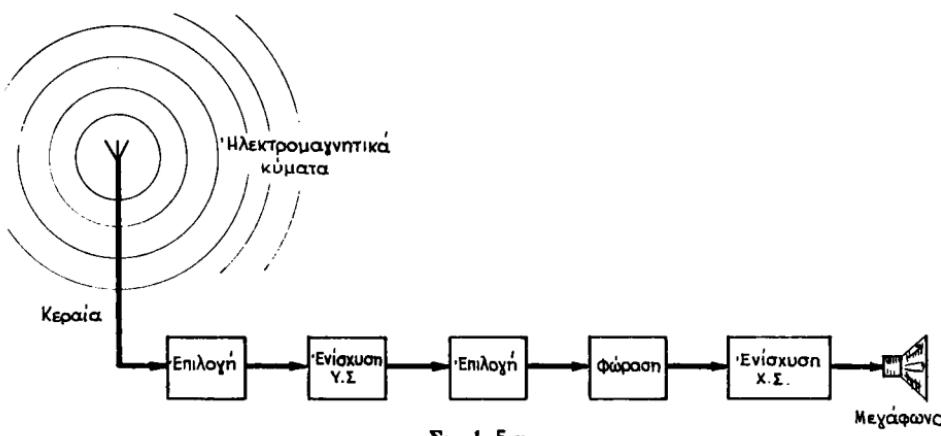
'Η πιὸ οὐσιαστικὴ δημιώς λειτουργία τοῦ δέκτη εἶναι τὸ ξεχώρισμα τῆς χαμηλῆς ἀπὸ τὴν ὑψηλὴν συχνότητα. Πραγματικά, δλη γὴ διαδικασία γίνεται γιὰ νὰ μεταφερθῇ ὡς ἐδῶ τὸ ἀκουστικὸ ρεῦμα X.Σ. 'Ηρθε λοιπὸν γὴ στιγμὴν νὰ ἀπαλλαγοῦμε ἀπὸ τὴν ὑψηλὴν συχνότητα, τὸ ἄχρηστο πιὰ μέσο μεταφορᾶς, καὶ νὰ κρατήσωμε μόνο τὸ ρεῦμα X.Σ. Τὸ ξεχώρισμα αὐτὸν γίνεται σὲ μιὰ ἐπόμενη βαθμίδα τοῦ δέκτη, τὴν βαθμίδα τῆς φωράσεως. Τὴ φώραση τὴ λέμε ἐπίσης καὶ ἀποδιαμόρφωση, γιατὶ ἀποτελεῖ, δπως εἶναι φανερό, μιὰ λειτουργία ἀντίστροφη ἀπὸ τὴ διαμόρφωση, ποὺ ἔγινε στὸν πομπό. 'Η φώραση, δπως καὶ γὴ παραγωγὴ ταλαντώσεων καὶ γὴ ἐνσχυση, γίνεται καὶ αὐτὴ μὲ ἡλεκτρονικὲς λυχνίες (ἥ μὲ δλλες ἀνάλογες διατάξεις, δπως εἶναι οἱ τρανσίστορς).

Δὲν μένει παρὰ νὰ στείλωμε τὸ ρεῦμα X.Σ. σὲ μιὰ κατάλ-

ληλη συσκευή, ποὺ νὰ μπορῇ νὰ τὸ μετατρέψῃ καὶ πάλι σὲ άκουστὸ ήχο. Τέτοια συσκευὴ εἶναι τὸ μεγάφωνο. "Ετσι κλείνει ἐ κύκλος ἐκπομπὴ - διάδοση - λήψη καὶ τὸ σῆμα (ήχος η μουσικὴ) μεταφέρεται στὸν προσορισμὸ του.

Τὸ ραδιόφωνο περιέχει δύμας στὴν πραγματικότητα καὶ μερικὰ ἄλλα στάδια (βαθμίδες). Τὰ σπουδαιότερα ἀπὸ αὐτὰ εἶναι διάφοροι ἐνισχυτές. "Ενας τέτοιος ἐνισχυτὴς μπορεῖ νὰ τοποθετηθῇ στὴν ἀρχή, ἀμέσως μετὰ τὴν κεραία, γιὰ νὰ κάνῃ, πιὸ ἴσχυρὸ τὸ ἀσθενὲς ρεῦμα Γ.Σ. Αὐτὸς εἶναι ἐνισχυτὴς Γ.Σ. "Ενας ἄλλος ἐνισχυτὴς Χ.Σ. εἶναι ἀπαραίτητος ἀμέσως μετὰ τὴν φώρτηση, γιατὶ γιὰ νὰ λειτουργήσῃ τὸ μεγάφωνο χρειάζεται: ἔνα ρεῦμα Χ.Σ. ἀρκετὰ ἴσχυρό. Υπάρχουν, τέλος, καὶ ἄλλες βοηθητικὲς λειτουργίες, γιὰ τὶς δύοις δὲν θὰ μιλήσωμε ἐδῶ.

Τὸ συμπέρασμα εἶναι ὅτι ἔνα ἀπλοποιημένο διάγραμμα ραδιοφίου θὰ ἔχῃ τὴ μορφὴ τοῦ σχήματος 1.5 α. Στὸ σχῆμα αὐτὸ



"Απλοποιημένο διάγραμμα μιᾶς μορφῆς ραδιοφωνικοῦ δέκτη.

διακρίνομε στὴ σειρὰ ὅλες τὶς βαθμίδες λειτουργίας, γιὰ τὶς δύοις μιλήσαμε παραπάνω. Τὸ πῶς εἶναι κατασκευασμένα τὰ διάφορα αὐτὰ ιιέρη τοὺς δέκτη καὶ πῶς ἀκριβῶς λειτουργοῦν, θὰ εἶναι τὸ

κυριότερο θέμα που θὰ μᾶς ἀπασχολήσῃ στὴν συνέχεια τοῦ Βιβλίου. Πρὸς τὸ πάρδον θὰ κάνωμε μόνο μιὰ παρατήρηση. 'Ο ἥχος ἔσει-νησε μπροστὰ ἀπὸ τὸ μικρόφωνο τοῦ πομποῦ, « φορτώθηκε » πάνω στὴν ὑψηλὴ συχνότητα, ταξίδεψε σὲ μεγάλες ἀποστάσεις καὶ ἐλευ-θερώθηκε στὸ δέκτη γιὰ νὰ ἔσαναγίνη ἀκούστης στὸ μεγάφωνο. 'Η περιπέτεια δὲν είναι μικρή. Καὶ γιὰ νὰ μπορέσωμε νὰ ἀκούσωμε ἀπὸ τὸ μεγάφωνο τοῦ δέκτη τὸν ἵδιο ἀκριβῶς ἥχο, ποὺ δέχθηκε τὸ μικρόφωνο τοῦ πομποῦ, πρέπει νὰ πάρωμε μεγάλες προσφυλά-ξεις. "Αν δὲν τὶς πάρωμε, δ ἥχος ποὺ θὰ ἀκούσωμε στὸ μεγάφωνο θὰ είναι σημαντικὰ παραμορφωμένος. Καὶ ἀπὸ δῶ ἀρχίζει δ συ-νεχῆς ἀγώνας κατὰ τῆς παραμορφώσεως.

"Ἄς υπενθυμίσωμε ἀκόμα δτὶς τὸ ραδιόφωνο δὲν είναι καθό-λου δ μοναδικὸς σκοπός μας. 'Ο πομπὸς καὶ δ δέκτης μποροῦν νὰ ἀλλάξουν ἀρκετά, γιὰ νὰ ἔξυπηρετήσουν τὴν τηλεόραση, τὴν ρα-διοναυτιλία, ἢ τὸ πλήθος τῶν ἀλλων ἐφαρμογῶν. Τὸ τελικὸ ρεῦ-μα τοῦ δέκτη μπορεῖ νάλλιατα νὰ μὴ στέλνεται σὲ ἔνα μεγάφω-νο, ἀλλὰ νὰ χρησιμοποιηθῆται διαφορετικά, π.χ. γιὰ τὴν κίνηση, ἐνδὲ κινητήρα, ποὺ νὰ ἔκτελγι ἔνα καθορισμένο ἔργο.

1·6 Γιατί ή ύψηλή συχνότητα είναι άπαραίτητη.

'Υποσχεθήκαμε, πρὶν κλείσωμε αὐτὸ τὸ πρώτο κεφάλαιο, νὰ ἔξιγγήσωμε γιὰ ποιοὺς λόγους εἴμαστε υποχρεωμένοι νὰ χρησιμο-ποιήσωμε τὴν ὑψηλὴ συχνότητα τὰν μέσο μεταφορᾶς τοῦ ἀκου-στικοῦ ρεύματος. Οἱ λόγοι είναι πολλοὶ καὶ διάφοροι καὶ θὰ τοὺς συνοψίσωμε μὲ τὸν ἔξῆς τρόπο :

1. Είναι γνωστὸ ἀπὸ τὴν Φυσικὴ δτὶς οἱ βαρεῖς ἥχοι τῆς μου-σικῆς (τὰ μπάσα) παράγονται ἀπὸ ὄργανα ποὺ ἔχουν τόσο με-γαλύτερες διαστάσεις, δσο ἡ συχνότητα τοῦ ἥχου είναι χαμηλό-τερη. Π.χ. τὸ βιολοντσέλο ἢ ἡ βιόλα είναι ὄργανα μεγαλύτερα ἀπὸ τὸ βιολί, τὸ πνευστὸ μπάσο μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ φλάουτο. Κατὰ κάποιο ἀνάλογο τρόπο, δταν θέλωμε νὰ ἀκτινοβολήσωμε

ἔνα ρεῦμα μιᾶς δρισμένης συχνότητας, χρειαζόμαστε τόσο μεγαλύτερες κεραίες δοσο ή συχνότητα είναι χαμηλότεροη. "Αν, λοιπόν, ἐπιχειρούσαμε νὰ ἀντινοθολήσωμε ἀπ' εὐθείας τὸ ἀκουστικὸ ρεῦμα χαμηλῆς συχνότητας, θὰ χρειαζόμαστε τόσο μεγάλες κεραῖες, ὥστε καλύτερα θὰ κάνωμε νὰ ἐγκαταστήσωμε στὴ θέση τους μιὰ ἀπλὴ τηλεφωνικὴ γραμμή, ποὺ λέει δ λόγος. Οἱ ὑψηλὲς συχνότητες ἀπαιτοῦν, ἀντίθετα, κεραῖες ποὺ μποροῦμε νὰ τὶς κατασκεύασωμε εὔκολα: μερικὲς ἐκατοντάδες ἢ δεκάδες μέτρα γιὰ τὴν ραδιοφωνία, ἀκόμα μικρότερες γιὰ τὴν τηλεόραση ἢ τὸ ραντάρ.

2. "Ας φαντασθοῦμε δημοσίες τὰ ፩ξόδα καὶ κατασκευάζομε μιὰ τεράστια κεραία γιὰ χαμηλὴ συχνότητα. Περιμένομε, βέβαια, ἡ κεραία αὐτὴ νὰ ἀκτινοθολήσῃ. 'Η ἀκτινοθολία δημοσίες δὲν γίνεται αἰσθητὴ παρὰ δταν ἀπομακρυνθοῦμε σὲ ἀρκετὴ ἀπόσταση ἀπὸ τὴν κεραία, ἀπόσταση ποὺ νὰ είναι τουλάχιστο κάμποσες φορές τὸ μῆκος τῆς κεραίας (ἢ, ἀκριβέστερα, τὸ μῆκος κύματος τῆς ἀκτινοθολίας). "Ετοι, ἀν θέλαμε π.χ. νὰ ἀναζητήσωμε τὴν ἀκτινοθολία τοῦ βιομηχανικοῦ ρεύματος τῶν 50 c/s, θὰ ἔπρεπε νὰ ἀπομακρυνθοῦμε σὲ πολλὲς χιλιάδες χιλιόμετρα ἀπὸ τὴν κεραία, δηλαδή, λίγο - πολύ, νὰ έγινμε ἀπὸ τὶς διαστάσεις τῆς γῆς.

Σὲ πιὸ κοντινὲς ἀποστάσεις δὲν ὑπάρχει ἀκτινοθολία, ὑπάρχουν μόνο τὸ ἡλεκτρικὸ καὶ μαγνητικὸ πεδίο τῆς ἐπαγγωγῆς, ποὺ γνωρίσαμε στὴν Ἁλεκτροτεχνία. Αὐτὰ δημοσίες δὲν είναι ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοθολία, παρ' ὅλο ποὺ ἡ φύση τους είναι παρόμοια. Τοῦτο τὸ καταλαβαίνομε, ἀν σκεφθοῦμε ὅτι τὰ πεδία ἐπαγγωγῆς είναι δεμένα μὲ τὸν ἀγωγὸ ποὺ τὰ παράγει, ἐνῶ ἡ ἀκτινοθολία ξεφεύγει ἀπὸ τὴν κεραία, ἐλευθερώνεται ἀπὸ αὐτὴν καὶ διαδίδεται ἀνεξάρτητη πιὰ στὸν γύρω χῶρο.

Βλέπομε, λοιπόν, ὅτι τὸ βιομηχανικὸ ρεῦμα τῶν 50 c/s πρακτικὰ δὲν ἀκτινοθολεῖ. Τὸ ἕδιο λίγο - πολὺ ἴσχύει καὶ γιὰ τὰ ἀκουστικὰ ρεύματα μέχρι λίγες χιλιάδες κύκλους ἀνὰ δευτερόλε-

πτο. "Αν ἐπιμέναμε νὰ κατασκευάσωμε πομποὺς μὲ τέτοιες χαμηλὲς συχνότητες, θὰ καταλήγαμε σὲ κατασκευὲς ἔξαιρετικὰ δύγκωδεις καὶ πολυέξοδες, ποὺ θὰ εἰχαν ἐπὶ πλέον ἕνα καταστρεπτικὸ βαθμὸ ἀποδόσεως. Χρησιμοποιώντας τὴν ύψηλὴ συχνότητα κατορθώνομε ὥστε νὰ παραμερισθοῦν δλες αὐτὲς οἱ δυσκολίες καὶ συγχρόνως μᾶς προσφέρονται καινούργια σημαντικὰ πλεονεκτήματα.

3. Τὸ βασικὸ καινούργιο πλεονέκτημα τὸ βρέσκομε, ἂν σκεψθούμε ὅτι θὰ ἡταν ἀδύνατο ἕνας δέκτης νὰ ξεχωρίσῃ τὸν ἕναν πομπὸ ἀπὸ τὸν ἄλλο, ἀν δλοι οἱ πομποὶ ἀκτινοβολῶσαν μὲ τὶς ἵδιες χαμηλὲς συχνότητες. Ἡ ἐπιλογὴ στὸ δέκτη, γιὰ τὴν δποίᾳ μιλῆσαμε παραπάνω, δὲν γίνεται δυνατὴ παρὰ μόνο χάρη στὸ γεγονός, ὅτι κάθε πομπὸς ἀκτινοβολεῖ μὲ τὴν δικῆ του ύψηλὴ συχνότητα. Ἡ ύψηλὴ συχνότητα δὲν εἶναι, λοιπόν, μονάχα τὸ καλύτερο καὶ τὸ συμφερότερο μέσο μεταφορᾶς, ἀλλὰ ἀποτελεῖ συγχρόνως καὶ ἔνα εἶδος δελτίου τάντοτητας, γιὰ τὴν ἀναγγώριση τοῦ κάθε σταθμοῦ ἐκπομπῆς.

4. Μιὰ ἄλλη ἀποψη εἶναι ὅτι οἱ διάφορες ύψηλὲς συχνότητες δὲν διαδίδονται γύρω ἀπὸ τὴ γῆ δλες κατὰ τὸν ἕδιο τρόπο. Ἡ ἀκτινοβολία, ἀνάλογα μὲ τὴ συχνότητά της, μπορεῖ νὰ διαπεράσῃ ἢ νὰ μὴ διαπεράσῃ ἕνα βουνό, μπορεῖ νὰ ἀπορροφηθῇ περισσότερο ἢ λιγότερο ἀπὸ τὴ γῆ ἢ ἄλλα ὑλικὰ μέσα, μπορεῖ νὰ ἀνακλασθῇ πάνω σὲ δρισμένα ἀνώτερα στρώματα τῆς ἀτμόσφαιρας καὶ νὰ ξαναγυρίσῃ στὴ γῆ, μπορεῖ νὰ διαπεράσῃ αὐτὰ τὰ στρώματα, κλπ. Τὴν ποικιλία αὐτὴ μποροῦμε νὰ τὴν ἐκμεταλλευθοῦμε ἔτσι, ὥστε νὰ χρησιμοποιοῦμε γιὰ τὶς διάφορες ἐφαρμογὲς τὶς πιὸ κατάλληλες συχνότητες.

Καταλαβαίνει κανείς, ἀπὸ δσα εἴπαμε, πόσο ἀπαραίτητη εἶναι ἡ χρήση τῆς ύψηλῆς συχνότητας στὴ Ραδιοτεχνία. Καὶ τοῦτο παρ' δλο ποὺ ἡ ύψηλὴ συχνότητα χρησιμοποιεῖται μόνο σὰν μέσο μεταφορᾶς τοῦ σήματος, χωρὶς νὰ μπορῇ νὰ διεγείρῃ ἀπ' εὐθείας

καμμιὰ ἀπὸ τὶς αἰσθήσεις μας. Πραγματικά, ὅπως εἴπαμε, τὸ κῦτι μας δὲν εἶναι εὐαίσθητο παρὰ στὶς χαμηλὲς συχνότητες (16 ὁς 20 000 c/s), ἐνῷ τὸ μάτι μας ἐρεθίζεται ἀπὸ συχνότητες πολὺ ὑψηλότερες ἀπὸ τὶς ὑψηλὲς συχνότητες τῆς ραδιογλεκτρολογίας. Οὕτε τὸ σώμα μας, πού, σὰν ἔνα εἰδος κεραίας, διαρρέεται καὶ αὐτὸ ἀπὸ πλήθως ρεύματα ὑψηλῆς συχνότητας, αἰσθάνεται τίποτα.

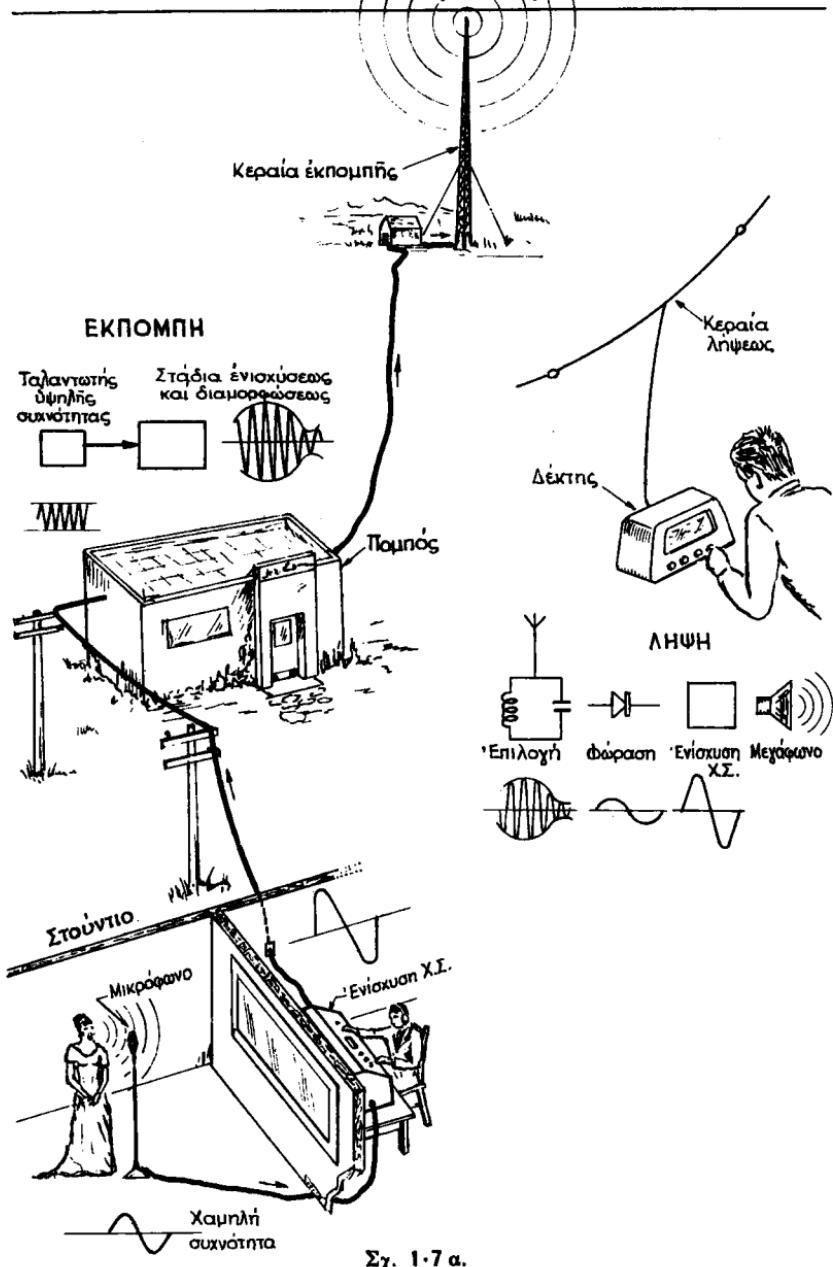
Τὰ ρεύματα αὐτὰ εἶναι πολὺ δυσθενή γιὰ νὰ μᾶς προκαλέσουν δριστικότητα ἀπ' εὐθείας αἰσθηση. "Ομως, χωρὶς τὴν ὑψηλὴ συχνότητα, Ραδιοτεχνία δὲν μποροῦσε νὰ ὑπάρξῃ.

1.7. Ανακεφαλαίωση.

Στὸ πρῶτο αὐτὸ Κεφάλαιο ἔξετάσαιμε πῶς γίνεται μιὰ ραδιογλεκτρικὴ έπικοινωνία στὶς γενικὲς γραμμές της. Εἰδαμε τὰ κυριότερα μέρη ἀπὸ τὰ δόποια ἀποτελεῖται ἔνας πομπὸς καὶ ἔνας δέκτης, τουλάχιστον στὴν περίπτωση τῆς ραδιοφωνίας, ἀπλοποιώντας δοσο εἶναι δυνατὸν τὸ ζήτημα. Ἐξηγήσαμε τέλος ἀρκετὰ μὲ ποιὸ τρόπο ἡ γλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοβολία συνδέει τὸν πομπὸ μὲ τὸ δέκτη, χωρὶς τὴν μεσολάβηση σύρματος.

Μιλώντας γιὰ τοὺς λόγους ποὺ ἐπιθάλλουν νὰ χρησιμοποιοῦμε τὴν ὑψηλὴ συχνότητα, σὰν μέσον μεταφορᾶς τοῦ σήματος, πήραμε συγχρόνως μιὰ πρώτη ἴδεα γιὰ τὴ βασικὴ σημασία ποὺ ἔχει ἡ συχνότητα στὴ Ραδιοτεχνία.

Εἴχαμε πάρει ἀπὸ τὴν Ἡλεκτροτεχνία τὴν συνήθεια νὰ θεωροῦμε τὴν συχνότητα σὰν ἔνα σταθερὸ μέγεθος (50 c/s) καὶ οὔτε κὰν ἀσχοληθήκαμε πιὰ μὲ αὐτό. Τώρα βλέπομε πόσο μεγάλο ἐνδιαφέρον ἔχει ἡ συχνότητα, πόσα πράγματα ἀλλάζουν δοσο ἡ τιμὴ της γίνεται διαρκῶς καὶ ὑψηλότερη. Η ἐμφάνιση τῆς γλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας εἶναι τὸ πιὸ βασικὸ ἀπὸ τὰ καινούργια φαινόμενα. Η ἴδιότητά της νὰ διαδίδεται στὸν κενὸ χῶρο μὲ τὴν τεράστια ταχύτητα τῶν 300 ἑκατομμυρίων μέτρων ἀνὰ



δευτερόλεπτο, ἐπέτρεψε νὰ πραγματοποιήσωμε ἀσύρματες ἐπικοινωνίες, ποὺ νὰ ἔχουν ἔξαιρετικὴ εὐλιγισία καὶ ἐκπληρητικὴ ταχύτητα μεταδόσεως, κάπου ἕνα δέκατο τοῦ δευτερολέπτου ἀρκεῖ γιὰ νὰ ἀκουσθῇ ἡ φωνή μας ἀπὸ τὸ ἕνα στὸ ἄλλο ἄκρο τῆς γῆς).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Πρὶν ἀρχίσωμε τὴν μελέτη τῶν κυκλωμάτων, πρέπει νὰ ἔξηγήσωμε καλύτερα τί εἶναι τὸ μῆκος κύματος, πῶς κατατάσσονται οἱ διάφορες ἡλεκτρομαγνητικὲς ἀκτινοβολίες, πῶς τοποθετοῦνται οἱ πομποὶ μέσα στὶς διάφορες περιοχὲς συχνοτήτων καθὼς καὶ δρισμένα ἄλλα ζητήματα.

2.1 Συχνότητα καὶ μῆκος κύματος.

Ξέρομε δτι συχνότητα ἐνὸς ἐναλλασσόμενου ρεύματος εἶναι ὁ ἀριθμὸς ποὺ μετρᾶ πόσες πλήρεις ἐναλλαγὲς κάνει τὸ ρεῦμα μέσα σὲ ἔνα δευτερόλεπτο (σὲ κύκλους ἀνὰ δευτερόλεπτο). *Περίοδος* τοῦ ρεύματος εἶναι ὁ χρόνος ποὺ χρειάζεται, γιὰ νὰ γίνη μιὰ πλήρης ἐναλλαγὴ.

Τὸ ἕδιο ἴσχυει καὶ γιὰ τὴν ἀκτινοβολία. *Συχνότητα* ἀκτινοβολίας εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν κυμάτων ποὺ παράγονται στὸ δευτερόλεπτο ἢ ποὺ περνοῦν ἀπὸ ἔνα δρισμένο σημεῖο τοῦ χώρου μέσα σὲ ἔνα δευτερόλεπτο. *Περίοδος* εἶναι ὁ χρόνος ποὺ χρειάζεται γιὰ νὰ προστεθῇ στὴν ἀκτινοβολία ἔνα δλόκληρο καινούργιο κύμα (δηλαδὴ γιὰ νὰ παραχθῇ ἔνα τέτοιο κύμα).

Ἡ ἀκτινοβολία δμως χαρακτηρίζεται καὶ ἀπὸ κάτι ἄλλο: τὸ μῆκος κύματος. Αὐτὸ δρίζεται περίπου μὲ τὸν ἕδιο τρόπο δπως στὴν περίπτωση τῶν ἡχητικῶν κυμάτων (σχ. 1·2α). Δηλαδὴ τὸ μῆκος κύματος εἶναι ἡ ἀπόσταση ἀνάμεσα σὲ δύο γειτονικὰ μέγιστα « πυκνότητας » τῆς ἀκτινοβολίας (ἀκριβέστερα, ἀνάμεσα σὲ δύο γειτονικὰ μέγιστα τοῦ ἡλεκτρομαγνητικοῦ πεδίου σὲ μιὰ δρισμένη στιγμή). Γιὰ νὰ τὸ καταλάβωμε καλύτερα, ἀς θυμηθοῦμε τὶς κυματώσεις ποὺ δημιουργοῦνται στὴν ἐπιφάνεια ἥρεμου νεροῦ,

ὅταν ρίξωμε μιὰ πέτρα. "Αν φωτογραφήσωμε τὴν ἐπιφάνεια σὲ μιὰ ὅρισμένη στιγμὴ καὶ μετρήσωμε πάνω στὴν φωτογραφία τὴν ἀπόσταση ἀνάμεσα στὶς κορυφὲς δύο γειτονικῶν κυματώσεων, αὐτὸς θὰ εἰναι τὸ μῆκος κύματος τῆς κυματώσεως.

"Εργεται τώρα τὸ ἔρωτγια: Ποιέσ σχέσεις ὑπάρχουν ἀνάμεσα στὴ συχνότητα, τὴν περίοδο καὶ τὸ μῆκος κύματος: Τὴ σχέση τῆς συχνότητας μὲ τὴν περίοδο τὴν ἔρεσμε ἀπὸ τὴν Ἡλεκτροτεγνία: 'Αφοῦ π.χ. τὸ βιομηχανικὸ ρεῦμα ἕτη σὲ ἓνα δευτερόλεπτο 50 περιόδους, ἡ κάθε περίοδος ἀπαιτεῖ χρόνο 1/50 τοῦ δευτερόλεπτου. Καὶ γενικά, ἂν ἡ συχνότητα εἰναι f κύκλοι ἀνὰ δευτερόλεπτο, καὶ ἂν σημειώσωμε τὴν περίοδο μὲ τὸ γράμμα T , θὰ ἔχωμε:

$$T = \frac{1}{f} \quad (1)$$

"Η περίοδος (σὲ δευτερόλεπτα) ἴσουται λοιπὸν μὲ τὸ ἀντίστροφο τῆς συχνότητας (σὲ c/s). Π.χ. ἡ περίοδος μιᾶς ἀκτινοθολίας μὲ συχνότητα 1 000 000 c/s, εἰναι:

$$T = 1/1 000 000 = 0,000 001 \text{ τοῦ δευτερολέπτου.}$$

Μένει λοιπὸν νὰ δοῦμε ποιὰ σχέση ὑπάρχει μεταξὺ συχνότητας καὶ μῆκους κύματος. "Ἄς φαντασθοῦμε γι' αὐτὸν ἓναν πατέρα ποὺ βαδίζει δίπλα-δίπλα μὲ τὸ μικρὸ παιδάκι του, Πατέρας καὶ γιὸς διανύουν περπατώντας τὴν ἵδια ἀπόσταση, μέσα σὲ ἓνα ὅρισμένο χρόνο. "Έχουν, ἐπομένως, τὴν ἵδια ταχύτητα μετακινήσεως. "Ομως, τὸ παιδί ἔχει μικρὸ βῆμα καὶ εἰναι ὑποχρεωμένο νὰ κάνῃ περισσότερα βῆματα στὸ δευτερόλεπτο γιὰ νὰ προφθάνῃ τὸν πατέρα. Δηλαδή, ἡ συχνότητα βημάτων πρέπει νὰ εἰναι μεγαλύτερη, δισ τὸ ἄνοιγμα τοῦ βημάτος εἰναι μικρότερο. Κάτι πρόμοιο συμβαίνει καὶ μὲ τὴ διάδοση τῶν κυμάτων. "Όλα τὰ ἥλεκτρομηχανητικὰ κύματα, ἀνεξάρτητα ἀπὸ τὴ συχνότητά τους, διαδίδονται στὸν ἐλεύθερο κενὸ χῶρο μὲ μιὰ καὶ τὴν ἵδια ταχύτητα. "Οος ἔμως ἡ συχνότητα τῆς ἀκτινοθολίας γίνεται ὑψηλότερη,

τόσο τὸ μῆκος κύματος μικραίνει. Συχνότητα και μῆκος κύματος εἰναι ποσὰ ἀντιστρόφως ἀνάλογα. "Αν λοιπὸν παραστήσωμε μὲ σ τὴν ταχύτητα διαδόσεως τῶν ἡλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων στὸν κενὸ χῶρο (c = 300 000 000 m/s), και μὲ λ τὸ μῆκος κύματος τῆς ἀκτινοβολίας, θὰ ἔχωμε :

$$\text{μῆκος κύματος } \lambda = \frac{c}{f}, \text{ ἢ ἐπίσης: } \text{συχνότητα } f = \frac{c}{\lambda}. \quad (2)$$

Η.γ. ἔνας πομπές, ποὺ δουλεύει μὲ συχνότητα 1 000 000 c/s, ἀκτινοβολεῖ μὲ μῆκος κύματος :

$$\lambda = \frac{300\,000\,000}{1\,000\,000} = 300 \text{ μέτρα.}$$

Δέμε τότε ὅτι ὁ πομπὸς αὐτὸς ἔχει μῆκος κύματος 300 μέτρα (ἀντὶ νὰ μιλοῦμε γιὰ τὴν συχνότητά του).

Δὲν πρέπει νὰ ἔχουμε ὅτι, γιὰ νὰ βρίσκωμε σωστὰ ἀριθμητικὰ ἀποτελέσματα, πρέπει νὰ ἐφαρμόζωμε τοὺς παραπάνω τύπους μετρώντας τὴν συχνότητα σὲ κύκλους ἀνὰ δευτερόλεπτο (c/s), τὸ μῆκος κύματος σὲ μέτρα (m) και νὰ παίρνωμε τὴν ταχύτητα διαδόσεως c ἵση μὲ 300 000 000 m/s.

Παρ' ὅλο ὅτι σινηθίζομε νὰ χρησιμοποιοῦμε πολὺ συχνὰ τὸ μῆκος κύματος γιὰ νὰ χαρακτηρίσωμε μιὰ ἀκτινοβολία (ἢ ἔνα πομπό), δὲν πρέπει νὰ μᾶς διαφεύγῃ ὅτι (ὅπως και στὴν περίπτωση τοῦ ἥχου) τὸ βασικὸ χαρακτηριστικὸ μέγεθος τῆς ἀκτινοβολίας εἰναι ἡ συχνότητά της. Πραγματικά, ὅπως εἰδαμε, τὸ μῆκος κύματος ἔξαρταται ὅχι μόνο ἀπὸ τὴν συχνότητα, ἀλλὰ και ἀπὸ τὴν ταχύτητα διαδόσεως. "Ομως, ἡ ταχύτητα διαδόσεως εἰναι μὲν σταθερὴ και ἀνεξάρτητη ἀπὸ τὴν συχνότητα στὸν ἐλεύθερο κενὸ χῶρο, ἀλλάζει διμως ὅταν ἡ διάδοση γίνεται μέσα ἀπὸ ἔνα ὄλικὸ μέσο και ἔξαρταται ἀπὸ τὴν φύση τοῦ ὄλικοῦ μέσου. "Ετοι και τὸ μῆκος κύματος ἔξαρταται γενικὰ ἀπὸ τὶς συνθῆκες ποὺ γίνεται ἡ διάδοση. Ἡ συχνότητα, ἀντίθετα, εἰναι τὸ πραγματικὸ δελτίο ταυτότητας τῆς ἀκτινοβολίας.

2.2 Για τὰ πολλαπλάσια και ὑποπολλαπλάσια.

Ἐπειδὴ ἀρχίσαμε νὰ γράψωμε μερικοὺς ἀριθμοὺς, καὶ δὲ εἶναι νὰ ὑπενθυμίσωμε μὲ ποιὸ τρόπο σὶ πολὺ μεγάλοι ἢ πολὺ μικροὶ ἀριθμοὶ μποροῦν νὰ διαβάζωνται και νὰ γράφωνται συντομώτερα.

Ἐτοι, ἀντὶ νὰ λέμε « ἔνα ἐκατομμύριο κύκλοι ἀνὰ δευτερόλεπτο », λέμε « ἔνας μεγάκυκλος ἀνὰ δευτερόλεπτο » ἢ « ἔνα μεγαχέρτες » και γράφομε 1 Mc/s ἢ 1 MHz . Παρόμοια, ἀντὶ γιὰ « χιλιαὶ μέτρα » λέμε « ἔνα χιλιόμετρο » (1 km), ἀντὶ γιὰ « ἔνα ἐκατομμυριοστὸ τοῦ δευτερολέπτου » λέμε « ἔνα μικροδευτερόλεπτο » ($1 \mu\text{sec}$), κλπ. Γενικά, κάθε πολλαπλάσιο ἢ ὑποπολλαπλάσιο μιᾶς μονάδας ἔχει ἔνα ὄνομα και ἔνα σύμβολο. Π.χ. $1\,000\,000 = 10^6 = \text{μέγα} = M = 1\,000 = 10^3 = \text{χιλιο} = k =$, ἢ $1/1\,000\,000 = 10^{-6} = \text{μικρὸ} = \mu$, κλπ. (στὴ θέσῃ, τὴν παύλας μπαίνει τὸ ὄνομα ἢ τὸ σύμβολο μιᾶς ἑποιασδήποτε μονάδας). Π.χ. μεγαθέλτ (MV), χιλιοεξάττ (kW), μικροαμπέρ (μA): Σχηματίζεται ἔτοι: ὁ ἑπόμενος Πίνακας 1.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ Ι

Πολλαπλάσια και ὑποπολλαπλάσια μονάδων

Σύμβολο	Όνομα	Σημασία
M	μεγα — (ἢ μεγκα —)	$1\,000\,000 = 10^6$
k	χιλιο — (ἢ κιλο —)	$1\,000 = 10^3$
m (*)	χιλιοστο — (ἢ μιλλἱ —)	$1/1\,000 = 10^{-3}$
μ	μικρὸ —	$1/1\,000\,000 = 10^{-6}$
p (ἢ μμ)	πικο — (ἢ μικρομικρὸ —)	$1/1\,000\,000\,000 = 10^{-12}$

(*) Δὲν πρέπει νὰ συγχέωμε τὸ σύμβολο m = χιλιοστο — μὲ τὸ σύμβολο m = μέτρο.

Τις συντομεύσεις ποὺ δείχνει αύτὸς ὁ Πίνακας τὶς χρησιμοποιοῦμε εὐρύτατα, ὅταν μιλοῦμε ἡ ὅταν γράψωμε, γενικὰ ὅμως ὅχι ὅταν ἐφαρμόζωμε τύπους. Μποροῦμε π.χ. νὰ γράψωμε ὅτι γράψωμε ὅτι ταχύτητα διαδέσεως τῆς ἀκτινοβολίας στὸ κενὸν εἶναι $c = 300\,000 \text{ km/s}$ καὶ ὅτι γράψωμε τοῦ πομποῦ τοῦ προηγούμενου παραδείγματος εἶναι $f = 1 \text{ Mc/s}$, εἶναι λάθος ὅμως νὰ ἐφαρμόζωμε τὸν τύπο 2 μὲ αὐτοὺς τοὺς ἀριθμοὺς καὶ νὰ ποῦμε ὅτι τὸ ἀντίστοιχο μῆκος κύματος εἶναι $\lambda = c/f = 300\,000/1 = 300\,000$ μέτρα. Οἱ τύποι πρέπει νὰ ἐφαρμόζωνται μὲ τὶς ἀρχικὲς μονάδες καὶ ὅχι μὲ τὰ πολλαπλάσια ἢ ὑποπολλαπλάσια τους (ἐκτὸς ἀπὸ ἔξαιρέσεις, ποὺ καὶ τότε γρηγοροίησά, τευς ἀπαίτει ὥστόσο μεγάλη προσοχὴ). Στὸ παράδειγμά μας θὰ ποῦμε ὅτι τὸ μῆκος κύματος εἶναι $\lambda = c/f = 300\,000\,000/1\,000\,000 = 300 \text{ m}$. Μποροῦμε ὅμως ἀκόμα καὶ ἐδῶ νὰ συντομεύσωμε τὴν γραφὴ τῶν ἀριθμῶν (μόνο τὴν γραφὴ τους), χρησιμοποιώντας τὶς δυνάμεις τοῦ δέκα:

$$\lambda = c/f = 3 \cdot 10^8 / 10^6 = 3 \cdot 10^2 = 300 \text{ m},$$

(ὅ μαθητὴς δεῖλη νὰ ξέρῃ ἀπὸ τὰ Μαθηματικὰ νὰ χρησιμοποιῇ σωστὰ τὶς θετικὲς καὶ ἀρνητικὲς δυνάμεις τοῦ δέκα).

2.3 Κατάταξη της ήλεκτρομαγνητικής άκτινοβολίας.

Τὰ ήλεκτρομαγνητικὰ κύματα τῆς ραδιοφωνίας, τῆς τηλεοράσεως κλπ. τὰ λέμε γενικὰ οριοθετικὰ γράψουμε διαφόρων «ἀκτίνων» (ἀπὸ τὸ δημοφιλὲς τὸ Χέρτες). Σύμφωνα δημοφιλέστερα κύματα (ἀπὸ τὸ δημοφιλές τὸ Χέρτες) θὰ πάρω τὴν μορφὴ διαφόρων «ἀκτίνων» (ἀκτίνες X , δπως αὐτὲς ποὺ χρησιμοποιοῦν οἱ γιατροὶ γιὰ τὶς ραδιογραφίες, κλπ.). Τὰ διάφορα αὐτὰ εἴδη ἀκτινοβολιῶν δὲν διαχρίνονται βασικὰ τὸ ἕνα ἀπὸ τὸ ἄλλο, παρὰ μόνο ἀπὸ τὸ γεγονός ὅτι ἀνήκουν σὲ διαφορετικές περιοχές συχνοτήτων. Ο Πίνακας 2 περιλαμβάνει τὶς διάφορες ήλεκτρομαγνητικὲς ἀκτινοβολίες ἵψε τὶς ἀντίστοιχες περιοχές συχνοτήτων ποὺ κατέχουν.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 2
'Ηλεκτρομαγνητικὲς ἀκτινοβολίες

Είδος ἀκτινοβολίας	Περιοχὴ συχνοτήτων (σὲ c/s)
Ραδιογλεκτρικὰ (ἢ Ἐρτσιανὰ) κύματα	0 ὥς $3 \cdot 10^{12}$
Τπέρυθρο	$3 \cdot 10^{12}$ ὥς $37 \cdot 10^{13}$
Ορατὸ φῶς	$37 \cdot 10^{13}$ ὥς $75 \cdot 10^{13}$
Τπεριῶδες	$75 \cdot 10^{13}$ ὥς $3 \cdot 10^{16}$
Ακτίνες X	$3 \cdot 10^{16}$ ὥς $6 \cdot 10^{19}$
Ακτίνες γ	$6 \cdot 10^{19}$ ὥς $3 \cdot 10^{22}$
Κοσμικὲς ἀκτίνες	πάνω ἀπὸ $3 \cdot 10^{22}$

"Ολες αὗτες οι ἀκτινοβολίες ἔχουν τὴν ἕδια ἡλεκτρομαγνητικὴν ὑπόστασην καὶ διαδίδονται στὸν ἐλεύθερο κενὸν χῶρο μὲ τὴν ἕδια ταχύτητα ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s). Ἀποτελοῦν ἓνα σύνολο ἀπὸ διάφορες περιοχὲς συχνοτήτων, ἀλλὰ μὲ δρισμένες κοινὲς γενικὲς ἕδιατητες. Ἐνα τέτοιο σύνολο συχνοτήτων τὸ λέμε φάσμα συχνοτήτων. Ο παραπάνω Πίνακας 2 δίνει μιὰ εἰκόνα τοῦ γενικοῦ φάσματος τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοβολίας. Βλέπομε ὅτι τὸ μέρος ποὺ κατέχεται ἀπὸ τὴν ἐρτσιανὴν ἀκτινοβολίαν εἶναι ἓνα σχετικὰ μικρὸ μέρος τοῦ δλου φάσματος.

"Ἄς σημειώσωμε ἀκόμα ὅτι παρ' ὅλῳ ὅτι τὰ διάφορα μέρη, τοῦ φάσματος δὲν διαφέρουν βασικὰ παρὰ κατὰ τὴν συχνότητά τους, ἀστόσο τὰ εἰδικότερα φαινόμενα, καθὼς καὶ τὰ μέσα παραγγῆς καὶ παρατγρήσεως τῆς ἀκτινοβολίας, εἶναι πολὺ διαφορετικὰ ἀπὸ τὴν μιὰ περιοχὴ στὴν ξλλη. Μᾶς δίνεται ἑδῶ μιὰ ἀκόμα εὐκαιρία γιὰ νὰ δοῦμε πόσο τὰ φαινόμενα ἀλλάζουν, ὅσο ἀλλάζει ἡ συχνότητα, πόσο βασικὸ μέγεθος εἶναι ἡ συχνότητα.

2·4 Κατάταξη τῶν πομπῶν.

Τὰ ἔρτσιανὰ κύματα, ποὺ ἔχουν χρησιμοποιηθῆ μέχρι σήμερα, κατανέμονται στὴν περιοχὴν συχνότητῶν ἀπὸ 15 kc/s ὧς 300 000 Mc/s (μῆκος κύματος ἀπὸ 20 km ὧς 1 mm). Ἡ Διεθνὴ Συμβούλευτικὴ Ἐπιτροπὴ Τηλεπικοινωνιῶν (C.C.I.R.) ἔχει κατατάξει τὰ κύματα αὐτὰ μὲ τὸν τρόπο ποὺ δείχνει δ Ἅγινακας 3.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Κατάταξη τῶν ἐρτσιανῶν κυμάτων σύμφωνα μὲ τὸ C.C.I.R.

Κύματα	Μῆκος κύματος (σὲ μέτρα)	Συχνότητα (σὲ Mc/s)
Χιλιομετρικὰ	20 000 ὧς 1 000	0,015 ὧς 0,3
Έκατομετρικὰ	1 000 » 100	0,3 » 3
Δεκαμετρικὰ	100 » 10	3 » 30
Μετρικὰ	10 » 1	30 » 300
Δεκατομετρικὰ	1 » 0,1	300 » 3 000
Έκατοστομετρικὰ	0,1 » 0,01	3 000 » 30 000
Χιλιοστομετρικὰ	0,01 » 0,001	30 000 » 300 000

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Πρακτικὴ κατάταξη τῶν πομπῶν.

Κύματα	Μῆκος κύματος (σὲ μέτρα)	Συχνότητα (σὲ Mc/s)
Μακρὰ	2 000 ὧς 1 000	0,15 ὧς 0,3
Μεσαῖα	576 » 187	0,52 » 1,6
Βραχέα	50 » 13,6	6 » 22
Γπερβραχέα	3,4 » 3	88 » 100
Μικροκύματα	0,3 » 0,001	1 000 » 300 000

Στὴν πράξη, ὅμως, δὲν ἔχει πρὸς τὸ παρὸν ἐπικρατήσει ἀρκετὰ ἡ κατάταξη αὐτῆς. Οἱ κατασκευαστὲς ραδιοφώνων καὶ ὁ κόσμος χρησιμοποιοῦν συνήθως τὴν πρακτικὴν κατάταξην τοῦ Πίνακα 4, ποὺ βασίζεται, ἀν καὶ κάπως χονδρικά, στοὺς διαφορετικοὺς τρόπους διαδέσεως τῶν κυμάτων μέσα στὴν ἀτμόσφαιρα.

Ἐνανθρίσκομε ἔτσι τὶς γνωστές μας δημοσιεύσεις «σταθμὸς μακρῶν κυμάτων», «σταθμὸς μεσαίων κυμάτων» καπ. Οἱ τιμὲς δημως τοῦ Πίνακα 4 δὲν εἰναι: σὲ δλεες τὶς χῶρες ἀκριβῶς οἱ ἔδιες. Ἐπὶ πλέον, ὅταν οἱ ραδιογλεκτρολόγοι λένε «βραχέα κύματα» ἐννοοῦν τὴν πλατύτερη περιοχὴν ἀπὸ 5 ὥς 30 M/cs. Ἐπίσης ὅταν λένε «τὰ ὑπερβραχέα κύματα», ἐννοοῦν τὴν περιοχὴν ποὺ ἀπλώνεται διευρύνεται ἀπὸ τοὺς 30 ὥς τοὺς 3 000 Mc/s. «Οταν, λοιπόν, καὶ ἔμεις ἀπὸ δῶ καὶ πέρα θὰ μιλοῦμε γιὰ βραχέα καὶ ὑπερβραχέα κύματα, θὰ ἐννοοῦμε αὐτὲς τὶς πλατύτερες περιοχές.

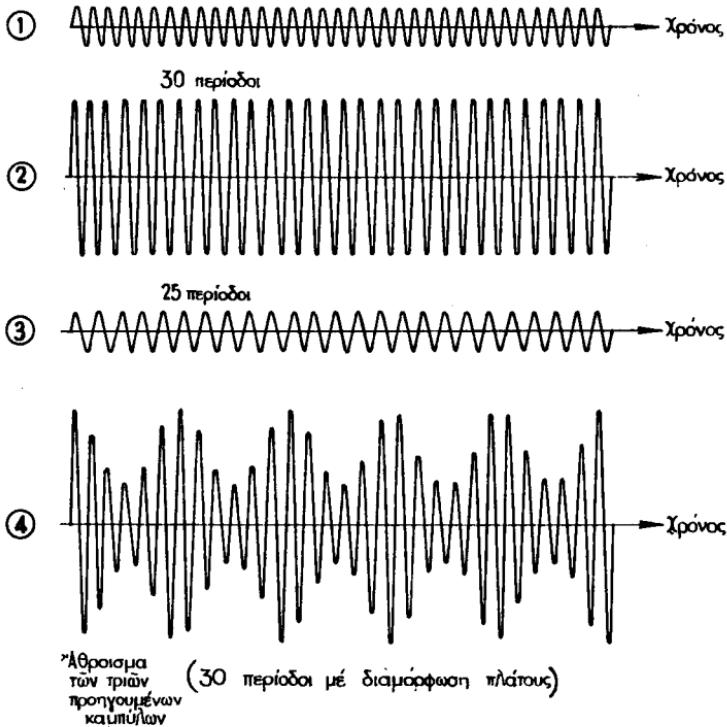
2.5 Ἡ ἀνεπάρκεια τῶν συχνοτήτων.

Ἄσ πάρωμε μιὰ ἀπὸ τὶς προηγούμενες περιοχές, π.χ. τὴν περιοχὴν μεσαίων κυμάτων. Μέσα στὴν περιοχὴν αὐτὴν λειτουργοῦν δρισμένοι σταθμοὶ μεσαίων κυμάτων. Ὁ ἀριθμὸς τους, δην μεγάλος. «Ομως, εἰναι φανερὸ ὅτι δλεες οἱ χῶρες θὰ ἔθελαν νὰ αὐξήσουν τοὺς σταθμοὺς ποὺ διαθέτουν καὶ νὰ χρησιμοποιήσουν συγχρόνως περισσότερες διαφορετικὲς συχνότητες. Ποιός δημως εἰναι δ λόγος ποὺ μέσα σὲ μιὰ περιοχὴ κυμάτων δὲν «χωράει» παρὰ ἔνας δρισμένος ἀριθμὸς ἀπὸ ποιπούς; Αὐτὸ πρέπει νὰ τὸ καταλάβωμε ἀμέσως ἀπὸ τὴν ἀρχή, γιατί, δην μεριμνεῖ, ἔχει βασικὴ σημασία γιὰ τὴ συνέχεια.

Πρῶτα ἀπ' δλα, ἀς θυμηθοῦμε τί εἶδους κύμα ἐκπέμπει ἔνας πομπός. «Οπως εἶδαμε, ἡ κεραία ἐκπομπῆς δὲν ἀκτινοβολεῖ ἔνα κύμα μὲ σταθερὸ πλάτος, ἀλλὰ ἔνα κύμα μὲ μεταβλητὸ πλάτος στὴ συνηθισμένη περίπτωση διαμορφώσεως κατὰ πλάτος; (σχ.

1·4 α). Τί σχέση δμως μπορεῖ νὰ ἔχῃ μιὰ τέτοια μεταβολὴ πλάτους μὲ τὶς συχνότητες, γιὰ τὶς δποῖες μιλοῦμε ἐδῶ;

"Ἄς παρατηρήσωμε προσεκτικὰ τὸ σχῆμα 2·5 α. Στὴ θέ-
35 περίοδοι



Σχ. 2·5 α.

Τὸ ἄθροισμα τῶν τριῶν πρώτων κυμάτων δίνει ἔνα κῦμα διαμορφωμένο κατὰ πλάτος.

ση (2) τοῦ σχῆματος ἔχομε ἔνα ἀπλὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα μὲ σταθερὸ πλάτος. Ἀπὸ τὸ ρεῦμα αὐτὸ εἰναι σημειωμένες 30 πλήρεις ἐναλλαγές, δηλαδὴ 30 περίοδοι (δι μαθητὴς παρακαλεῖται νὰ τὶς μετρήσῃ). "Ἄν ὑποθέσωμε δtti οἱ ἐναλλαγές αὐτὲς γίνονται μέσα σὲ ἔνα δευτερόλεπτο, τότε ἡ συχνότητα τοῦ ρεύματος αὐτοῦ θὰ εἰναι 30 c/s. Κατὰ τὸν ἴδιο τρόπο, στὶς θέσεις (1) καὶ (3) ἔχουν πα-

ρασταθή δυὸς ἄλλα ἐναλλασσόμενα ρεύματα μὲ σταθερὸ πλάτος, ἄλλα μὲ συχνότητες 35 c/s, τὸ ἐπάνω, καὶ 25 c/s, τὸ κάτω. Τώρα χρειάζεται λίγη ὑπομονή. Χωρίζομε πρῶτα τὸν δριζόντιο ἄξονα τοῦ χρόνου (2) τοῦ σχήματος σὲ 200 ἔστω ἵσα τμῆματα (θὰ ἔπειπε βέβαια τὸ σχῆμα νὰ εἰναι ἀρκετὲς φορὲς μεγαλύτερο γιὰ νὰ διαιρίνωμε καλὰ αὐτὰ τὰ τμῆματα). Γιὰ κάθε ἄκρο τμήματος, δηλαδὴ γιὰ κάθε δρισμένη χρονικὴ στιγμή, προσθέτομε τὶς τιμὲς τῶν ρευμάτων (1), (2) καὶ (3) τῆς στιγμῆς ἐκείνης (τὰ ρεύματα θὰ παίρνωνται θετικὰ πάνω ἀπὸ τοὺς ἄξονες τοῦ χρόνου καὶ ἀρνητικὰ πρὸς τὰ κάτω). Βρίσκομε ἔτσι, σημεῖο πρὸς σημεῖο, τὸ ἀθροισμα τῶν τριῶν ρευμάτων. Τὸ ἀποτέλεσμα δίνεται στὴ θέσῃ (4) τοῦ σχήματος.

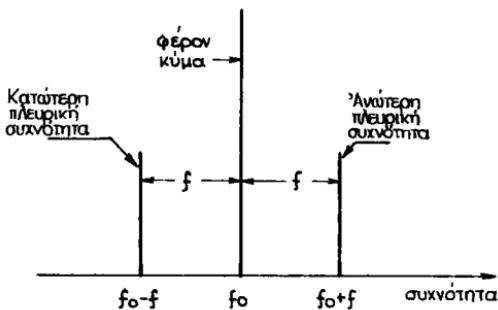
"Ας μετρήσωμε τώρα ἀπὸ περιέργεια πόσες περιόδους περιλαμβάνει ἡ καμπύλη τοῦ ἀθροίσματος στὴ θέση (4). Βρίσκομε ἄκριβῶς 30. Δηλαδὴ τὸ ἀθροισμα ἔχει τὴν ἕδια συχνότητα μὲ τὴν κεντρικὴ συχνότητα τῶν 30 c/s, μὲ τὴν δόποια ξεκινήσαμε. "Ομως τὸ πλάτος τοῦ ἀθροίσματος εἶναι μεταβλητό. Τὸ πλάτος τοῦ ἀθροίσματος παρουσιάζει 5 πλήρεις ἐναλλαγές, δηλαδὴ 5η ἀκριβῶς εἶναι καὶ ἡ διαφορὰ ἀνάμεσα στὴν κεντρικὴ συχνότητα τῶν 30 c/s καὶ στὶς δύο ἄλλες τῶν 35 c/s καὶ 25 c/s.

Τὸ ἀποτέλεσμα αὐτὸ εἶναι γενικό: "Αν σὲ ἔνα ἐναλλασσόμενο ρεῦμα μὲ σταθερὸ πλάτος καὶ μὲ συχνότητα f_0 , προσθέσωμε δυὸς ἄλλα ἐναλλασσόμενα ρεύματα μὲ σταθερὰ πλάτη καὶ μὲ συχνότητες $f_0 + f$ καὶ $f_0 - f$, τὸ ἀποτέλεσμα θὰ εἶναι ἔνα ρεῦμα μὲ συχνότητα f (στὸ παράδειγμά μας εἴχαμε $f_0 = 30$ καὶ $f = 5$). Καὶ αὐτὸ δὲν συμβαίνει βέβαια μόνο μὲ τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα, ἄλλα μὲ σλα τὰ ἐναλλασσόμενα μεγέθη καὶ μὲ τὰ κύματα.

Τὸ ἐνδιαφέρον ὥστόσ δὲν βρίσκεται μόνο σ' αὐτό. Τὸ ἐνδιαφέρον εἶναι δτὶ ἀληθεύει καὶ τὸ ἀντίστροφο. Δηλαδή, ἐνα κύμα, ποὺ ἔχει μιὰ ὑψηλὴ συχνότητα f_0 καὶ τὸ πλάτος του μετα-

θάλλεται μὲ μιὰ χαμηλὴ συχνότητα f , μὲ ἄλλα λόγια ἐνα φαδιοφωνικὸ κύμα διαμορφωμένο κατὰ πλάτος εἶναι ἵσοδύναμο μὲ τὸ ἄθροισμα τριῶν κυμάτων μὲ σταθερὸ πλάτος καὶ μὲ συχνότητες $f_0 - f$, f_0 καὶ $f_0 + f$.

Ἐνας λοιπὸς πομπὸς ποὺ ἔκπεμπει σὲ μιὰ συχνότητα f_0 , δὲν ἔκπεμπει στὴν πραγματικότητα μόνο τὴ συχνότητα αὐτὴ (ἐκτὸς ἂν δὲν εἶναι διαμορφωμένος). Ἐκτὸς ἀπὸ τὴν κεντρικὴ ἡ φέρονσα συχνότητα f_0 , εἶναι σὰν νὰ ἔκπεμπη στὴν πραγματικότητα καὶ δύο ἄλλες πλευρικὲς συχνότητες $f_0 - f$ καὶ $f_0 + f$. Τὸ σύνολο τῶν τριῶν αὐτῶν συχνοτήτων παριστάνεται στὸ σχῆμα (2·5 β).



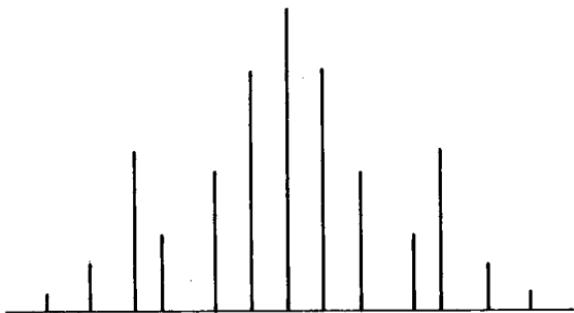
Σχ. 2·5 β.

Τὸ φέρον κύμα μὲ τὶς δύο πλευρικές του συχνότητες.

Ἄλλὰ καὶ πάλι, ὅλα αὐτὰ εἶναι σωστά, ὅταν ἡ χαμηλὴ συχνότητα διαμορφώσεως f προέρχεται ἀπὸ μιὰ καθαρὴ νότα μουσικῆς. Ἡ μουσικὴ ὅμως (ὅπως καὶ ἡ φωνὴ) ἀποτελεῖται ἀπὸ πολλὲς συγχρόνως συχνότητες, ποὺ ἄλλωστε διαρκῶς ἀλλάζουν. Ἐπομένως, τὸ σχῆμα 2·5 β εἶναι στὴν πραγματικότητα ἀρκετὰ πιὸ πολύπλοκο καὶ παίρνει τὴ συμμετρικὴ μορφὴ τοῦ σχήματος 2·5 γ. Οἱ πιὸ βαριὲς νότες δίνουν πλευρικὲς συχνότητες κοντὰ στὴν κεντρικὴ φέρουσα συχνότητα, ἐνῷ οἱ ὅξυτεροι ἔχοι ἀπομακρύνονται πρὸς τὰ πλάγια. Ο πομπὸς ἔκπειμπει σὲ κάθε

στιγμὴ ἔνα παρόμοιο σύνολο συχνοτήτων. Αὐτὸ τὸ σύνολο συχνοτήτων δνομάζομε φάσμα τοῦ πομποῦ.

Τώρα μποροῦμε νὰ ἀπαντήσωμε στὸ ἐρώτημα ποὺ θέσαμε στὴν ἀρχὴν. Εἶναι φανερὸ ὅτι, ἂν δύο πομποὶ ἔκπεμπουν σὲ πολὺ γειτονικὲς συχνότητες, τὰ φάσματά τους θὰ μπερδευθῶν καὶ θὰ εἰναι πιὰ ἀδύνατο νὰ τοὺς ξεχωρίσωμε στὸν δέκτη. Ἡ ἐπιλογὴ δὲν εἰναι δυνατή, παρὰ ἐφ' ὅσον ἡ φέρουσα συχνότητα κάθε πομποῦ διαφέρει ἀρκετὰ ἀπὸ τὶς γειτονικές της. Πόσο ὅμως;



Σχ. 2·5 γ.

Ζώνη συχνοτήτων (φάσμα) ἐνὸς πομποῦ. Ἡ φέρουσα συχνότητα περιβάλλεται συμμετρικά ἀπὸ δύο πλευρικές ζῶνες συχνοτήτων.

Ξέρομε ὅτι οἱ συχνότητες τοῦ ἥχου φθάνουν τὸ πολὺ ἔως 20 000 c/s. Ἀν λοιπὸν ἔνας πομπὸς ἀκτινοβολῇ π.χ. στοὺς 600 kc/s, δηλη ἡ ζώνη ἀπὸ 580 ὧς 620 kc/s θὰ ἔπειρε νὰ ἀνήκῃ σ' αὐτὸν καὶ μόνο, νὰ μὴ ὑπάρχῃ κανένας ἄλλος πομπὸς μέσα σ' αὐτὴ τὴ ζώνη συχνοτήτων. Ομως, ἡ περιοχὴ τὸν μεσαίων κυμάτων ἐκτείνεται ἀπὸ 520 μέχρι 1 620 kc/s, ἔχει δηλαδὴ μιὰ ἔκταση κατέχη μιὰ ζώνη $2 \times 20 = 40$ kc/s, δὲν θὰ χωρούσαν στὴν περιοχὴ τῶν μεσαίων κυμάτων παρὰ 25 σταθμοὶ μονάχα!

Πρέπει, λοιπόν, νὰ περιορίσωμε τὴ ζώνη (τὸ φάσμα) κάθε πομποῦ. Αὐτὸ θὰ εἶναι, βέβαια, πρὸς ζημία τῆς ποιότητας τῆς μεταδόσεως, γιατὶ οἱ πολὺ δξεῖς ἥχοι δὲν θὰ μεταδίωνται πιά.

Ομως, οἱ πολὺ δξεῖς ἥχοι δὲν εἶναι ἐντελῶς ἀπαραίτητοι, ἀλλωστε δὲν γίνεται καὶ διαφορετικά. Ἔτσι, σὲ κάθε σταθμὸν παραχωρεῖται μιὰ ζώνη $2 \times 4,5 = 9$ kc/s. Μὲ τὸν τρόπον αὐτὸν ἡ χωρητικότητα κάθε περιοχῆς τετραπλασιάζεται (πάνω ἀπὸ 100 σταθμοὶ στὰ μεσαῖα κύματα). Συγχρόνως, δύο σταθμοὶ πολὺ μακριὰ δ ἔνας ἀπὸ τὸν ἄλλον (π. χ. δ ἔνας στὴν Εὐρώπη καὶ δ ἄλλος στὴν Ἀμερικὴ) μποροῦν νὰ χρησιμοποιήσουν τὴν ἵδια φέρουσα συχνότητα, ἀρκεῖ νὰ μὴν ἔχουν τόσην ἴσχυ, ὥστε ἡ ἀκτινοθολία τοῦ ἑνὸς νὰ φθάνῃ ὡς τὴν περιοχὴ τοῦ ἄλλου. Μὲ τέτοιους συμβιβασμοὺς λύεται τὸ πρόβλημα τῆς ἀνεπάρκειας τῶν συχνοτήτων.

2·6 Ἐπιλογὴ καὶ πιστότητα τοῦ δέκτη.

Οσα εἴπαμε πιὸ πάνω μᾶς ἔνδιαφέρουν — ἵσως μάλιστα περισσότερο — καὶ γιὰ ἔνα ἄλλο ζήτημα. Τὸ ζήτημα αὐτὸν σχετίζεται τώρα μὲ τὸ δέκτη.

Μιὰ ἀπὸ τὶς πρῶτες καὶ κύριες λειτουργίες τοῦ δέκτη εἶναι, δπως μάθαμε, ἡ ἐπιλογή, δηλαδὴ ἡ ἐκανότητα τοῦ δέκτη νὰ μπορῇ νὰ ἔχωρίζῃ τὸν ἔνα σταθμὸν ἐκπομπῆς ἀπὸ τὸν ἄλλο (παρ. 1·5). Γιὰ νὰ γίνῃ αὐτό, τὰ πρῶτα στάδια τοῦ δέκτη δὲν ἀφήνουν νὰ περάσῃ παρὰ μόνο τὴ συχνότητα τοῦ πομποῦ ποὺ θέλομε νὰ ἀκούσωμε, ἐνῶ συγχρόνως σταματοῦν (βραχυκυκλώνουν) τὶς συχνότητες ὅλων τῶν ἀλλων πομπῶν, ποὺ δέχεται ἡ κεραία λήψεως.

Εἴδαμε, δμως, δτι ἡ ἀκτινοθολία ἔνδις πομποῦ δὲν μπορεῖ νὰ μεταφέρῃ ἔνα σῆμα, ἀν ἡ ἀκτινοθολία αὐτὴ ἀποτελῆται ἀπὸ μιὰ μόνη συχνότητα. Τὸ σῆμα (δ λόγος, ἡ μουσικὴ, ἡ εἰκόνα...) μεταφέρεται μέσα σὲ μιὰ ζώνη συχνοτήτων, ποὺ δφείλεται στὴ διαμόρφωση τοῦ πομποῦ καὶ συνοδεύει τὴν κεντρικὴ του συχνότητα. Ὁ δέκτης δφείλει, λοιπόν, νὰ ἀφήνῃ νὰ περάσῃ δλόκληρη αὐτὴ ἡ ζώνη συχνοτήτων. Διαφορετικά, οἱ πλευρικὲς συχνότητες, εἶναι ποὺ

ἀκριθῶς αὐτὲς ποὺ μεταφέρουν τὸ σῆμα, θὰ ἔμποδισθοῦν νὰ φθάσουν ὡς τὰ τελευταῖα στάδια τοῦ δέκτη. Τότε, τὸ σῆμα θὰ παραμορφωθῇ καὶ τελικὰ μπορεῖ ἀκόμα πρακτικὰ καὶ νὰ ἔξαφανισθῇ.

Εἰδικὰ στὴν περίπτωση τῆς ραδιοφωνίας, ἡ ἐπιλογὴ τοῦ δέκτη πρέπει νὰ ἔχῃ ρυθμούσθῃ ἔτσι, ὥστε νὰ ἐπιτρέπῃ νὰ περνοῦν ἐλεύθερα ὅλες οἱ συχνότητες μὲ τιμὲς ἔως 4,5 kc/s πάνω, καὶ ἔως 4,5 kc/s κάτω ἀπὸ τὴν κεντρικὴ συχνότητα τοῦ πομποῦ ποὺ θέλουμε νὰ ἀκούσωμε. "Αν αὐτὴ ἡ λειτουργία γίνεται ἀρκετὰ καλά, λέμε ὅτι δέκτης είναι ἵκανοποιητικὰ πιστός, ὅτι μπορεῖ δηλαδὴ νὰ ἀναπαράγῃ μὲ ἀρκετὰ ἀκρίβεια (πιστότητα) τὸ σῆμα ποὺ δέχεται. *Πιστότης*, λοιπόν, εἶναι ἡ ἵκανότητα τοῦ δέκτη νὰ ἐπιτρέπῃ τὴν διάβαση σὲ μιὰ ἀρκετὴ ζώνη συχνοτήτων, δηση χρειάζεται γιὰ μιὰ ἀρκετὰ πιστὴ ἀναπαραγωγὴ τοῦ σήματος.

"Αν ἡ ἐπιλογὴ εἶναι περισσότερο ἔντονη ἀπὸ ὅσο πρέπει, ἀν π. χ. ἔνας δέκτης ραδιοφωνίας δὲν ἀφήνη νὰ περάσῃ παρὰ μόνο 1 kc/s πάνω καὶ κάτω ἀπὸ τὴν κεντρικὴ συχνότητα τοῦ πομποῦ ποὺ διαλέγομε, τότε δέκτης δὲν θὰ εἶναι πιὰ ἀρκετὰ πιστός." "Οσο ἐπιζητοῦμε νὰ καλυτερεύσωμε τὴν ἐπιλογὴ, τόσο χειροτερεύομε τὴν πιστότητα.

Τὸ ἕδιο, βέβαια, ισχύει καὶ ἀντίστροφα. "Οσο ἐπιτρέπομε τὸ πέρασμα σὲ πλατύτερη ζώνη συχνοτήτων, γιὰ νὰ καλυτερέψωμε τὴν πιστότητα, τόσο αὐξάνει δ κίνδυνος νὰ μπερδευθοῦν μέσα στὴν πλατειὰ αὐτὴ ζώνη καὶ ἄλλοι πομποί, δηλαδὴ τόσο χειροτερεύει ἡ ἐπιλογὴ." Αρα, ἡ ἐπιλογὴ καὶ ἡ πιστότητα εἶναι δύο ἀντίθετες ἴδιότητες τοῦ δέκτη.

"Αργότερα θὰ δοῦμε πῶς ἐπιτυγχάνομε πρακτικὰ ἔνα συμβιβασμὸς ἀνάμεσα στὶς ἀντιμαχόμενες αὐτὲς ἴδιότητες. 'Ο ἀγώνας γιὰ νὰ συμβιβάσωμε τὴν ἐπιλογὴ μὲ τὴν πιστότητα, καθὼς καὶ ἡ προσπάθεια γιὰ νὰ περιορίσωμε τὶς παραμορφώσεις καὶ τὰ παράσιτα καὶ νὰ ἐπιτύχωμε ισχυρότερο σῆμα μὲ ὅσο γίνεται λιγότερο θόρυβο, ἔξηγοῦν στὴν οὐσία γιατὶ ἔνας δέκτης εἶναι τελικὰ

κατασκευασμένος μὲ αὐτὸν ἡ ἔκεῖνο τὸν τρόπο καὶ μᾶς δίνουν τὸ κλειδὶ γιὰ νὰ καταλάβωμε τὶς λεπτομέριες τῆς λειτουργίας καθὼς καὶ τὶς μεθόδους ἀναζητήσεως καὶ ἐπισκευῆς τῶν βλαεῖων.

2.7 Αρμονικὴ άναλυση.

Αλλὰ τὸ ἔνδιαφέρον γιὰ ὅσα εἴπαμε στὴν παράγραφο 2·5, δὲν ἔξαντλεῖται ὡς ἔδω. Πρέπει νὰ προσθέσωμε ἀπὸ τώρα μιὰ ἀκόμα ἀποψή, ἔξαιρετικὰ σημαντική.

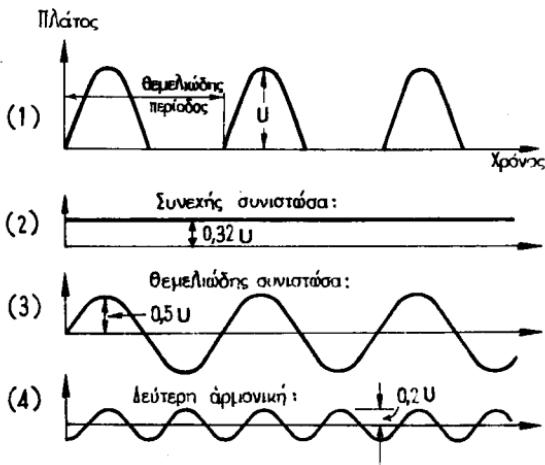
Η διαμορφωμένη τάση ὑψηλῆς συχνότητας, ποὺ ἔξετάσαμε στὴν παράγραφο 2·5 (σχ. 2·5 α), εἶναι ἔνα περιοδικὸ μέγεθος. Θέλομε νὰ ποῦμε μὲ αὐτό, δτι εἶναι ἔνα μέγεθος (π.χ. τάση), ποὺ μεταβάλλεται μὲ τὸν χρόνο καὶ μὲ τέτοιον τρόπο, ὥστε νὰ ἐπαναλαμβάνεται κατὰ ἵσα χρονικὰ διαστήματα (ἵσα μὲ τὴν περίοδο τοῦ μεγέθους). Η ἀπλούστερη περίπτωση περιοδικοῦ μεγέθους εἶναι ἡ ἡμιτονικὴ ἐναλλασσόμενη μορφή, ποὺ τὴν γνωρίζομε ἀπὸ τὴν Φυσικὴ καὶ τὸν Ἡλεκτρισμὸ (ἐναλλασσόμενα ρεύματα).

Στὴν παράγραφο 2·5, εἴδαμε δτι μιὰ διαμορφωμένη τάση, ποὺ εἶναι ἔνα πολυπλοκώτερο περιοδικὸ μέγεθος, ἀναλύεται σὲ κάμποσες ἀπλές ἡμιτονικὲς τάσεις ἡ ἡμιτονικὲς συνιστώσες. Τοῦτο γενικεύεται καὶ ἰσχύει γιὰ κάθε περιοδικὸ μέγεθος.

Ας πάρωμε καλύτερα ἔνα ἄλλο παράδειγμα. Εστω δτι ἔχομε μιὰ ἐναλλασσόμενη ἡμιτονικὴ τάση, ἀπὸ τὴν δποία δμως ἔχομε ἀποκόψει τὶς ἀρνητικὲς ἡμιπεριέδους (θέση 1 τοῦ σχήματος 2·7 α). Μιὰ τέτοια τάση εἶναι περιοδική, δὲν εἶναι δμως πιὰ ἡμιτονική. Εστω δτι ἡ συχνότητα, μὲ τὴν δποία ἐπαναλαμβάνονται τὰ θετικὰ ἡμικύματα, εἶναι ἵση μὲ f. Η συχνότητα αὐτὴ δύομάζεται θεμελιώδης συχνότητα τοῦ μεγέθους.

Αποδεικνύεται δτι ἔνα τέτοιο περιοδικὸ μέγεθος μπορεῖ νὰ θεωρηθῇ ἵσο μὲ τὸ ἄθροισμα ἐνὸς πλήθους ἀπὸ συνιστώσες. Οἱ συνιστώσες αὐτὲς περιλαμβάνουν: 1) μιὰ συνεχὴ συνιστώσα, δηλαδὴ μιὰ συνιστώσα ποὺ δὲν μεταβάλλεται μὲ τὸ χρόνο, ἀλλὰ

έχει μιά σταθερή τιμή, και 2) από ενα πλήθος από άπλες ήμιτονικές συνιστώσες, μιά μὲ συχνότητα λση πρὸς τὴ θεμελιώδη συχνότητα, και πολλές άλλες άρμονικές. Οι διάφορες άρμονικές έχουν συχνότητες ποὺ εἰναι ἀκέραια πολλαπλάσια τῆς θεμελιώδους συχνότητας, λσοῦνται δηλαδὴ μὲ 2f, 3f,... Γι' αὐτὸ και λέμε δτι: έχομε δεύτερη, τρίτη,... άρμονικές. Θεωρητικά, τὸ πλήθος τῶν άρμονικῶν εἰναι ἀπειρο. Στὴν πραγματικότητα, δμως, τὸ πλάτος



Σχ. 2·7 α.

Άρμονική ἀνάλυση τῆς τάσεως ποὺ φαίνεται στὴ θέση (1). Οι ὑψηλότερες άρμονικές παραλείψθηκαν. Όμως τὸ ἀθροισμα τῶν τάσεων (2), (3) και (4), ἀρχίζει ἡδη νὰ προσεγγίζῃ τὴν ἀρχικὴ τάση (1).

τῶν άρμονικῶν συνήθως ἐλαττώνεται, δσο ἡ συχνότητά τους αὔξανει. Ετσι, μποροῦμε στὴν πράξη νὰ πάρωμε μονάχα ἀρκετὲς απὸ τὶς πρῶτες άρμονικές (μὲ κατάλληλα πλάτη και φάσεις) και νὰ παραλείψωμε τὶς άλλες. Πολλὲς ζλλωστε άρμονικές μπορεῖ γενικὰ νὰ συμβῇ νὰ έχουν πλάτη λσα μὲ τὸ μηδέν.

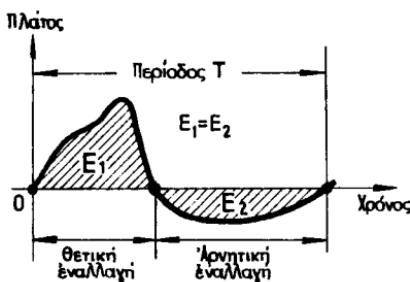
Η ἀνάλυση ἔνδος περιοδικοῦ μεγέθους σὲ ἀθροισμα ἀπὸ μιὰ συνεχὴ συνιστώσα, μιὰ ήμιτονικὴ θεμελιώδη και κάμποσες ήμιτονικές άρμονικές, δνομάζεται άρμονικὴ ἀνάλυση (ἢ ἀνάλυση

Fourier). Τὸ σχῆμα 2·7 α ἀποτελεῖ ἔνα παράδειγμα γιὰ τὴν περίπτωση ποὺ ἀναφέρομε παραπάνω.

Στὴ ραδιοτεχνίᾳ συναντοῦμε πολὺ συχνὰ διάφορα περιοδικὰ μεγέθη, ὅχι ἡμιτονικά. "Ομως, ἡ ἀρμονικὴ ἀνάλυση μᾶς ἐπιτρέπει νὰ περνοῦμε ἀπὸ περιοδικὰ μεγέθη, μὲ δόποιαδήποτε μορφή, σὲ ἀπλὰ ἡμιτονικὰ μεγέθη. Γι' αὐτὸ ἀκριβῶς τὰ ἡμιτονικὰ μεγέθη παίρνουν μιὰ ἔξαιρετικὴ σημασία. Καὶ γιὰ αὐτὸ ἡ βασικὴ μελέτη τῶν κυκλωμάτων καὶ τῶν διαφόρων λειτουργιῶν γίνεται κυρίως γιὰ τὰ ἡμιτονικὰ μεγέθη. Στὴν συνέχεια τοῦ βιβλίου θὰ καταφανῇ πόσο σημαντικὴ εἰναι ἡ διαπίστωση αὐτῆς.

Θὰ ἐπιμείνωμε λίγο περισσότερο ἐδῶ γιὰ νὰ ξεκαθαρίσωμε καὶ μερικὲς ἄλλες ἔννοιες ποὺ ἔχουν γιὰ μᾶς, στὴν Ραδιοτεχνίᾳ, βασικὴ σημασία. Καὶ τοῦτο χωρὶς νὰ φοβηθοῦμε μήπως κάνομε καὶ καρμιὰ ἐπανάληψη.

Μιλοῦμε γιὰ περιοδικὰ μεγέθη (τάσεις, ρεύματα, ...). Κατὰ ἔνα γενικὸ τρόπο, ἔνα περιοδικὸ μέγεθος μπορεῖ νὰ εἰναι ἐναλλασσόμενο ἢ μὴ ἐναλλασσόμενο. Τὸ περιοδικὸ ἐναλλασσόμενο μέγεθος εἰναι τέτοιο, ὥστε τὰ ἐμβαδὰ ποὺ καλύπτουν οἱ θετικὲς καὶ ἀρνητικὲς ἐναλλαγές του, πάνω καὶ κάτω ἀπὸ τὸν ἀξονα τοῦ χρό-

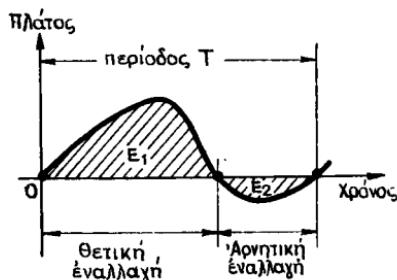


Σχ. 2·7 β.
Περιοδικὸ ἐναλλασσόμενο ρεύμα.

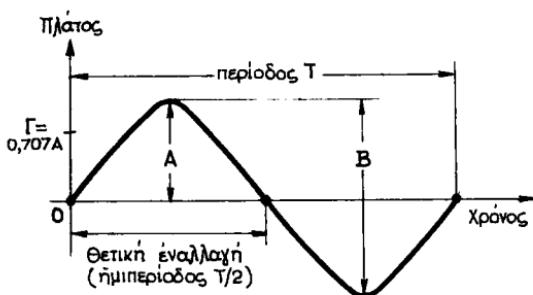
νου, νὰ εἰναι ἵσα (σχ. 2·7 β). Τοῦτο σημαίνει, σύμφωνα μὲ δσα εἴπαμε γιὰ τὴν ἀρμονικὴ ἀνάλυση, ὅτι τὸ περιοδικὸ ἐναλασσόμενο

μέγεθος έχει συνεχή συνιστώσα μηδέν. "Οταν τὰ ἐμβαδὰ πάνω καὶ κάτω ἀπὸ τὸν ἔξονα τοῦ χρόνου δὲν εἰναι ἵσα, δπότε ἡ συνεχῆς συνιστώσα δὲν εἰναι μηδέν, τότε τὸ περιοδικὸ μέγεθος εἰναι μὴ ἐναλλασσόμενο (σχ. 2·7 γ).

Τὸ ἡμιτονικὸ μέγεθος εἰναι, δπως εἶπαμε, τὸ ἀπλούστερο περιοδικὸ ἐναλλασσόμενο μέγεθος. Χάρη στὴν ἀρμονικὴ ἀνάλυση εἰναι, δπως εἶδαμε, καὶ τὸ πιὸ σημαντικό. Γι' αὐτό, καλὸ εἰναι νὰ ἐπαναλάβωμε ἐδῶ καὶ νὰ συμπληρώσωμε δρισμένες γνώσεις ἀπὸ τὴν Ἡλεκτροτεχνία, ποὺ σχετίζονται μὲ τὰ ἡμιτονικὰ μεγέθη.



Σχ. 2·7 γ.
Περιοδικό, ἀλλὰ μὴ ἐναλλασσόμενο μέγεθος.



Σχ. 2·7 δ.
Ἡμιτονικὸ μέγεθος.

Τὸ σχῆμα 2·7 δ παριστάνει ἑνα ἡμιτονικὸ μέγεθος. Ἡ τιμὴ τοῦ μεγέθους μεταβάλλεται ἀπὸ στιγμὴ σὲ στιγμή. Ὁνομάζομε

στιγμαία τιμή τοῦ μεγέθους, τὴν τιμή του σὲ μιὰ δρισμένη χρονικὴ στιγμὴ (ὑπενθυμίζομε ὅτι τὸ μέγεθος λέγεται ἡμιτονικό, δταν ἀκριβῶς ἡ στιγμαία τιμή του ἀκολουθεῖ τὸ νόμο τοῦ ἡμιτόνου). Ἐφοῦ ἡ στιγμαία τιμὴ μεταβάλλεται διαρκῶς, εἶμαστε ὑποχρεωμένοι, γιὰ μπορέσωμε νὰ χαρακτηρίσωμε τὴν ἔνταση τοῦ μεγέθους, νὰ διαλέξωμε μιὰ ἀπὸ ὅλες τὶς στιγμαίες τιμές του, ποὺ πραγματικὰ νὰ τὸ χαρακτηρίζῃ. Σὰν τέτοια μποροῦμε νὰ πάρωμε τὴν μέγιστη τιμὴ A τοῦ μεγέθους. Αὐτὴ ἡ μέγιστη τιμὴ ἢ πλάτος χαρακτηρίζει τὴν ἔνταση τοῦ μεγέθους. Λέμε, π.χ., δτι ἔνα ἡμιτονικὸ (ἐναλλασσόμενο) ρεῦμα ἔχει πλάτος 10 ἀμπέρ.

Στὴ Ραδιοτεχνία, ἀντὶ γιὰ τὴν μέγιστη τιμὴ A, χρησιμοποιοῦμε συχνὰ τὴν τιμὴ B ἀπὸ κορυφὴ σὲ κορυφή, δηλαδὴ τὴν ἀπόσταση ἀνάμεσα σὲ μιὰ θετικὴ καὶ μιὰ ἀρνητικὴ μέγιστη τιμὴ τοῦ μεγέθους (σχ. 2·7 δ). Ἡ ἀπόσταση αὐτὴ ίσοῦται, προφανῶς, μὲ τὸ διπλάσιο τοῦ πλάτους, δηλαδὴ:

$$\text{τιμὴ ἀπὸ κορυφὴ σὲ κορυφὴ } B = 2A \quad (1)$$

Ἐκτὸς ἀπὸ αὐτὲς τὶς δύο τιμές, ξέρομε ἀπὸ τὴν Ἡλεκτροτεχνία, δτι τὸ ἡμιτονικὸ ρεῦμα μπορεῖ ἐπίσης νὰ χαρακτηρισθῇ καὶ ἀπὸ τὴν ἐνεργὸ ἢ ἐνδεικνυμένη τιμὴ του Γ. Ἡ ἐνεργὸς ἢ ἐνδεικνυμένη τιμὴ ἔνδεινο ρεῦμα πού, περνώντας μέσα ἀπὸ μιὰ καὶ τὴν ἕδια ὠμικὴ ἀντίσταση, θὰ ἀπέδιδε τὸ ἕδιο ποσὸ θερμότητας. Ἀποδεικνύεται δτι ἡ ἐνεργὸς τιμὴ ίσοῦται μὲ $\frac{1}{\sqrt{2}}$ ἢ 0,707 τοῦ πλάτους.

$$\text{Ἐχομε } \text{δηλαδὴ: } \text{ἐνεργὸς τιμὴ } \Gamma = 0707 \text{ A,} \quad (2)$$

$$\text{καὶ } \text{ἀντίστροφα: } \text{πλάτος } A = 1,414 \text{ Γ.} \quad (3)$$

II. χ. δταν ἡ τιμὴ ἀπὸ κορυφὴ σὲ κορυφὴ ἔνδεινο ἡμιτονικοῦ ρεύματος εἶναι 20 ἀμπέρ, τὸ πλάτος του θὰ εἶναι $\frac{1}{\sqrt{2}} \times 20 = 10$ ἀμπὲρ καὶ ἡ ἐνεργὸς τιμὴ του $0,707 \times 10 = 7,07$ ἀμπέρ.

“Ωστε ἡ ἔνταση τοῦ ἡμιτονικοῦ μεγέθους μετρεῖται ἢ ἀπὸ τὴν τιμὴν του ἀπὸ κορυφὴν σὲ κορυφὴν ἢ ἀπὸ τὸ πλάτος του, ἢ ἀπὸ τὴν ἐνεργὸν τιμὴν του. Προτιμούμε κάθε φορὰ μιὰ ἀπὸ τίς τρεῖς αὐτές τιμές, ἀνάλογα μὲ τὴν περίσταση. Πρέπει, ὅμως, κάθε φορὰ νὰ καθορίζωμε γιὰ ποιὰ ἀπὸ τίς τρεῖς τιμὲς πρόκειται, γιατὶ διαφορετικὰ κινδυνεύομε νὰ κάνωμε πολὺ χονδρὸ λάθος.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὴν ἔντασην, τὸ ἡμιτονικὸ μέγεθος χαρακτηρίζεται καὶ ἀπὸ τὴν συχνότητά του. Ἡ συχνότητα ἴσουται, ὅπως ξέρομε, μὲ τὸν ἀριθμὸ τῶν περιόδων ποὺ ἔκτελεῖ τὸ ἡμιτονικὸ μέγεθος μέσα σὲ ἕνα δευτερόλεπτο. “Αν f ἡ συχνότητα σὲ C/S καὶ T ἡ περίοδος σὲ sec , τότε, ὅπως ἔχομε ξαναπεῖ :

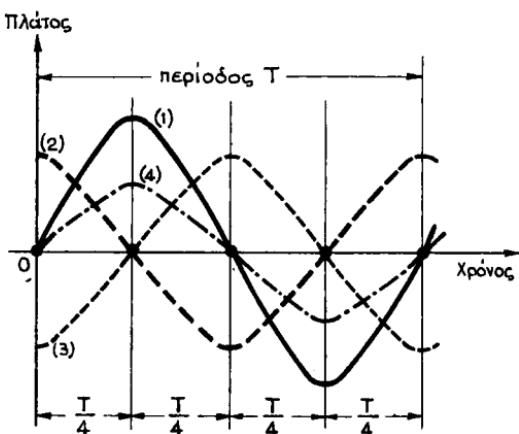
$$f = \frac{1}{T}. \quad (4)$$

Ἡ συχνότητα καὶ ἡ ἔνταση δὲν φθάγουν γιὰ νὰ καθορίσουν ἐντελῶς τὸ ἡμιτονικὸ μέγεθος. Χρειάζεται ἀκόμα καὶ ἡ φάση. Ἡ φάση ἔχει νὰ κάνῃ μὲ τὴν τιμὴν τοῦ ἡμιτονικοῦ μεγέθους σὲ μιὰ ὁρισμένη χαρακτηριστικὴ στιγμὴ, π.χ. τὴν στιγμὴν ποὺ ἀρχίζομε νὰ μετροῦμε τὸν χρόνο (δηλαδὴ στὴν ἀρχὴν τοῦ χρόνου). “Αν, τὴν στιγμὴν αὐτήν, τὸ ἡμιτονικὸ μέγεθος ἔχῃ τιμὴν μηδὲν καὶ ἀρχίζει νὰ αὐξάνεται πρὸς τίς θετικὲς τιμές, τότε λέμε πώς ἡ φάση του εἰναι ἵση μὲ μηδὲν ἢ ὅτι τὸ ἡμιτονικὸ μέγεθος εὑρίσκεται στὴν ἀρχὴ τῶν φάσεων. Αὐτὸ π.χ. συμβαίνει μὲ τὸ ἡμιτονικὸ μέγεθος (1) τοῦ σχήματος $2 \cdot 7\varepsilon$. Στὸ ἵδιο ὅμως σχῆμα βλέπομε καὶ ἕνα ἄλλο ἡμιτονικὸ μέγεθος (2) μὲ τὴν ἵδια συχνότητα, ἀλλὰ ποὺ δὲν ξεκινᾶ ἀπὸ μηδενικὴ τιμὴ, ἀρα δὲν ἔχει πιὰ φάση μηδέν. “Ἄς ὑποθέσωμε, ὅτι τὸ δεύτερο αὐτὸ μέγεθος ἔχει στὴν ἀρχὴν τοῦ χρόνου, τὴν μέγιστη θετικὴ τιμὴν του. “Αν τὸ μέγεθος ξεκινοῦσε ἀπὸ τιμὴν μηδέν, τότε θὰ χρειαζόταν $1/4$ τῆς περιόδου γιὰ νὰ φθάσῃ στὴν μέγιστη θετικὴ τιμὴ του. Γι’ αὐτὸ λέμε ὅτι τὸ δεύτερο αὐτὸ μέγεθος ἔχει φάση ἵση μὲ $1/4$ τῆς περιόδου.

“Ομως, μιὰ περίοδος ἀντιστοιχεῖ σὲ μιὰ πλήρη ἐναλλαγὴ ἢ

ενα κύκλο του ήμιτονικού μεγέθους. Και ενας κύκλος μετρεῖται σε 360° (μοίρες) ή σε $2\pi = 2 \times 3,14 = 6,28$ άκτινια. Ή αρα $1/4$ της περιόδου άντιστοιχεῖ σε $1/4 \times 360 = 90^\circ$ (ή σε $1/4 \times 6,28 = 1,565$ άκτινια). Γι' αυτό λέμε ότι το ήμιτονικό μέγεθος (2) του σχήματος 2.7 είχε φάση 90° (ή $1,565$ άκτινια). Τις φάσεις τις μετροῦμε συνήθως σε μοίρες (ή σε άκτινια) και δχι σε κλάσματα περιόδου. Η φάση ένδος ήμιτονικού μεγέθους μπορεῖ να πάρῃ δύοια δήμητρες τιμή $\pm 90^\circ$ (προεκτείνοντας δημοσίως το συλλογισμό, μποροῦμε να έχωμε φάσεις και μεγαλύτερες από 360° , θετικές ή άρνητικές).

Αφού τὰ δύο ήμιτονικά μεγέθη (1) και (2) του σχήματος 2.7 εί-



Σχ. 2.7 ε.

Ημιτονικά μεγέθη μὲ τὴν ἔδια συχνότητα, ἀλλὰ μὲ διαφορετικές φάσεις.

ἔχουν διαφορετικές φάσεις, ύπάρχει μεταξύ τους μιὰ διαφορὰ φάσεως. Στὸ παράδειγμά μας ᔹχομε διαφορὰ φάσεως 90° . Επειδὴ μάλιστα τὸ μέγεθος (2) παίρνει τὴ μέγιστη τιμὴ του πιὸ γρήγορα ἀπὸ τὸ μέγεθος (1), μποροῦμε νὰ πωῦμε ἀκριβέστερα ότι τὸ μέγεθος (2) προηγεῖται η ἥρισκεται σὲ προπορεία φάσεως κατὰ 90° . Τὸ μέγεθος (3), στὸ ἔδιο σχῆμα, εὑρίσκεται σὲ καθυστέρηση

φάσεως κατὰ 90° . Ἡ διαφορὰ φάσεως ἀνάμεσα στὰ μεγέθη (2) καὶ (3) εἶναι 180° . Παρατηροῦμε δὲ οἱ στιγμιαῖες τιμὲς τῶν μεμεθῶν (2) καὶ (3) εἶναι, σὲ κάθε στιγμή, ἀντίθετες. Γι' αὐτό, δταν δύο μεγέθη, δπως τὰ (2) καὶ (3), ἔχουν διαφορὰ φάσεως 180° , λέμε δὲ οἱ εὑρίσκονται σὲ πλήρη ἀντίθεση ἢ σὲ ἀντίφαση. Τέλος, ἐν συμβαίνη, ὅστε δύο μεγέθη νὰ μηδενίζωνται ταυτόχρονα καὶ νὰ παίρνουν ταυτόχρονα τὶς θετικὲς καὶ ἀρνητικὲς μεγιστες τιμές τους, τότε λέμε δὲ τὰ μεγέθη αὐτὰ εὑρίσκονται σὲ ταυτότητα φάσεως ἢ δὲ εἶναι συμφασικά. Τέτοια π.χ. εἶναι τὰ μεγέθη (1) καὶ (4) τοῦ σχήματος $2 \cdot 7$ ε. Δὲν πρέπει πάντως νὰ ξεχωρίσουμε δὲ, γιὰ νὰ συγκρίνωμε τὶς φάσεις ἀνάμεσα σὲ περισσότερα ήμιτονικὰ μεγέθη, πρέπει δὲν τους νὰ ἔχουν τὴν ὥδια συχνότητα, νὰ εἶναι δηλαδὴ ισόσυγνα.

Ἐπιμείναμε στὶς γνώσεις αὐτὲς γιὰ τὰ ήμιτονικὰ μεγέθη, γιατὶ πρέπει νὰ τὶς καταλάβωμε καλὰ ἀμέσως ἀπὸ τὴν ἀρχή. Καθὼς ἐπίσης καὶ δσα εἰπαμε γιὰ τὴν ἀρμονικὴ ἀνάλυση. Ἐπειδὴ ἄλλωστε ἔνα ἐναλλασσόμενο μέγεθος μπορεῖ νὰ ἀναλυθῇ σὲ πλήθος ἀπὸ ήμιτονικὰ μεγέθη, πολλὲς φορὲς οἱ δνομασίες ἐναλλασσόμενο καὶ ήμιτονικὸ χρησιμοποιοῦνται ἡ μιὰ ἀντὶ γιὰ τὴν ἄλλη, παρ' ὅλο ποὺ αὐτὸ δὲν εἶναι ἀπόλυτα σωστό. Καθὼς στὴ Ραδιοτεχνία ἔχομε νὰ κάνωμε κατὰ κύριο καὶ βασικὸ λόγο μὲ ἐναλλασσόμενα μεγέθη, δ μαθητὴς δὲν πρέπει νὰ προχωρήσῃ πρὶν ξεκαθαρίσῃ δριστικὰ στὸ νοῦ του, τί εἶναι ἔνταση, συχνότητα καὶ φάση ἐνδὲς ήμιτονικοῦ μεγέθους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ζ

ΩΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

3.1 Είσαγωγή.

Τὰ δύο πρῶτα κεφάλαια μᾶς ἔδωσαν μιὰ γενικὴ εἰκόνα γιὰ τὶς τηλεπικοινωνίες, τὸν πομπὸν καὶ τὸν δέκτη. Τώρα θὰ ἀρχίσωμε νὰ μαθαίνωμε λεπτομερέστερα πῶς εἰναι κατασκευασμένες καὶ πῶς λειτουργοῦν οἱ διάφορες ραδιοτεχνικὲς συσκευές.

"Αν παρατηρήσωμε κάπως προσεκτικότερα μιὰ ραδιοτεχνικὴ κατασκευή, θὰ δοῦμε δτὶ ἀποτελεῖται ἀπὸ κυκλώματα (μὲ ἀντιστάσεις, πηγία καὶ πυκνωτές), ἡλεκτρονικὲς λυχνίες καὶ διάφορα ἄλλα ἔξαρτήματα. Πρῶτα ἀπ' ὅλα ἔρχονται τὰ κυκλώματα.

"Οταν κανεὶς ρίξῃ μιὰ πρώτη ματιὰ στὰ κυκλώματα, π.χ. τοῦ ραδιοφώνου του, μπορεῖ νὰ μείνῃ ἀρκετὰ ἀπογοητευμένος. Οἱ ἀντιστάσεις, οἱ πυκνωτὲς καὶ τὰ πηγία χρησιμοποιοῦνται σὲ μεγάλο ἀριθμὸν καὶ σὲ σημαντικὴ ποικιλία. Οἱ συνδέσεις τους παρακολουθοῦνται στὴν ἀρχὴν ἀρκετὰ δύσκολα καὶ φαίνονται πολὺ μπερδεμένες. Τὰ ρεύματα, ποὺ κυκλοφοροῦν πρὸς ὅλες τὶς κατεύθυνσεις, εἰναι συνεχὴ ἢ ἐναλλασσόμενα μὲ ἐνα πλήθος ἀπὸ συχνότητες.

Γιὰ νὰ βάλωμε τάξη μέσα σὲ ἐνα τέτοιο φαινομενικὸ λαβύρινθο, πρέπει νὰ προχωρήσωμε σιγὰ καὶ προσεκτικά. Στὴν ἀρχὴν θὰ ἔξετάσωμε κάθε στοιχεῖο κυκλώματος χωριστὰ (ώμικὴ ἀντισταση, πηγίο, πυκνωτής), ἢ τὸ πολὺ δύο - δύο (πηγίο καὶ ώμικὴ ἀντισταση, πυκνωτής καὶ ώμικὴ ἀντισταση). Αὐτὸ γίνεται στὰ ἐπόμενα τρία κεφάλαια. Κατόπιν θὰ δοῦμε κάπως πιὸ σύνθετα κυκλώματα καὶ κατὰ κύριο λόγο τὰ συντονισμένα κυκλώματα.

"Η ἐργασία αὗτὴ ἀπαιτεῖ νὰ ξέρωμε (ἢ νὰ ξαναθυμηθοῦμε) δοσα μάθαμε στὴν 'Ηλεκτροτεχνία (ἰδιαίτερα στὸν τόμο Α'). Πρέ-

πει κυρίως νὰ ἔχαναθυμηθοῦμε τὸν νόμο τοῦ "Ωμ, τὶς γνώσεις γιὰ τὴν ἡλεκτρομαγνητικὴ ἐπαγωγὴ (Κεφ. 18 τοῦ Α' τόμου τῆς Ἡλεκτροτεχνίας), τὶς βάσεις γιὰ τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα. Πάντως, δὲν θὰ παραλείψωμε νὰ κάνωμε ὅρισμένες ἐπαναλήψεις ἢ συμπληρώσεις, δπως τὸ κάνωμε ἥδη στὴν παράγραφο 2·7 γιὰ τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα. Ἐπὶ πλέον, ὅρισμένα γνωστὰ πράγματα θὰ χρειασθῇ νὰ τὰ ἔχαναδοῦμε ἐδῶ ἀπὸ τὴν καινούργια ραιδιοτεχνικὴ ἄποψη τῆς ὑψηλῆς συχνότητας.

3·2 Ὡμικὴ ἀντίσταση.

Ἐέρομε ὅτι κάθε ἀγωγὸς παρουσιάζει μιὰ δρισμένη ἀντίσταση στὴν διάβαση τοῦ συνεχοῦς ρεύματος, ποὺ τὴν λέμε Ὡμικὴ ἀντίσταση (ἢ καὶ ἀπλῶς ἀντίσταση). Ἡ ἀντίσταση αὐτὴ προέρχεται ἀπὸ τὶς συγκρούσεις τῶν ἡλεκτρονίων, ποὺ σχηματίζουν τὸ ρεῦμα, πρὸς τὰ ἀτομα τοῦ ἀγωγοῦ. Εἶναι σὰν νὰ ποῦμε ὅτι τὰ ἡλεκτρόνια, γιὰ νὰ κινηθοῦν μέσα ἀπὸ τὸν ἀγωγό, δψεῖλουν νὰ ὑπερνικήσουν ἔνα εἰδὸς τριβῆς. Τὸ ἀποτέλεσμα εἶναι ὅτι ὁ ἀγωγὸς θερμαίνεται ἀπὸ τὴν διάβαση τοῦ ρεύματος καὶ καταναλώνεται ἔτσι μιὰ δρισμένη ἡλεκτρικὴ ἴσχυς.

Ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὴν τάση στὰ ἀκρα τῆς ἀντιστάσεως καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογη πρὸς τὴν ἀντίσταση (νόμος τοῦ "Ωμ"). Ἀν δηλαδὴ I εἶναι τὸ ρεῦμα, U ἡ τάση καὶ R ἡ ἀντίσταση, θὰ ἔχωμε:

$$\text{ρεῦμα } I = \frac{U}{R}. \quad (1)$$

Μποροῦμε νὰ γράψωμε ἀκόμα:

$$\text{τάση } U = R \cdot I. \quad (2)$$

Ἡ ἡλεκτρικὴ ἴσχυς, ποὺ καταναλίσκεται στὴν ἀντίσταση καὶ μετατρέπεται σὲ θερμότητα, ἴσοῦται μὲ τὸ γινόμενο τῆς τάσεως στὰ ἀκρα τῆς ἀντιστάσεως ἐπὶ τὸ ρεῦμα ποὺ τὴν διαρρέει. Δηλαδή:

$$\text{ἴσχυς } P = U \cdot I. \quad (3)$$

"Αν, έπι πλέον, άντικαταστήσωμε έδω τὸ ρεῦμα ἢ τὴν τάση ἀπὸ τοὺς τύπους (1) ἢ (2), βρίσκομε :

$$\text{ἰσχὺς } P = \frac{U^2}{R}, \quad (4)$$

ἢ ἀκόμα :

$$\text{ἰσχὺς } P = RI^2. \quad (5)$$

Στοὺς τύπους αὐτούς, ἢ ἀντίσταση μετρεῖται σὲ ὅμι (Ω), τὸ ρεῦμα σὲ ἀμπέρ (A), ἢ τάση σὲ βόλτ (V) καὶ ἡ ἰσχὺς σὲ βάττ (W). Π.χ. μιὰ ἀντίσταση 50 kΩ (κιλοώμ, βλέπε Πίνακα 1) ὑπὸ τάση 200V διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα $I = U/R = 200/50\,000 = 0,004\,A$, δηλαδὴ 4mA (μιλλιαμπέρ). Ή ἰσχὺς τῆς εἶναι $P = U \cdot I = 200 \cdot 0,004 = 0,8\,W$.

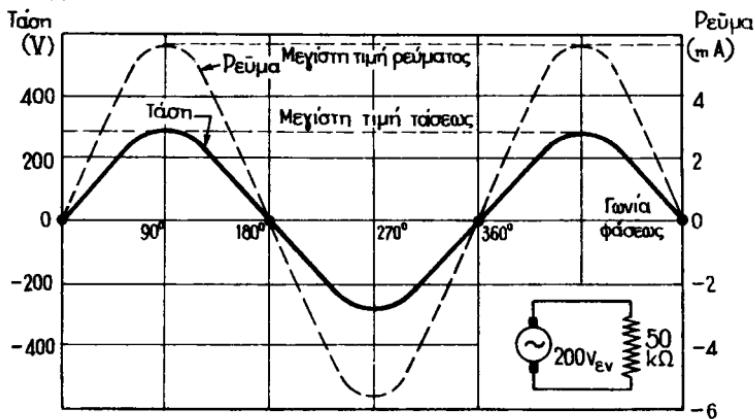
Δὲν πρέπει νὰ ξέχνοιμε ὅτι, γιὰ νὰ λέμε πῶς γνωρίζομε μιὰ ἀντίσταση, δὲν φθάνει νὰ ξέρωμε τὴν τιμὴ τῆς σὲ ὅμι. Πρέπει συγχρόνως νὰ καθορίζωμε καὶ τὴν ἰσχὺ τῆς. Στὸ προηγούμενο παράδειγμα θὰ ποῦμε ὅτι ἔχομε νὰ κάνωμε μὲ μιὰ ἀντίσταση 50 kΩ/0,8 W (καὶ ὅχι ἀπλῶς 50 kΩ). Διαφορετικά, ἐν ἡ ἀντίσταση χρησιμοποιηθῇ γιὰ περισσότερη ἰσχύ, κινδυνεύει νὰ καῆ. Συνήθως ἡ ἀντίσταση διαλέγεται, ὥστε νὰ ἔχῃ ἰσχὺ λίγο μεγαλύτερη ἀπὸ ἐκείνη γιὰ τὴν ὅποια πραγματικὰ θὰ χρησιμοποιηθῇ. Π.χ. στὸ παράδειγμά μας θὰ πάρωμε μιὰ ἀντίσταση 50 kΩ/1W.

Οἱ νόμοι αὐτοὶ ἐφαρμόζονται ἐξ ἵσου καλὰ στὸ συνεχές, ὅσο καὶ στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα. Μόνο ποὺ γιὰ τὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα χρησιμοποιοῦμε στοὺς τύπους τὴν ἐνεργὸ (ἢ ἐνδεικνυμένη) τιμὴ τοῦ ρεύματος καὶ τὴν ἐνεργὴ τιμὴ τῆς τάσεως (ἢ ἐνεργὸς τιμὴ ἴσοῦται μὲ 0,707 φορὲς τὴν μέγιστη τιμὴ). Στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα προστίθεται ἀκόμα τὸ γεγονὸς ὅτι τὸ ρεῦμα καὶ ἡ τάση, σὲ μιὰ ωμικὴ ἀντίσταση, βρίσκονται σὲ φάση (δηλαδὴ τὸ ρεῦμα καὶ ἡ τάση παίρνουν συγχρόνως τὶς μέγιστες τιμές τους, μηδενίζονται συγχρόνως κλπ.), (σχ. 3.2 α).

"Όταν γνωρίζωμε τὸ ὄλικὸ ἀπὸ τὸ ὁποῖο εἶναι κατασκευασμένο τὸ σύρμα μιᾶς ἀντιστάσεως, τὸ μῆκος τοῦ σύρματος l (σὲ μέτρα, m) καὶ τὴ διατομὴ τοῦ σύρματος S (σὲ τετραγωνικὰ χιλιοστά, mm^2), τότε ἡ ἀντισταση R (σὲ Ω) μπορεῖ νὰ ὑπολογισθῇ ἀπὸ τὸ γνωστὸ τύπο τῆς ἡλεκτροτεχνίας:

$$\text{ἀντισταση } R = \frac{\rho l}{S} \quad (6)$$

ὅπου ρ παριστάνει τὴν εἰδικὴν ἀντιστασην τοῦ ὄλικου, δηλαδὴ τὴν ἀντιστασην σύρματος, κατασκευασμένου ἀπὸ αὐτὸν τὸ ὄλικό, μὲ μῆκος 1 μέτρο καὶ διατομὴ 1 mm^2 (π.χ. γιὰ τὸ χαλκὸ $\rho = 0,018$, γιὰ τὴ χρωμονικελίνη $\rho = 1$, κλπ.).



Σχ. 3·2 α.

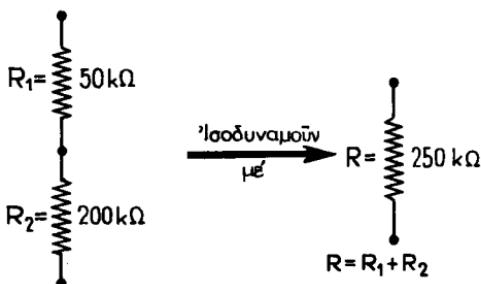
Ρεῦμα ποὺ παράγεται μέσα σὲ μιὰ ἀντισταση 50 kΩ ἀπὸ μιὰ πηγὴ ἐναλλασσομένου φεύγματος μὲ πολικὴ τάση 200 V (ἐνεργὸς τιμὴ). Παρ' ὅλο ὅτι οἱ τύποι (εἰδικότερα οἱ τύποι 3, 4 καὶ 5 γιὰ τὴν ίσχὺ) ἐφαρμόζονται μὲ τὶς ἐνδεικνυμένες τιμές, ἡ χάραξη τοῦ σχήματος δὲν μπορεῖ νὰ γίνῃ παρὰ μὲ τὶς μέγιστες τιμὲς (μέγιστη τάση $1,41 \cdot 200 = 282$ V, μέγιστο φεῦμα $1,41 \cdot 4 = 5,64$ mA). Τὸ σχῆμα δείχνει ὅτι τὸ φεῦμα καὶ ἡ τάση πάνω σὲ μιὰ ωμικὴ ἀντισταση βρίσκονται σὲ φάση.

"Αν θέλωμε π.χ. νὰ κατασκευάσωμε τὴν προγρούμενη ἀντισταση τῶν 50 kΩ ἀπὸ σύρμα χρωμονικελίνης μὲ διατομὴ 0,01 mm^2 , μποροῦμε νὰ βροῦμε τὸ μῆκος σύρματος ποὺ χρειάζεται,

άν γράψωμε τὸν παραπάνω τύπο μὲ τὴ μορφὴ $I = RS/\rho$, ὅπότε τὸ ζητούμενο μῆκος θὰ εἰναι $I = 50\,000 \cdot 0,01/1 = 500$ m. Οἱ ἀντιστάσεις μὲ μεγάλες τιμές, ποὺ χρησιμοποιοῦνται στὴ ραδιοτεχνίᾳ, ἀπαιτοῦν, ὅπως βλέπομε, μεγάλα μῆκη σύρματος. Γι' αὐτό, τουλάχιστον γιὰ ἀντιστάσεις μὲ μικρὴ ίσχύ, οἱ ἀντιστάσεις κατασκευάζονται μὲ ἄλλα διλικά, π.χ. ἀνθρακα, μὲ μεγάλη εἰδικὴ ἀντισταση (βλέπε παρ. 3·4).

"Ας θυμηθοῦμε, τέλος, ὅτι, ἂν συνδέσωμε περισσότερες ἀντιστάσεις R_1, R_2, R_3, \dots σὲ σειρά, ἡ ίσοδύναμη ἀντιστασὴ τους ίσοῦται μὲ τὸ ἄθροισμά τους (σχ. 3·2 β):

$$\text{Ισοδύναμη ἀντισταση } R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots, \text{ (σὲ σειρά).} \quad (7)$$



Σχ. 3·2 β.

Σύνδεση ωμικῶν ἀντιστάσεων σὲ σειρά.

Η ίσοδύναμη ἀντισταση δύο ἀντιστάσεων R_1 καὶ R_2 σὲ παράλληλη σύνδεση εἰναι (σχ. 3·2 γ):

$$\text{Ισοδύναμη ἀντισταση } R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}, \text{ (σὲ παράλληλη σύνδεση).} \quad (8)$$

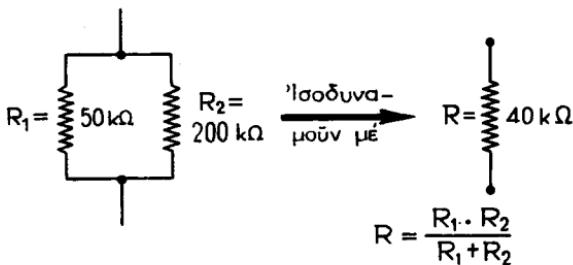
Π. χ. δύο παράλληλες ἀντιστάσεις $50\text{ k}\Omega$ καὶ $200\text{ k}\Omega$ ίσοδυναμοῦν μὲ μιὰ ἀντισταση $R = \frac{50 \cdot 200}{50 + 200} = 40\text{ k}\Omega$ (οἱ δύο ἀντιστάσεις καὶ ἡ ίσοδύναμη τους πρέπει νὰ μετροῦνται δλεις στὶς ἴδιες μονάδες).

Τὸ ἀντιστροφο μιᾶς ἀντιστάσεως τὸ δνομάζομε ἀγωγιμότη-

τα. Τὴν ἀγωγιμότητα τὴν σημειώνομε μὲ τὸ γράμμα G καὶ ἔχομε:

$$G = \frac{1}{R}.$$

Τὴν ἀγωγιμότητα τὴν μετροῦμε σὲ μῶ (ἥ λέξη ὡμ διαβασμένη ἀνάποδα). "Οσο μεγαλύτερη ἀγωγιμότητα ἔχει ἐνας ἀγωγός, τόσο εὐκολώτερα διαρρέεται ἀπὸ τὸ ρεῦμα (τόσο περισσότερα ἀμπέρ θὰ ἔχωμε ἀπὸ μιὰ δρισμένη τάση). "Οταν συνδέωμε παράλληλα περισσότερους ἀγωγούς, οἱ ἀγωγιμότητές τους προστίθενται.



Σχ. 3·2 γ.

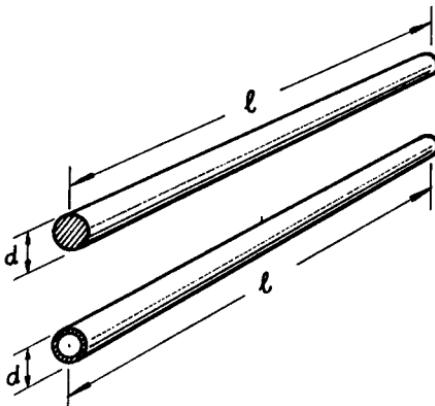
Παράλληλη σύνδεση ωμικῶν ἀντιστάσεων.

3·3 Αὕτηση τῆς ωμικῆς ἀντιστάσεως μὲ τὴν συχνότητα (έπι-δερμικὸ φαινόμενο).

"Ἄς κάνωμε τώρα τὸ ἔξῆς πείραμα: Παίρνομε ἀπὸ τὴ μιὰ μεριὰ ἔνα σύρμα καὶ ἀπὸ τὴν ἄλλη ἔναν κούφιο σωλήνα ἀπὸ τὸ ἔδιο ὑλικό, μὲ τὴν ἔδια ἔξωτερικὴ διάμετρο καὶ μὲ τὸ ἔδιο μῆκος (σχ. 3·3 α). "Αν μετρήσωμε τὶς ωμικὲς ἀντιστάσεις τοῦ σύρματος καὶ τοῦ σωλήνα στὸ συνεχὲς ρεῦμα ἢ στὸ βιομηχανικὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα τῶν 50 C/s ἢ ἀκόμα σὲ μιὰ χαμηλὴ συχνότητα, θὰ βροῦμε, βέβαια, ὅτι ὁ σωλήνας ἔχει ἀντίσταση μεγαλύτερη ἀπὸ τὸ σύρμα. Αὐτὸ ἔξηγεῖται εὐκολα, ἂν σκεψθοῦμε ὅτι ἡ ἀντίσταση εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογη πρὸς τὴ διατομὴ τοῦ ἀγωγοῦ (τύπος 6 παρ. 3·2). Ἀφοῦ, λοιπόν, ὁ σωλήνας ἔχῃ μικρότερη διατομή, παρουσιάζει μεγαλύτερη ἀντίσταση.

"Εστω διμος δτι μετροῦμε τὶς ὡμικὲς ἀντιστάσεις σὲ μιὰ ὑψηλὴ συχνότητα (π.χ. 1 Mc/s ή περισσότερο). Θὰ διαπιστώσωμε, μὲ κάποια ἵσως ἐκπληγή, δτι ἡ ἀντισταση τοῦ σωλήνα γίνεται σχεδὸν ἵση μὲ τὴν ἀντισταση τοῦ σύρματος. Πῶς εἰναι δυνατόν;

"Οπως καὶ ἂν ἔχῃ τὸ πρᾶγμα, ή ἀντισταση ἐνδὲς ἀγωγοῦ δὲν μπορεῖ νὰ ἐξαρτᾶται τελικὰ παρὰ ἀπὸ τὸ ὄλικό του, τὸ μῆκος του καὶ τὴ διατομή του. Τὸ ὄλικὸ καὶ τὸ μῆκος δὲν ἀλλαξάν, εἰναι φανερὸ πῶς ἔμειναν τὰ ἴδια. Ἀλλὰ ἡ διατομή;



Σχ. 3.3 α.

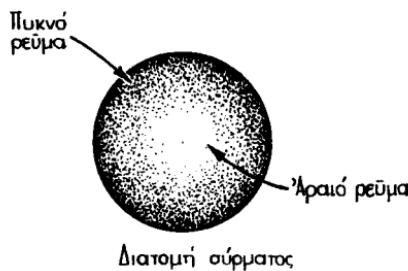
"Ἐνα σύρμα καὶ ἔνας κούφιος σωλήνας ἀπὸ τὸ ἴδιο ὄλικό, μὲ τὴν ἴδια ἐξωτερικὴ διάμετρο καὶ μὲ τὸ ἴδιο μῆκος, ἔχουν πρακτικὰ τὴν ἴδια ὡμικὴ ἀντισταση στὴν ὑψηλὴ συχνότητα.

Στὸ σημεῖο αὐτὸ πρέπει νὰ σκεφθοῦμε δτι, αὐξάνοντας τὴ διατομὴ ἐνδὲς ἀγωγοῦ, κάνομε τὴν ἀντιστασὴ του νὰ μικραίνη μόνο δταν τὸ ρεῦμα μπορῇ νὰ χρησιμοποίηση γιὰ τὴ διάθεσή του ὀλόκληρη τὴν αὐξημένη διατομή. "Αν τὸ ρεῦμα, γιὰ ἔνα δποιοδήποτε λόγο, δὲν μπορῇ νὰ κυκλοφορήσῃ μέσα ἀπὸ ἔνα μέρος τῆς διατομῆς, τότε τὸ μέρος αὐτὸ δὲν ἐργάζεται, εἰναι ἀχρηστο καὶ μποροῦμε νὰ τὸ ἀφαιρέσωμε χωρὶς ἡ ἀντισταση τοῦ ἀγωγοῦ νὰ ἀλλάξῃ.

Αὐτὸ πραγματικὰ συμβαίνει στὴν ὑψηλὴ συχνότητα. Ἐξ αἰ-

τίας ένδει μηχανισμού, ποὺ διέφελεται σὲ φαινόμενα ἐπαγωγῆς, τὰ δοποὶα γίνονται διαρκῶς καὶ πιὸ ἔντονα δσο ἡ συχνότητα μεγαλώνει, τὸ ρεῦμα ἐμποδίζεται: νὰ κυκλοφορήσῃ ἀπὸ τὴν κεντρικὴ μάζα τοῦ σύρματος. Τὸ ρεῦμα διώχνεται πρὸς τὴν ἔξωτερικὴ ἐπιφάνεια τοῦ ἀγωγοῦ καὶ δὲν χρησιμοποιεῖ γιὰ τὴ διάβασή του παρὰ ἔνα σχετικὰ λεπτὸ στρῶμα τῆς «ἐπιδερμίδας» τοῦ ἀγωγοῦ. Γι' αὐτὸ καὶ τὸ φαινόμενο αὐτὸ διοικάζεται ἐπιδερμικὸ φαινόμενο.

Τὸ συμπέρασμα εἶναι ὅτι ἡ ωμικὴ ἀντίσταση ἔνδει δρισμένου ἀγωγοῦ αὔξανει, καὶ μάλιστα σημαντικά, ὅταν περνοῦμε ἀπὸ μιὰ χαμηλὴ σὲ μιὰ ὑψηλὴ συχνότητα. Ἡ αὔξηση τῆς ἀντίστασεως διέφελεται: στὸ ἐπιδερμικὸ φαινόμενο, σύμφωνα μὲ τὸ δοποὶο τὸ ρεῦμα ὑψηλῆς συχνότητας ἐντοπίζεται στὸν ἔξωτερικὸ φλοιὸ τοῦ ἀγωγοῦ (σχ. 3.3 β). Γιὰ νὰ ἀναγκάσωμε τὸ ρεῦμα νὰ περάσῃ μέσα ἀπὸ ὅλη σχεδὸν τὴ διατομὴ καὶ νὰ χρησιμοποιήσωμε ἔτσι: ὅλη περίπου τὴ μάζα τοῦ ἀγωγοῦ, δὲν ὑπάρχουν παρὰ δύο τρόποι: Ὁ ἕνας εἶναι: νὰ δώσωμε στὸν ἀγωγὸ τὴ μορφὴ κούφιου σωλήνα, ὅπως εἰδαμε παραπάνω. Τότε δμως ὁ ἀγωγὸς γίνεται μᾶλλον δικώδης (τέτοιοι σωληνωτοὶ ἀγωγοὶ χρησιμοποιοῦνται κυρίως στὰ



Σχ. 3.3 β.
Τὸ ἐπιδερμικὸ φαινόμενο.

πηγία τῶν πομπῶν). Ὁ ἄλλος εἶναι νὰ χωρίσωμε τὸν ἀγωγὸ σὲ πολλοὺς λεπτοὺς κλώνους, μονωμένους μεταξύ τους καὶ στυμένους, ὥστε νὰ ἀποτελέσουν μιὰ πλεξίδα. Ἡ διατομὴ τοῦ κάθε

κλώνου είναι άρκετά μικρή, ώστε νὰ χρησιμοποιῆται πρακτικὰ δλόκληρη γιὰ τὴ διάβαση τοῦ ρεύματος. Σχηματίζονται ἔτσι τὰ εἰδικὰ σύρματα υψηλῆς συχνότητας, ποὺ είναι γνωστὰ μὲ τὸ δονομα σύρματα λίτις καὶ ποὺ παρουσιάζουν τὴν ἕδια σχεδὸν ώμικὴ ἀντίσταση στὴ χαμηλὴ καὶ στὴν υψηλὴ συχνότητα (τὰ χρησιμοποιοῦμε π.χ. γιὰ νὰ κατασκευάσωμε τὰ πηγία καλῶν ραδιοφώνων).

Τὸ ἐπιδερμικὸ φαινόμενο φέρνει πάντως μιὰ σύγχυση στὴν ἔννοια τῆς ώμικῆς ἀντίστασεως ποὺ εἴχαμε μάθει ἀπὸ τὴν Ἡλεκτροτεχνία. Βλέπομε ἐδῶ ὅτι ἡ ἀντίσταση μπορεῖ νὰ αὐξάνεται μὲ τὴ συχνότητα, ἐνῶ συγχρόνως τὸ μέρος τῆς διατομῆς τοῦ ἀγωγοῦ, ποὺ πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμε στὸν τύπο υπολογισμοῦ τῆς ἀντίστασεως (τύπος 6 παρ. 3·2), δὲν είναι καλὰ καθορισμένο (βλέπε καὶ σχῆμα 3·3 β). Ἐκεῖνο ὅμως ποὺ μένει βέβαιο καὶ καθαρὸ είναι τὸ γεγονός ὅτι μιὰ ώμικὴ ἀντίσταση R ποὺ διαρρέεται ἀπὸ ἕνα ρεῦμα I καταναλώνει (σὲ θερμότητα) μιὰ ἴσχυ $P = RI^2$. Φαίνεται, λοιπόν, λογικότερο νὰ σταματήσωμε νὰ καθορίζωμε μιὰ ἀντίσταση ἀπὸ τὶς γεωμετρικές της διαστάσεις καὶ νὰ χρησιμοποιήσωμε γιὰ τὸ σκοπὸ αὐτὸ τὴν ἴσχυ, ἢ καλύτερα τὴν ἀπώλεια ἴσχύος, δηλαδὴ τὴν ἴσχυ ποὺ καταναλώνεται στὴν ἀντίσταση μὲ μορφὴ θερμότητας. Καὶ ἐπειδὴ ἡ ἀπώλεια ἴσχύος είναι $P = RI^2$, λέμε ὅτι :

$$\text{ἀντίσταση } R = \frac{\text{ἀπώλεια } \text{ἴσχυος}}{\text{ρεῦμα } \text{στὸ } \text{τετράγωνο}} = \frac{P}{I^2}. \quad (1)$$

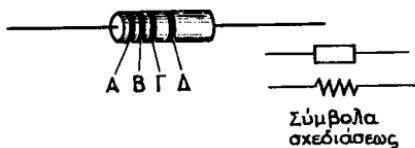
Π.χ. ἡ ἀντίσταση τοῦ προηγούμενου παραδείγματος, μὲ ἀπώλειες 0,8 W, ὅταν διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα 4 mA, ἔχει τιμὴ :

$$R = \frac{0,8}{(0,004)^2} = \frac{0,8}{0,000\,016} = \frac{800\,000}{16} = 50\,000, \text{ δηλ. } 50\,k\Omega.$$

Θὰ δοῦμε ὅτι αὐτὸς δ καθορισμὸς τῆς ἀντίστασεως παίρνει παραπέρα ἀκόμα πιὸ γενικὴ σημασία. Στὴ ραδιοτεχνία χρησιμοποιοῦμε πολὺ τὸν καινούργιο αὐτὸ καθορισμὸ τῆς ώμικῆς ἀντίστασεως.

3.4 Οι ωμικές άντιστάσεις στή φαδιοτεχνική πρακτική.

Οι ωμικές άντιστάσεις, που συναντούμε συχνότερα στις φαδιοτεχνικές κατασκευές, χρησιμοποιούν σαν άγωγιμο όλικό διάφορες ουσίες μὲ βάση τὸν άνθρακα. Οι νεώτερες άντιστάσεις άνθρακος έχουν τὴν ἔξωτερην ὅψην που φαίνεται στὸ σχῆμα 3.4 α. Τὸ σῶμα τῆς άντιστάσεως εἶναι βαμμένο μὲ μονωτικὸ προστατευτικὸ χρῶμα. Ἡ τιμὴ τῆς άντιστάσεως σὲ ὅμι σημειώνεται συνθηματικὰ μὲ δακτυλίους διαφόρων χρωμάτων, σύμφωνα μὲ τὸν κώδικα γιὰ τὸν δποὶο θὰ μιλήσωμε παρακάτω. Ἡ βιομηχ-



Σχ. 3.4 α.

Ωμική άντισταση άνθρακος (σὲ φυσικὸ μέγεθος).

νία δὲν θὰ γίταν δυνατὸ νὰ κατασκευάζῃ ὅλες τὶς τιμὲς άντιστάσεων που θὰ μποροῦσε κανεὶς νὰ φαντασθῇ. Γι' αὐτὸ οἱ τιμὲς άντιστάσεων που βρέσκονται στὸ ἐμπόριο εἶναι τυποποιημένες. Οἱ συνηθισμένες τυποποιημένες τιμὲς ἀκολουθοῦν τοὺς ἐπόμενους ἀριθμοὺς καὶ τὰ δεκαδικὰ πολλαπλάσιά τους: 10 — 12 — 15 — 18 — 22 — 27 — 33 — 39 — 47 — 56 — 68 — 82 — 100 (μὲ μέγιστη τιμὴ 22 MΩ συνήθως). Π.χ. ἂν θέλωμε μιὰ άντισταση 50 kΩ, εἴμαστε ὑποχρεωμένοι νὰ χρησιμοποιήσωμε τὴν γειτονικότερη τυποποιημένη τιμὴ 47 kΩ (ἐκτὸς ἂν καταφύγωμε σὲ εἰδικότερες τυποποιημένες σειρὲς άντιστάσεων, ποὺ εἶναι ὅμως ἀκριβότερες). Μιὰν ἐνδιάμεση (μὴ τυποποιημένη) τιμὴ άντιστάσεως μποροῦμε, βέβαια, νὰ τὴν ἐπιτύχωμε, ἂν συνδέσωμε περισσότερες κατάλληλες τυποποιημένες άντιστάσεις σὲ σειρὰ η σὲ παράλληλη σύνδεση.

Ἡ τιμὴ σὲ ὅμι, ποὺ ἔχει σημειωθῆ πάνω σὲ κάθε άντι-

σταση άνθρακος, δὲν εἶναι παρὰ δνομαστική, δὲν εἶναι δηλαδὴ ποτὲ ἀπόλυτα ἀκριβής. Ἡ πραγματική τιμὴ τῆς άντιστάσεως κυμαίνεται μέσα σὲ δρισμένα δρια γύρω ἀπὸ τὴν δνομαστικὴ τιμὴν, ὑπάρχει δηλαδὴ μιὰ δρισμένη ἀνοχή. Ἡ ἀνοχὴ ποικίλλει ἀπὸ 20 %, ἔως 1 %, ή καὶ 0,5 %. Ὅσο μικρότερη εἶναι ἡ ἀνοχή, τόσο ἀκριβότερη εἶναι ἡ ἀντίσταση καὶ τόσο μεγαλύτερη ποικιλία ἀπὸ τυποποιημένες τιμὲς σὲ ὅμιλο μποροῦμε νὰ βροῦμε στὸ ἐμπόριο.

Ἡ ἴσχὺς ποὺ μπορεῖ νὰ ὑποφέρῃ μιὰ ἀντίσταση άνθρακος χωρὶς νὰ καῆ εἶναι τόσο ὑψηλότερη, δσο τὸ μέγεθος (ὁ ὅγκος) τῆς άντιστάσεως εἶναι μεγαλύτερος. Οἱ συνήθισμένες ἴσχεις στὴν ραδιοτεχνία εἶναι 1/2, 1 καὶ 2 βάττ. Ἡ ἴσχὺς δὲν ἀναγράφεται συνήθως πάνω στὴν ἀντίσταση καὶ πρέπει νὰ ἀποκτήσῃ κανεὶς τὴν συνήθεια νὰ τὴν ἀναγνωρίζῃ ἀπὸ τὸ μέγεθος τῆς άντιστάσεως.

Γιὰ νὰ διαβάσωμε τὴν τιμὴ σὲ ὅμιλο χρησιμοποιοῦμε, δπως εἴπαμε, ἔνα κώδικα χρωμάτων (κώδικας RMA). Οἱ χρωματιστοὶ δεῖκτες τῆς άντιστάσεως διαβάζονται σύμφωνα μὲ τὴν σειρὰ ΑΒΓΔ (σχ. 3·4 α). Τὸ χρῶμα Α δεῖχνει τὸ πρῶτο ψηφίο τῆς τιμῆς σὲ ὅμιλο. Τὸ χρῶμα Β δεῖχνει τὸ δεύτερο ψηφίο. Τὸ χρῶμα Γ δεῖχνει πέρσα μηδενικὰ πρέπει νὰ προσθέσωμε κατόπιν γιὰ νὰ ἔχωμε τὴν



Σχ. 3·4 β. Ἀντίσταση σύρματος.

τιμὴ σὲ ὅμιλο. Καὶ τὸ χρῶμα Δ δεῖχνει τὴν ἀνοχήν. Οἱ Πίνακας 5 μᾶς δίδει τὴν ἀντίστοιχα τῶν χρωμάτων. Π. χ. μιὰ ἀντίσταση 47 kΩ μὲ ἀνοχὴ 10 % θὰ σημειωθῇ μὲ τὰ χρώματα: κίτρινο, μώβ, πορτοκαλὶ καὶ ἀσημένιο.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὶς ἀντίστάσεις άνθρακος, συναντοῦμε στὶς ραδιοτεχνικὲς κατασκευὲς καὶ ἀντιστάσεις σύρματος, κυρίως δταν ἡ ἀντίσταση πρέπει νὰ ὑποφέρῃ ἴσχὺ μερικῶν βάττη ἢ περισσότε-

ρο. Τὸ σύρμα (ἀπὸ μαγκανίνη, κονσταντάν κλπ.) τυλίγεται πάνω σὲ ἔνα μονωτικὸ σωλήνα ἀπὸ γυαλὶ ἢ κεραμικὸ ὄλικὸ (σχ. 3·4 β). ("Ἄς ὑπενθυμίσωμε ὡστόσο ὅτι ἔνα τυλιγμένο σύρμα παρουσιάζει, ἐκτὸς ἀπὸ τὴν ὡμική του ἀντίσταση, καὶ μιὰ αὐτεπαγωγή, πρᾶγμα ποὺ μπορεῖ νὰ εἰναι μειονέκτημα σὲ δρισμένες περιπτώσεις"). "Ἐνας κινητὸς μεταλλικὸς δακτύλιος προστίθεται σὲ μερικὰ μοντέλα γιὰ νὰ μπορῇ ἡ ἀντίσταση νὰ ρυθμισθῇ σὲ μιὰ καθορισμένη ἐνδιάμεση τιμή.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

Κώδικας χρωμάτων (RMA), (βλέπε καὶ σχ. 3·4 α).

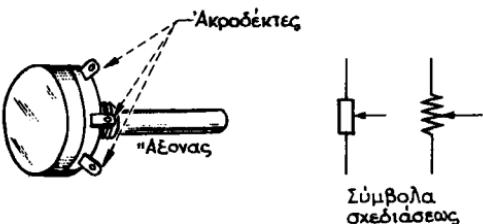
Χρῶμα	A	B	Γ	Δ (%)	E (βότ)
Μαύρο	0	0	—	—	—
Καφὲ	1	1	0	+ 1 (*)	100
Κόκκινο	2	2	00	+ 2 (*)	200
Πορτοκαλὶ	3	3	000	+ 3 (*)	300
Κίτρινο	4	4	0 000	+ 4 (*)	400
Πράσινο	5	5	00 000	+ 5 (*)	500
Μπλέ	6	6	000 000	+ 6 (*)	600
Μώβ	7	7	0 000 000	+ 7 (*)	700
Γκρὶ	8	8	00 000 000	+ 8 (*)	800
Άσπρο	9	9	000 000 000	+ 9 (*)	900
Χρυσό	—	—	—	+ 5	1000
Άσημένιο	—	—	—	+ 10	2000
Χωρὶς χρῶμα	—	—	—	+ 20	500

(*) Οἱ ἀριθμοὶ ποὺ συνοδεύονται ἀπὸ ἔναν ἀστερίσκο, καθὼς καὶ δλόκληρη ἡ στήλη E, χρησιμοποιοῦνται μόνο γιὰ τοὺς πυκνωτές (βλέπε παρ. 5·6).

*Αφήνοντας, τέλος, κατὰ μέρος τὶς διάφορες ἄλλες εἰδικὲς ἀν-

τιστάσεις, θὰ ποῦμε λίγα λόγια γιὰ τὰ ποτανσιόμετρα (ἢ καταμεριστὲς ἢ διαιρέτες τάσεως). Τὰ μεταχειριζόμαστε ὅταν θέλωμε νὰ χρησιμοποιήσωμε ἐνα μέρος μόνο ἀπὸ μιὰ τάση καὶ μάλιστα ἐνα μέρος ποὺ νὰ μποροῦμε νὰ τὸ μεταβάλωμε (ὅταν π.χ. ρυθμίζωμε τὴν ἔνταση τοῦ ἥχου ἐνὸς φαδιοφώνου δὲν κάνομε τίποτα ἄλλο παρὰ νὰ στρέψωμε τὸν ἀξονα ἐνὸς ποτανσιόμετρου).

Τὰ ποτανσιόμετρα τῆς φαδιοτεχνίας εἰναι κατασκευασμένα ἀπὸ μιὰ μονωτικὴ κυκλικὴ πλάκα, ποὺ πάνω της στηρίζεται τὸ ἀγώγυμα ὑλικό. Στὰ ποτανσιόμετρα ἀνθρακος, τὸ ἀγώγυμα ὑλικὸ εἰναι μιὰ ἐπικαλύψη ἀπὸ μιὰ οὐσία μὲ βάση τὸν ἀνθρακο. Στὰ ποτανσιόμετρα σύρματος, τὸ σύρμα τυλίγεται γύρω στὴ μονωτικὴ πλάκα. Ἡ πλάκα τοποθετεῖται κατόπιν μέσα σὲ ἐνα κυλινδρικὸ περίβλημα, ἀπὸ τὸ δποῖο βγαίνουν τρεῖς ἀκροδέκτες (σχ. 3·4 γ).

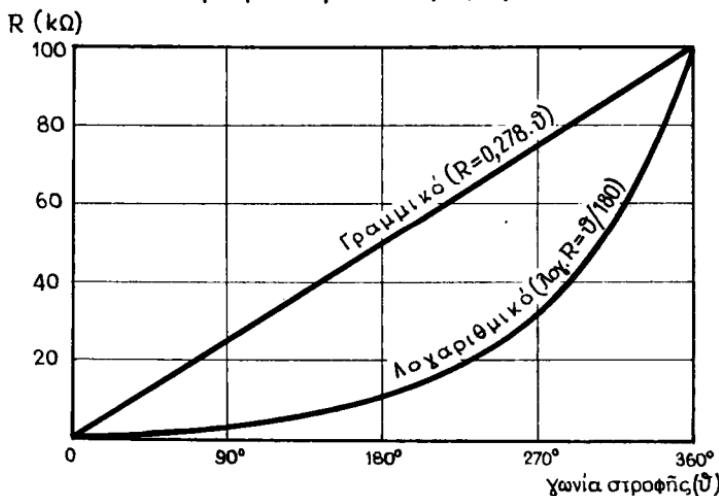


Σχ. 3·4 γ. Ποτανσιόμετρο.

Ανάμεσα στοὺς δύο ἀκρινὸὺς ἀκροδέκτες βρίσκομε τὸ σύνολο τῆς ἀντίστασεως. Ό μεσαῖς ἀκροδέκτης ἔχει συνδεθῆ ἐσωτερικὰ μὲ μιὰ κινητὴ ἐπαφή, ποὺ ἀκουμπᾶ πάνω στὸ ἀγώγυμα ὑλικὸ καὶ μετακινεῖται ὅταν στρέψωμε τὸν ἀξονα τοῦ ποτανσιόμετρου. Ἡ αρα, ἡ ἀντίσταση ἀνάμεσα στὸ μεσαῖο ἀκροδέκτη καὶ σὲ ἐνα ἀπὸ τοὺς ἀκρινὸὺς είναι μεταβλητὴ. Τὸ ἵδιο καὶ ἡ τάση, ἀν σὶ δύο ἀκρινοὶ ἀκροδέκτες συνδεθοῦν πρὸς τὴν τάση ποὺ θέλομε νὰ καταμερίσωμε.

Ἄν τὸ μεταβλητὸ μέρος τῆς ἀντίστασεως τοῦ ποτανσιόμετρου μεταβάλλεται ἀπὸ εὐθείας ἀνάλογα μὲ τὴ γωνία στροφῆς τοῦ ἀξονά του, τὸ ποτανσιόμετρο λέγεται γραμμικό (σχ. 3·4 δ).

"Αν για άντισταση μεταβάλλεται στην άρχη άργα και κατόπιν γρηγορώτερα, σύμφωνα με την καμπύλη γραμμή του σχήματος 3·4 δ, τότε ποτανιόμετρο λέγεται λογαριθμικό. Γενικά, ένα πο-



Σχ. 3·4 δ.

Πώς μεταβάλλεται τότε μεταβλητό μέρος της άντιστάσεως ένός ποτανιόμετρου των $100\text{ k}\Omega$ (για παράδειγμα), όταν στρέφωμε τὸν δίξονά του στὶς δύο περιπτώσεις γραμμικοῦ καὶ λογαριθμικοῦ ποτανιόμετρου.

τανιόμετρο συνδεσμολογεῖται μὲ τέτοιο τρόπῳ, ὥστε τὸ μεταβλητὸ μέρος τῆς άντιστάσεως νὰ αὐξάνεται, ὅταν στρέφωμε τὸν δίξονά του ἀπὸ τὰ ἀριστερὰ πρὸς τὰ δεξιά.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 4

Π Η Ν Ι Α

4.1 Ἡ αὐτεπαγωγή.

Τις πενθυμίζομες δτι μαγνητικὸ πεδίο εἶναι κάθε χῶρος μέσα στὸν δποῖο μποροῦν νὰ ἐκδηλωθοῦν μαγνητικὲς δυνάμεις (π. χ. ὁ χῶρος γύρω ἀπὸ ἔνα μαγνήτη). Οἱ μαγνητικὲς δυνάμεις ἀναπτύσσονται πάνω σὲ δποιοδήποτε ἄλλο μαγνήτη, ποὺ θὰ τοποθετηθῇ μέσα στὸ χῶρο τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. Οἱ γραμμὲς ποὺ δείχνουν τὴν κατεύθυνση τῶν μαγνητικῶν δυνάμεων δνομάζονται μαγνητικὲς γραμμὲς καὶ τὶς χρησιμοποιοῦμε γιὰ νὰ παριστάνωμε τὸ μαγνητικὸ πεδίο. Ἐκτὸς ἀπὸ τοὺς μαγνῆτες, κάθε ρευματοφόρος ἀγωγὸς περιβάλλεται ἐπίσης ἀπὸ ἔνα μαγνητικὸ πεδίο.

Γνωρίζομε ἀπὸ τὴν ἡλεκτροτεχνία τὸ βασικὸ φαινόμενο τῆς ἐπαγωγῆς. Μία ἀπὸ τὶς μορφές του εἶναι ή ἔξῆς: "Οταν ἔνας δποιοσδήποτε ἀγωγὸς καὶ εἰδικότερα ἔνα πηνίο (ἀγωγὸς τυλιγμένος σὲ πολλὲς σπεῖρες) βρίσκεται μέσα σὲ ἔνα μεταβαλλόμενο μαγνητικὸ πεδίο, τότε ἀναπτύσσεται στὸ πηνίο μιὰ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη (τάση) ἀναπτύσσεται κατὰ τὴ διάρκεια τῶν μεταβολῶν καὶ μόνο τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου. "Αν τὸ μεταβαλλόμενο μαγνητικὸ πεδίο προέρχεται ἀπὸ τὸ ρεῦμα αὐτοῦ τοῦ ἰδιου τοῦ πηνίου, πάνω στὸ δποῖο ἐκδηλώνεται καὶ η ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη ἀπὸ ἐπαγωγῆ, τότε λέμε δτι ἔχομε αὐτεπαγωγή. Ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη ἀπὸ αὐτεπαγωγὴ εἶναι τέτοια, ὥστε νὰ ἀντιτάσσεται στὶς μεταβολὲς τοῦ ρεύματος ποὺ τὴν παράγει (νόμος τοῦ Lentz). Ἐπειδὴ αὐτὸ μοιάζει μὲ τὴν ἀδράνεια (δηλαδὴ τὴν ἰδιότητα τῶν σωμάτων νὰ ἀντιστέκωνται σὲ κάθε μεταβολὴ τῆς κινητικῆς

τους καταστάσεως), γι' αύτὸν λέμε δτὶς ἡ αὐτεπαγωγὴ (καθὼς καὶ γενικὰ ἡ ἐπαγωγὴ). μοιάζει μὲ φαινόμενο ἀδρανείας.

Ἡ αὐτεπαγωγὴ ἔνδος ἀγωγοῦ ἢ ἔνδος πηγίου καθορίζεται: ἀπὸ τὸν συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς του. Ὁ συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς, ἢ ἀπλῶς ἡ αὐτεπαγωγή, σημειώνεται μὲ τὸ λαχτιγικὸν γράμμα L καὶ μετρεῖται σὲ ἀνρὸν (henry, σύμβολο H). Ἔνα πηγίο ἔχει αὐτεπαγωγὴ τόσα ἀνρύ, δσα εἰναι τὰ βόλτ ποὺ ἀναπτύσσονται ἀπὸ αὐτεπαγωγῆς, ὅταν τὸ ρεῦμα του μεταβάλλεται κατὰ ἕνα χιμπὲρ ἀνὰ δευτερόλεπτο. Ἔνα πηγίο τυλιγμένο πάνω σὲ πυρήνα ἀπὸ μαγνητικὸν ὑλικὸν ἔχει σχετικὰ μεγάλη αὐτεπαγωγή, ἐνῶ ἔνα πηγίο τυλιγμένο στὸν ἀέρα (πηγίο ἀέρος) ἔχει μικρὴ αὐτεπαγωγή. Τὰ διάφορα μαγνητικὰ ὑλικὰ χαρακτηρίζονται ἀπὸ ἔνα συντελεστὴν ποὺ τὸν λέμε σχετικὴ μαγνητικὴ διαπερατότητα καὶ τὸν σημειώνομε μὲ τὸ γράμμα μ. Τὰ μαγνητικὰ ὑλικὰ εἰναι συνήθως κράματα ἀπὸ σίδηρο, νικέλιο καὶ κοβάλτιο καὶ ἔχουν μαγνητικὴ διαπερατότητα μέχρι 3 000 ἢ καὶ περισσότερο. Ἡ μαγνητικὴ διαπερατότητα ἐνὸς δρισμένου ὑλικοῦ ἔξαρτᾶται ώς ἔνα βαθμὸν ἀπὸ τὸ ρεῦμα ποὺ διαρρέει τὸ πηγίο, ἐνῶ ἡ μαγνητικὴ διαπερατότητα τοῦ ἀέρα εἰναι σταθερὴ καὶ ἵση μὲ 1.

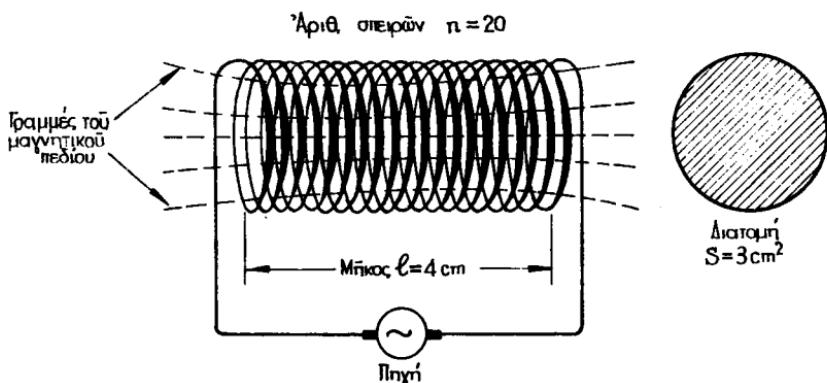
Ἡ αὐτεπαγωγὴ ἔνδος πηγίου εἰναι ἀνάλογη πρὸς τὴν μαγνητικὴ διαπερατότητα τοῦ πυρήνα του, ἀνάλογη πρὸς τὸ τετράγωνο τοῦ ἀριθμοῦ τῶν σπειρῶν του (n^2), ἀνάλογη πρὸς τὴν διατομὴ τοῦ πηγίου (S σὲ cm^2) καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογη πρὸς τὸ μῆκος τοῦ πηγίου (l σὲ cm). Δηλαδή:

$$\text{συντελεστὴς αὐτεπαγωγῆς } L = 0,0126 \cdot \frac{\mu n^2 S}{l}, \text{ (σὲ } \mu\text{H}), \quad (1)$$

(στὴν περίπτωση ποὺ τὸ πηγίο ἔχει πολλὲς στρώσεις, ήτα πάρομε, στὴ θέση τοῦ S , τὴν μέση διατομὴ του).

Π.χ. ἔνα πηγίο ἀέρος ($\mu = 1$) μὲ $n = 20$ σπεῖρες, μὲ διατομὴ $S = 3 \text{ cm}^2$ καὶ μῆκος $l = 4 \text{ cm}$ (σχ. 4·1 α) θὰ ἔχῃ αὐτεπαγωγὴ $L = 0,0126 \cdot (20)^2 \cdot (3/4) = 3,78 \text{ } \mu\text{H}$ (μικροανρύ).

"Αν τὸ ἔδιο πηνίο τυλιγόταν πάνω σὲ ἕνα μαγνητικὸ πυρήνα, θὰ εἶχε αύτεπαγωγὴ ἀρκετὲς χιλιάδες μΗ (δηλαδὴ ἀρκετὰ μιλλιανρύ, mH). Πρέπει δημοσίες στις διαφορές τοῦ παραπάνω τύπου δὲν δίνει στὴν πράξη παρὰ μιὰ προσέγγιση, πὼν συχνὰ εἶναι πολὺ χονδρικὴ (ἀκριβέστεροι τύποι ὑπάρχουν, ἀλλὰ εἶναι πολύπλοκοι καὶ δὲν θὰ τοὺς ἀναφέρωμε ἐδῶ).



Σχ. 4·1 α. Παράδειγμα πηνίου.

"Οταν ἔνα πηνίο διαρρέεται ἀπὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, τότε γίνεται σημείος τοῦ ρεύματος μεταβάλλεται διαρκῶς καὶ στὸ πηνίο θὰ ἀναπτύσσεται διαρκῶς μιὰ γήλεκτρεγερτικὴ δύναμη ἀπὸ αύτεπαγωγῆ. Καθώς γίνεται διαρκῶς στὶς μεταβολὲς τοῦ ρεύματος, τὸ ἀποτέλεσμα τῆς αύτεπαγωγῆς θὰ εἶναι νὰ ἐμποδίζῃ τὴν κυκλοφορία τοῦ ρεύματος, νὰ προσβάλῃ δηλαδὴ στὴ διάβαση τοῦ ρεύματος μιὰ δρισμένη ἀντίσταση. Αὐτὴ τὴν ἀντίσταση τὴν λέμε ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση.

"Ας κάνωμε τὸ ἔξης πείραμα: "Ας συνδέσωμε τὸ πηνίο τοῦ σχήματος 4·1 α στὸν πόλον μιᾶς πηγῆς ἐναλλασσομένου ρεύματος μὲ τάση 1 βόλτη καὶ μὲ συχνότητα 10 Mc/s. Θὰ δοῦμε στις τὰ ρεῦμα πὼν περνᾶ μέσα ἀπὸ τὸ πηνίο εἶναι 4 mA περίπου. "Ας ὑποθέσωμε τώρα στις τὰ σύρμα μὲ τὸ δόποιο εἶναι κατα-

σκευασμένο τὸ πηνίο ἔχει ώμική ἀντίσταση 0,02 Ωμ καὶ ἡς συνδέσωμε τὸ πηνίο στοὺς πόλους μιᾶς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος μὲ τάση πάλι 1 V. Τὸ συνεχὲς ρεῦμα δὲν ἐμποδίζεται ἀπὸ τὴν αὐτεπαγωγὴν τοῦ πηνίου, γιατὶ τὸ συνεχὲς ρεῦμα δὲν μεταβάλλεται μὲ τὸ χρόνο. Τὸ ρεῦμα θὰ βρεθῇ λοιπὸν τώρα σύμφωνα μὲ τὸ νόμο τοῦ "Ωμ στὸ συνεχὲς ρεῦμα (παρ. 3·2), δηλαδὴ θὰ εἰναι $I = U/R = 1/0,02 = 50$ A. Τὸ ρεῦμα ἔγινε πάνω ἀπὸ 10 000 φορὲς μεγαλύτερο (τὸ σύρμα ἐνὸς συνηθισμένου πηνίου δὲν θὰ ἀντέξῃ καθόλου σὲ τέτοιο ρεῦμα).

Πρέπει, λοιπόν, νὰ καταλάβωμε καλὰ δτι ἡ ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση φανερώνεται μόνο στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, ἐνῶ στὸ συνεχὲς ρεῦμα δὲν μένει παρὰ ἡ γνωστή μας ώμική ἀντίσταση. Ἡ ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση εἰναι ἕνα καινούργιο εἶδος ἀντιστάσεως. Τὸ βασικὸ χαρακτηριστικό της εἰναι δτι αὐξάνει σὲ εὐθεία ἀναλογία μὲ τὴ συχνότητα (εἰναι ἀλήθεια δτι καὶ ἡ ώμικὴ ἀντίσταση αὐξάνει μὲ τὴ συχνότητα ἐξ αἰτίας τοῦ ἐπιδερμικοῦ φαινομένου, ἀλλὰ ἡ αὔξηση αὐτὴ εἰναι περιορισμένη καὶ δὲν φθάνει τὴν εὐθεία ἀναλογία). Ἡ ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση εἰναι ἐπίσης κατ' εὐθείαν ἀνάλογη πρὸς τὸν συντελεστὴν αὐτεπαγωγῆς τοῦ πηνίου. "Αν λοιπὸν ἔνα πηνίο μὲ αὐτεπαγωγὴ L χρησιμοποιηθῇ σὲ μιὰ συχνότητα f, ἡ ἐπαγωγικὴ τοῦ ἀντίσταση θὰ εἰναι ἀνάλογη πρὸς f · L. Στὴν πραγματικότητα ὑπάρχει καὶ ἔνας ἀριθμητικὸς συντελεστὴς $2\pi = 6,28$ (π εἰναι δ γνωστὸς ἀριθμὸς 3,14 ...) σὲ τρόπο, ὥστε νὰ ἔχωμε :

$$\text{ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση } X = 6,28 \cdot f \cdot L = \omega L, \quad (2)$$

ὅπου μὲ $\omega = 2\pi \cdot f = 6,28 \cdot f$ σημειώνομε τὴν κυκλικὴ συχνότητα τοῦ ρεύματος ποὺ διαρρέει τὸ πηνίο. Τὴν ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση τὴν γράφομε μὲ τὸ γράμμα X, γιὰ νὰ τὴν διακρίνωμε ἀπὸ τὴν ώμικὴ ἀντίσταση R. Ἐπειδή, ἐπὶ πλέον, ἡ ἐπαγωγικὴ ἀντί-

σταση είναι πάντως και αύτή μια ἀντίσταση, τὴν μετροῦμε και αὐτήν σὲ ὅμιλον (Ω).

Π.χ. τὸ προηγούμενο πηνίο μὲ αύτεπαγωγὴ 3,78 μH ἔχει, στοὺς 10 Mc/s , ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση $X = 6,28 \cdot f \cdot L = 6,28 \cdot 10 \cdot 10^6 \cdot 3,78 \cdot 10^{-6} = 237 \Omega$ (ἡ συχνότητα σὲ c/s και ἡ αύτεπαγωγὴ σὲ H). Ἡ ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση τοῦ ἔδιου πηνίου σὲ μικρότερη συχνότητα, π.χ. 1 M/cs , δὲν θὰ ἥταν παρὰ τὸ δέκατο, δηλαδὴ 23,7 Ω μόνο.

Ο γνωστὸς νόμος τοῦ "Ωμ" γιὰ τὶς ὡμικὲς ἀντίστασεις ἐφαρμόζεται ἐπίσης και γιὰ τὶς ἐπαγωγικὲς ἀντίστασεις. Ἀν δηλαδὴ στὰ ἄκρα ἐνὸς πηνίου ἐφαρμόσωμε μιὰ ἐναλλασσόμενη τάση U μὲ συχνότητα f (δόποτε ἡ ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση τοῦ πηνίου θὰ είναι: $X = 6,28 \cdot f \cdot L = \omega L$), τότε τὸ ρεῦμα ποὺ θὰ περάσῃ ἀπὸ τὸ πηνίο θὰ είναι:

$$\text{ρεῦμα } I = \frac{U}{X} = \frac{U}{\omega L}. \quad (3)$$

"Αν τὴν τάση τὴν μετροῦμε μὲ τὴν ἐνεργό της τιμή, τὸ ρεῦμα διδεται ἐπίσης μὲ τὴν ἐνεργό του τιμή. Ο τύπος διμως μπορεῖ ἐξ ἵσου καλὰ νὰ ἐφαρμοσθῇ και μὲ τὶς μέγιστες τιμές. Όταν ξέρωμε τὸ ρεῦμα και ζητοῦμε τὴν τάση ποὺ χρειάζεται γιὰ νὰ αποτύχῃ αὐτὸ τὸ ρεῦμα, θὰ ἔχωμε:

$$\text{τάση } U = X \cdot I = (\omega L) \cdot I. \quad (4)$$

"Ἄς πάρωμε π.χ. τὸ πηνίο τοῦ παραδείγματός μας ($L = 3,78 \mu\text{H}$) και ἀς θελήσωμε νὰ περάσωμε μέσα ἀπὸ αὐτὸ ρεῦμα 4 mA μὲ συχνότητα 10 Mc/s (ἡ ἀντίσταση τοῦ πηνίου στοὺς 10 Mc/s είναι: $\omega L = 237 \Omega$). Ἡ τάση ποὺ θὰ χρειασθῇ είναι: $U = I \cdot (\omega L) = 4 \cdot 10^{-3} \cdot 237 = 0,948 \text{ V}$, δηλαδὴ περίπου 1 βόλτ.

"Οπως βλέπομε, οταν μιλοῦμε γιὰ ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση (καθὼς και γιὰ τὸ ρεῦμα και τὴν τάση στὰ ἄκρα ἐνὸς πηνίου) πρέπει ὀπωσδήποτε νὰ καθορίζωμε τὴν συχνότητα στὴν ὁποία τὰ με-

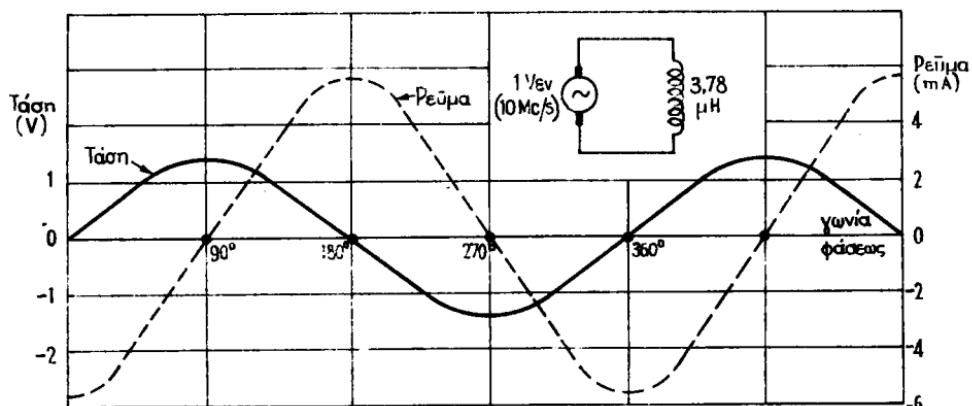
γέθη αὐτὰ μετροῦνται. "Αν δὲν καθορίσωμε τὴ συχνότητα, δὲν μποροῦμε καθόλου νὰ μιλοῦμε γιὰ ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση, παρ' ὅλο ποὺ ἡ αὐτεπαγωγὴ τοῦ πηνίου μπορεῖ νὰ εἰναι γνωστή. "Ενα καὶ τὸ ἵδιο πηνίο μπορεῖ νὰ παρουσιάζῃ ἀπειρες, μικρὲς ἢ μεγάλες, τιμὲς ἐπαγωγικῆς ἀντίστασεως, ἀνάλογα μὲ τὴ συχνότητα. "Ας ἐπαναλάθωμε ὅτι αὐτὸς εἶναι ἔνα βασικὸ χαρακτηριστικὸ γιὰ τὰ πηγία, ἐνῶ μιὰ ὀμικὴ ἀντίσταση ἔχει τιμὴ σὲ ὅμιλον ἀνεξάρτητη, ἀπὸ τὴ συχνότητα (ἄν παραμελήσωμε τὸ ἐπιδερμικὸ φαινόμενο).

"Ενα ἄλλο χαρακτηριστικὸ τοῦ πηνίου σχετίζεται μὲ τὴ φάση τοῦ ρεύματος ὡς πρὸς τὴν τάση. Στὴν περίπτωση τῆς ὀμικῆς ἀντίστασεως, εἰδαμε ὅτι τὸ ρεῦμα καὶ ἡ τάση βρίσκονται σὲ φάση (σχ. 3·2α). Αὐτὸς συνέβαινε, γιατὶ ἡ τάση ἔχει νὰ κινήσῃ, μέσα σὲ μιὰ ὀμικὴ ἀντίσταση, τὰ ἡλεκτρόνια, ποὺ εἶναι πολὺ ἐλαφρὰ σωμάτια, σχεδὸν χωρὶς αἰσθητὴ ἀδράνεια, καὶ «ἀκοῦν» πρακτικὰ στὴν ἐφαρμογὴ τῆς τάσεως στιγματία. "Ετσι, ὅταν ἡ τάση γίνεται μέγιστη, γίνεται καὶ τὸ ρεῦμα μέγιστο τὴν ἵδια στιγμή, δηλαδὴ τὸ ρεῦμα βρίσκεται σὲ φάση μὲ τὴν τάση.

"Ας φαντασθοῦμε διμως ὅτι ἐφαρμόζομε μιὰ δύναμη πάνω σὲ ἔνα βαρὺ σῶμα, π.χ. πάνω σὲ ἔνα σιδηροδρομικὸ βαγόνι σὲ στάση. Γιὰ νὰ τὸ ξεκινήσωμε, πρέπει νὰ ἐφαρμόσωμε στὴν ἀρχὴ μιὰ μεγάλη δύναμη. "Οταν, ἔτσι, νικήσωμε τὴν ἀδράνεια, μποροῦμε νὰ ἐξακολουθήσωμε νὰ κινοῦμε τὸ βαγόνι μὲ πολὺ μικρότερη δύναμη. Βλέπομε ἐπομένως ὅτι ἡ κίνηση, ποὺ θὰ τὴν παρομοιάσωμε μὲ τὸ ρεῦμα, ἔρχεται μὲ κάποια καθυστέρηση ὡς πρὸς τὴν δύναμη ποὺ τὴν προκαλεῖ, δηλαδὴ ὡς πρὸς τὴν τάση.

Κάτι ἀνάλογο πρέπει νὰ περιμένωμε στὴν περίπτωση τοῦ πηνίου. Εἴπαμε, πραγματικά, ὅτι τὸ μαγνητικὸ πεδίο, ποὺ παρακολουθεῖ τὸ ρεῦμα τοῦ πηνίου, παρουσιάζει ἴδιότητες ἀδράνειας. Δογικὸ λοιπὸν εἶναι νὰ περιμένωμε ὅτι τὸ ρεῦμα θὰ καθυστερῇ ὡς πρὸς τὴν τάση. Αὐτὸς καὶ συμβαίνει. Καὶ μάλιστα ἡ καθυστέ-

ρηση ισούται, στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, μὲ ἕνα τέταρτο τῆς περιόδου, δηλαδὴ μὲ 90° (μιὰ περίοδος ἀντιστοιχεῖ μὲ 360°). Τοῦτο φαίνεται στὸ σχ. 4.1 β, ὅπου τὸ ρεῦμα παίρνει τὴν μέγιστη τι-



Σχ. 4.1 β.

Τὸ ρεῦμα σὲ ἕνα πηνίο καθυστερεῖ κατὰ ἕνα τέταρτο τῆς περιόδου (κατὰ 90°) ὡς πρὸς τὴν τάση στὰ ἄκρα τοῦ πηνίου (σύγκρινε καὶ μὲ τὸ σχῆμα 3.2 α γιὰ τὴν ὠμικὴ ἀντίσταση).

μῆ του 90° ἔπειτα ἀπὸ τὴν ἀντίστοιχη μέγιστη τιμὴ τῆς τάσεως.

Ωστε, τὸ ρεῦμα σὲ ἕνα πηνίο βρίσκεται σὲ ἐπαγωγικὴ φασικὴ καθυστέρηση ὡς πρὸς τὴν τάση. Αὐτὸς εἰναι ἕνα οὐσιαστικὸ γεγονός, ποὺ δὲν πρέπει νὰ τὸ ξεχνοῦμε, δταν ἔχωμε νὰ κάνωμε μὲ ρεύματα ἀπὸ πηνία.

Ἡ τρίτη καὶ τελευταία χαρακτηριστικὴ ἰδιότητα τοῦ πηνίου εἰναι ὅτι δὲν καταναλώνει ἴσχυν, δηλαδὴ τὸ ρεῦμα κυκλοφορεῖ στὸ πηνίο χωρὶς ἡ πηγή, πρὸς τὴν ὅποια ἔχει συνδεθῆ, νὰ παρέχῃ γι' αὐτὸς κάποια ἐνέργεια. Ἰσως τοῦτο θὰ φανῇ κάπως παράξενο σὲ μιὰ πρώτη ματιά. Καὶ πραγματικὰ δὲν εἰναι καὶ ἐντελῶς ἀλήθεια. Ἡ πηγὴ παρέχει στὴν πραγματικότητα κάποια ἐνέργεια κατὰ τὴν πρώτη στιγμή, ποὺ τὸ πηνίο συνδέεται πρὸς αὐτήν. Ἡ ἐνέργεια αὐτὴ εἰναι ἀπαραίτητη γιὰ νὰ δημιουργηθῇ γιὰ πρώτη φορὰ στὸ

μαγνητικὸ πεδίο τοῦ πηνίου. Ἀπὸ ἐκεῖ δμως καὶ ἔπειτα, καθὼς τὸ ρεῦμα εἶναι ἐναλλασσόμενο, ἢ ἵδια ποσότητα ἐνεργείας ἐπιστρέψεται στὴν πηγή, ἔναντινεται στὸ πηνίον κλπ. ὅπως, ἀς ποῦμε, μιὰ μπάλλα τοῦ πίγκ-πòγκ ποὺ πηγαινούρχεται ἀνάμεσα στοὺς δύο παῖκτες. Ἡ πηγὴ δὲν πληρώνει πιὰ τίποτα γιὰ τὴν κυκλοφορία τοῦ ρεύματος. Τίποτα, εἶναι πάλι ἔνα σχῆμα λόγου. Θὰ ἐπρεπε καλύτερα νὰ ποῦμε: σχεδὸν τίποτα. Πραγματικά, ἀφοῦ τὸ ρεῦμα κυκλοφορῇ μέσα ἀπὸ τὸ σύρμα τοῦ πηνίου καὶ ἀφοῦ τὸ σύρμα ἔχῃ μιὰ δρισμένη ὡμικὴ ἀντίσταση, δὲν μπορεῖ παρὰ ἡ πηγὴ νὰ δίνῃ τὴν ἴσχυν ποὺ χρειάζεται γιὰ νὰ κυκλοφορῇ τὸ ρεῦμα μέσα ἀπὸ αὐτὴ τὴν ὡμικὴ ἀντίσταση. "Ομως γενικά, ἡ ὡμικὴ ἀντίσταση ἔνδει πηνίου εἶναι πολὺ μικρὴ μπροστὰ στὴν ἐπαγγωγικὴ του ἀντίσταση. Ἐὰν ἡ ὡμικὴ ἀντίσταση μπορῇ νὰ θεωρηθῇ σὰν μηδενική, τότε λέμε ὅτι ἔχομε ἔνα ἰδανικὸ πηνίο. Γιὰ ἔνα τέτοιο ἰδανικὸ πηνίο μποροῦμε νὰ ποῦμε, χωρὶς πιὰ νὰ κάνωμε κάποιο λάθος στὴν ἕκφραση, ὅτι τὸ ρεῦμα κυκλοφορεῖ χωρὶς ἡ πηγὴ νὰ καταναλώνῃ καμμιὰ ἴσχυ.

"Ἄρα, τὸ γινόμενο (τάση ἐπὶ ρεῦμα) δὲν ἔκφραζει, γιὰ ἔνα πηνίο, μιὰ ἴσχυν ποὺ πραγματικὰ καταναλώνεται. Ἐπειδὴ δμως ἔνα τέτοιο γινόμενο (τάση ἐπὶ ρεῦμα) ἔχει πάντα τὸ νόημα τῆς ἴσχύος, τὸ δικαιούμενο φαινομενικὴ ἴσχυ. Τὴν φαινομενικὴ ἴσχυ τὴν μετροῦμε σὲ βολταμπὲρ (VA) καὶ ὅχι σὲ βάττ (W), ὅπως κάναμε γιὰ τὴν πραγματικὴ ἴσχυ ποὺ καταναλώνεται πάνω σὲ μιὰ ὡμικὴ ἀντίσταση. Ξέρομε ἀλλωστε ἀπὸ τὴν Ἡλεκτροτεχνία (τόμος Α' Κεφ. 22) ὅτι ἡ πραγματικὴ ἴσχυς στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα εἶναι γενικὰ ἴση μὲ τὸ γινόμενο (τάση \times ρεῦμα \times συνφ), δησου συνφ εἶναι ὁ συντελεστὴς ἴσχύος καὶ φ ἡ διαφορὰ φάσεως ἀνάμεσα στὴν τάση καὶ στὸ ρεῦμα. Δηλαδή:

$$\text{πραγματικὴ } \text{ἴσχυς } P = U \cdot I \cdot \text{συνφ}. \quad (5)$$

Γιὰ τὸ ἰδανικὸ πηνίο, ἡ φασικὴ ἀπόκλιση εἶναι $\varphi = 90^\circ$, ἐνῶ

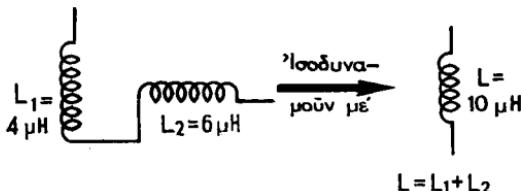
συνφ = συν 90° = 0. Εχναδρίσκομε, λοιπόν, ότι: ή πραγματική ίσχυς, γιατί τὸ ιδανικὸ πηγή, εἶναι $P = 0$ (ἐνώ ὑπάρχει μιὰ φαινομενικὴ ίσχυς $U \cdot I$ ποὺ δὲν εἶναι μηδέν).

Μένει, τέλος, νὰ δοῦμε τί γίνεται όταν συνδέσωμε δύο (ἢ περισσότερα) πηγία σὲ σειρά ἢ παράλληλα. Οἱ κανόνες συνδέσεως γιατὶ τὰ πηγία εἶναι δημοιοι μὲ τοὺς κανόνες γιὰ τὶς ὀμικὲς ἀντιστάσεις. Δηλαδή, όταν δύο πηγία συνδέωνται σὲ σειρά, οἱ αὐτεπαγωγές τους L_1 καὶ L_2 προστίθενται (σχ. 4.1 γ):

$$\text{Ισοδύναμη αύτεπαγωγὴ } L = L_1 + L_2, \text{ (σὲ σειρά).} \quad (6)$$

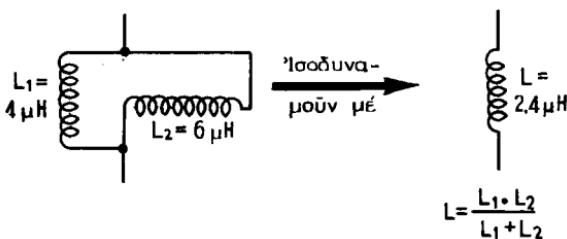
"Αν τὰ δύο πηγία L_1 καὶ L_2 συνδεθοῦν παράλληλα, τότε θὰ έχωμε (σχ. 4.1 δ):

$$\text{Ισοδύναμη αύτεπαγωγὴ } L = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}, \text{ (παράλληλα).} \quad (7)$$



Σχ. 4.1 γ.

Σύνδεση πηγίων σὲ σειρά (οἱ ἄξονες τῶν δύο πηγίων εἶναι κάθετοι γιὰ νὰ μὴ ὑπάρχῃ μεταξύ τους αἰσθητὴ μαγνητικὴ σύζευξη).



Σχ. 4.1 δ.

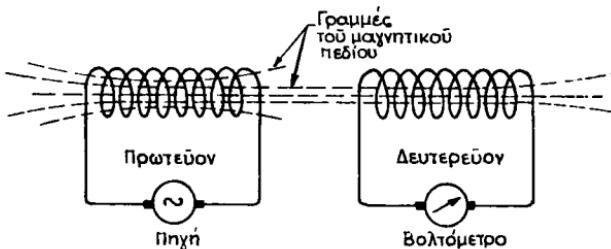
Παράλληλη σύνδεση πηγίων.

Αὕτα δημιους ἀληθεύουν μόνον όταν ἀνάμεσα στὰ δύο πηγία δὲν ὑπάρχῃ καμμιὰ μαγνητικὴ ἀλληλεπίδραση, δηλαδή τὸ μα-

γνήτικό πεδίο του καθενός πηγίου δὲν έχη καμμιά έπιδραση πάνω στὸ ἄλλο πηγίο (λέμε τότε ὅτι τὰ δύο πηγία δὲν βρίσκονται σὲ μαγνητική σύζευξη).

4·2 Αμοιβαία έπαγωγή.

Οἱ μεταβολὲς τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου ἐνὸς πηγίου, ποὺ πρέρχονται ἀπὸ τὶς μεταβολὲς τοῦ ρεύματος αὐτοῦ τοῦ πηγίου, μποροῦν νὰ ἔπιδρον πάνω σὲ ἕνα ἄλλο πηγίο καὶ νὰ ἀναπτύσσουν πάνω σ' αὐτὸ μιὰ ηλεκτρεγερτικὴ δύναμη ἀπὸ έπαγωγή. Λέμε τότε ὅτι ἀνάμεσα στὰ δύο πηγία ὑπάρχει ἀμοιβαία έπαγωγὴ ἢ ὅτι τὰ δύο πηγία βρίσκονται σὲ μαγνητική σύζευξη (σχ. 4·2 α). Τὸ πρῶτο πηγίο λέγεται πρωτεῦον καὶ τὸ ἄλλο λέγεται δευτερεῦον.



Σχ. 4·2 α.

Αμοιβαία έπαγωγὴ ἀνάμεσα σὲ δύο πηγία: τὸ βολτόμετρο μετρᾷ μιὰ τάση ἀπὸ έπαγωγή, ὅταν τὸ ρεῦμα τοῦ πρωτεύοντος μεταβάλλεται (καθὼς οἱ ἀξονες τῶν πηγίων εἰναι παράλληλοι, ή σύζευξη εἰναι ἀρκετὰ στενή).

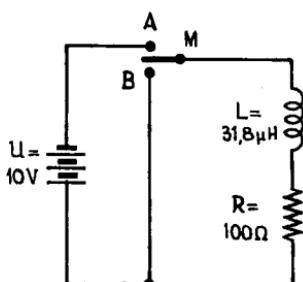
Ἡ ἀμοιβαία έπαγωγὴ σημειώνεται μὲ τὸ γράμμα **M** καὶ μετρεῖται, ὅπως καὶ ἡ αὐτεπαγωγή, σὲ ἀγρὺ (**H**). Ἀνάμεσα σὲ δύο πηγία ὑπάρχει αὐτεπαγωγὴ τόσων ἀγρύ σα εἰναι τὰ βόλτ ποὺ ἀναπτύσσονται ἀπὸ έπαγωγὴ στὸ δευτερεῦον, ὅταν τὸ ρεῦμα τοῦ πρωτεύοντος μεταβάλλεται κατὰ ἕνα ἀμπέρ ἀνὰ δευτερόλεπτο.

Ἡ ἀμοιβαία έπαγωγὴ ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴ θέση τοῦ ἐνὸς πηγίου ὥς πρὸς τὸ ἄλλο. Ἐν οἱ ἀξονες τῶν δύο πηγίων εἰναι κά-

θετοι μεταξύ τους (σχήματα 4·1 γ και 4·1 δ), ή άμοιβαία έπαγωγή είναι πολὺ μικρή, σχεδόν μηδενική. Άναλογα μὲ τὸ ἀνὴρ άμοιβαία έπαγωγή είναι μικρή η μεγάλη, λέμε διτ τὰ πηγία βρίσκονται σὲ χαλαρή η σὲ στενή σύζευξη. Στὴ ραδιοτεχνία χρησιμοποιοῦμε συχνὰ τὴ χαλαρή σύζευξη. Άπὸ τὴν ἄλλη μεριά, παράδειγμα στενῆς συζεύξεως ἀποτελεῖ ὁ μετασχηματιστής, πού, δπως ἔρομε ἀπὸ τὴν Ἡλεκτροτεχνία, δὲν είναι στὴν οὐσίᾳ τίποτε ἄλλο ἀπὸ πηγία τυλιγμένα πάνω στὸν ἰδιο σιδηροπυρήνα (ἄρα σὲ πολὺ στενή σύζευξη).

4·3 Πηγίο καὶ ἀντίσταση σὲ σειρά.

Ἐστω τώρα διτ συνδέομε ἔνα ἰδανικὸ πηγίο L (καθαρὴ αὐτεπαγωγὴ) σὲ σειρὰ μὲ μίκη καθαρὴ ὡμικὴ ἀντίσταση R. (ἔνα πραγματικὸ πηγίο δὲν είναι προφανῶς ποτὲ ἰδανικό, ἀλλὰ τὴν σχετικὰ μικρὴ ὡμικὴ ἀντίσταση τοῦ σύρματός του μποροῦμε νὰ συμπεριλάβωμε στὴν ἔξωτερην ὡμικὴ ἀντίσταση R). Τὰ ἄκρα τῆς συνδεσμολογίας μποροῦμε νὰ τὰ ἐνώσωμε στοὺς πόλους μιᾶς πηγῆς συνεχοῦς η ἐναλλασσόμενου ρεύματος. Τὰ ἀποτελέσματα είναι ἐντελῶς διαφορετικὰ στὶς δύο περιπτώσεις.

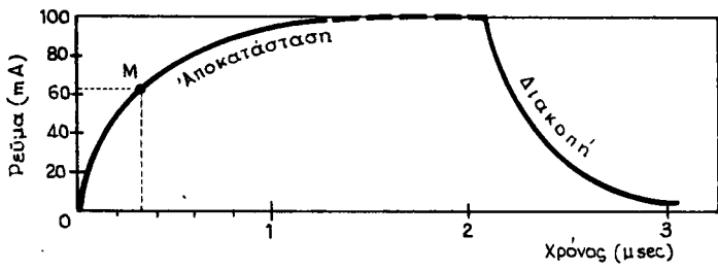


Σχ. 4·3 α.

Τὸ κύκλωμα σειρᾶς LR σὲ συνεχὲς ρεῦμα.

Ἄς ἔξετάσωμε πρῶτα τὴν περίπτωση μιᾶς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος (σχ. 4·3 α). Ὅταν δὲ διακόπτης M ἔρθη σὲ ἐπαφὴ μὲ

τὸν ἐλεύθερο πόλο Α τῆς πηγῆς, Ήτά ἀρχίσῃ βέβαια νὰ κυκλοφορῇ στὸ κύκλωμα κάποιο ρεῦμα. "Ιμιως, γὴ αὐτεπαγωγὴ ἀντιστέκεται σὲ κάθε μεταβολὴ τοῦ ρεύματος, δηλαδὴ ἐδὼ στὴν αὖξησή του. "Ετοι, τὸ ρεῦμα θὰ ἀποκατασταθῇ στὸ κύκλωμα σιγὰ - σιγά, ὅπως δείχνει τὴ πρὸς τὰ χριστερὰ καμπύλη, τοῦ σχήματος 4·3 β (εἰναι μιὰ «ἐκθετικὴ» καμπύλη). "Οταν τὸ ρεῦμα φθάσῃ γὲ μεγαλύτερη τιμὴ ποὺ τοῦ ἐπιτρέπει γὴ ὡμικὴ ἀντίσταση, θὰ σταθεροποιηθῇ σ' αὐτὴν τὴν τιμήν. Ἐπειδὴ δὲν θὰ ὑπάρχῃ πιὰ μεταβολὴ ρεύματος, τὸ πηγίο δὲν θὰ προβάλῃ πιὰ καμπυλὰ ἐπαγωγῶν, ἀντίσταση. "Η μόνιμη τιμὴ τοῦ συνεχοῦς ρεύματος θὰ εἰναι λοιπόν, σύμφωνα μὲ τὸ νόμο τοῦ "Ωμ, $I = U/R$ (1) (στὸ παράδειγμά μας $I = 10/100 = 0,10A$, γὲ 100 mA).



Σχ. 4·3 β.

Αποκατάσταση καὶ διακοπὴ τοῦ ρεύματος στὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 4·3 α.

"Η ταχύτητα μὲ τὴν δποία αὖξανει τὸ ρεῦμα, ξεκινώντας ἀπὸ τὸ μηδέν, ἔξαρταται ἀπὸ τὶς τιμὲς τῆς αὐτεπαγωγῆς καὶ τῆς ὡμικῆς ἀντιστάσεως. "Αποδεικνύεται γενικά, ὅτι τὸ ρεῦμα φθάνει τὰ 63% περίου τῆς μόνιμης τιμῆς του μέσα σὲ χρόνο $\tau = L/R$ δευτερόλεπτα. "Αρα στὸ παράδειγμά μας, τὸ ρεῦμα θὰ φθάσῃ τὴν τιμὴ $0,63 \cdot 100 = 63$ mA μέσα σὲ χρόνο $L/R = 31,8 \cdot 10^{-6} / 100 = 0,318 \cdot 10^{-6}$ sec, δηλαδὴ 0,32 μικροδευτερόλεπτα (μsec). Αὗτὸς δ χρόνος L/R δηνομάζεται σταθερὰ χρόνου τοῦ κυκλώματος.

Σὲ συνέχεια, ἀς γυρίσωμε τὸν διακόπτη στὴν ἐπαφὴ Β. "Η

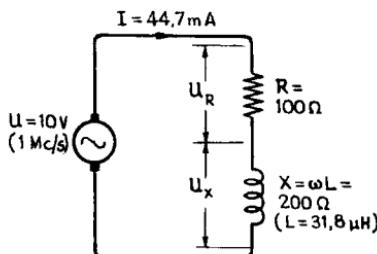
πηγής άποσυνδέεται και ή συνδεσμολογία LR βραχυκυλώνεται. Τὸ ρεῦμα φυσικὰ θὰ μηδενισθῇ. "Ομως τὸ πηνίο ἀντιστέκεται σὲ κάθε μεταβολὴ τοῦ ρεύματος, ἅρα καὶ στὴν ἐλάττωσή του. Ο μηδενισμὸς τοῦ ρεύματος γίνεται λοιπὸν πάλι ὅχι ἀπότομα, ἀλλὰ προοδευτικά, διπος δεῖχνει ἡ πρὸς τὰ δεξιὰ καμπύλη τοῦ σχῆματος 4·3 β. Ἀφοῦ δμως, στὸ μεταξύ, ἡ πηγὴ ἔχει ἀποσυνδεθῆ ἀπὸ τὸ κύκλωμα, πῶς μπορεῖ νὰ κυκλοφορῇ σ' αὐτὸν ἕνα ρεῦμα; Προφανῶς ἀπὸ τὴν τάση ἀπὸ αὐτεπαγωγή, ποὺ ἀναπτύσσει τὸ πηνίο κατὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος. "Αν μάλιστα ἡ διακοπὴ εἰναι ἀρκετὰ ἀπότομη, ἡ τάση ἀπὸ αὐτεπαγωγὴ μπορεῖ νὰ ἔσπεράσῃ κατὰ πολὺ τὴν ἀρχικὴ τάση τῆς πηγῆς. Τὴν λέμε γι' αὐτὸν ὑπέρταση διακοπῆς. "Ετοι, τὸ πηνίο παίζει κατὰ τὴν διακοπὴν τὸ ρόλο τῆς πηγῆς (ἢ ἐνέργεια ποὺ χρειάζεται γι' αὐτὸν τὸ σκοπὸν βρίσκεται στὴν ἐνέργεια, ποὺ εἶχε συσσωρευθῆ προηγούμενα στὸ μαγνητικὸ πεδίο τοῦ πηνίου).

Τὰ φαινόμενα αὐτά, ποὺ παρουσιάζονται κατὰ τὴν ἀποκατάσταση ἢ τὴν διακοπὴν τοῦ ρεύματος, τὰ δυνομάζομε μεταβατικὰ φαινόμενα. Θέλομε νὰ ποῦμε μὲ αὐτὸν δτι τέτοια φαινόμενα παρουσιάζονται γιὰ δρισμένες μεταβατικὲς (ἐνδιάμεσες) καταστάσεις, ἔξαφαντίζονται δμως δταν ἡ μόνιμη κατάσταση τοῦ συστήματος ἔχη ἀποκατασταθῆ.

Τί γίνεται τώρα, ἂν τὰ ἄκρα τῆς συνδεσμολογίας LR τὰ ἐνώσωμε στοὺς πόλους μιᾶς πηγῆς ἔναλασσομένου ρεύματος; Ξέρομε δτι, στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, τὸ πηνίο παρουσιάζει μιὰ μόνιμη ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση ωL . "Αν ἡ συχνότητα τῆς πηγῆς εἰναι π. χ. 1 M/cs, θὰ ἔχωμε, στὸ παράδειγμά μας, $\omega L = 6,28 \cdot 10^6 \cdot 31,8 \cdot 10^{-6} = 200 \Omega$. Η ἐπαγωγικὴ αὐτὴ ἀντίσταση βρίσκεται σὲ σειρὰ μὲ τὴν ὀμικὴ ἀντίσταση $R = 100 \Omega$. Η ἐναλλασσομένη πηγὴ θὰ κινήσῃ μέσα ἀπὸ αὐτὸν τὸ κύκλωμα ἕνα ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, ὅχι πιὰ μεταβατικό, ἀλλὰ μόνιμο. Πόση θὰ εἰναι ἡ τιμὴ αὐτοῦ τοῦ ἐναλλασσομένου ρεύματος;

"Ας έξετάσωμε τὸ ζήτημα αὐτὸ πάνω στὸ παράδειγμα ποὺ δείχνει τὸ σχῆμα 4·3 γ. Τὸ βασικὲ χαρακτηριστικὸ σὲ ἔνα τέτοιο κύκλῳωμα σὲ σειρὰ εἰναι ὅτι μέσα ἀπὸ τὴν ὡμικὴ ἀντίσταση καὶ ἀπὸ τὸ πηγής περνᾶ τὸ ἴδιο ρεῦμα. "Ας ὑποθέσωμε ὅτι: μετρήσαμε τὸ ρεῦμα αὐτὸ καὶ τὸ βρήκαμε ἵσο μὲ 0,0447 Α (δηλαδὴ 44,7 mA), ἵσσο πραγματικὰ πρέπει νὰ εἰναι. "Αν σκεψθοῦμε πάνω σ' αὐτὸ καλύτερα, θὰ μᾶς γεννηθοῦν οἱ ἔξης δύο βασικὲς ἀπορίες.

10. "Η πηγὴ ἔχει πολικὴ τάση 10 V. Οἱ δύο ἀντίστάσεις $R = 100 \Omega$ καὶ $\omega L = 200 \Omega$ ἔχουν συνδεθῆ σὲ σειρά. "Αν ξεχάσωμε ὅτι οἱ δύο αὐτὲς ἀντίστάσεις εἰναι διαφορετικὲς στὴ φύση τους (ἡ μία εἰναι ὡμικὴ καὶ ἡ ἄλλη ἐπαγωγική) καὶ θυμηθοῦμε μονάχα ὅτι οἱ ἀντίστάσεις σὲ σειρὰ προστίθενται, τότε οἱ δύο ἀντίστάσεις θὰ ἔπρεπε νὰ ἰσοδυναμοῦν μὲ μιὰ ἀντίσταση $100 + 200 = 300 \Omega$. Τὸ ρεῦμα θὰ ἔπρεπε λοιπὸν νὰ εἰναι, σύμφωνα μὲ τὸ νόμο τοῦ "Ωμ, $10/300 = 0,0333 \text{ A}$. "Ομως ἐμεῖς μετρήσαμε



Σχ. 4·3γ.

Κύκλῳωμα σειρας LR σὲ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα. Παράλληλη σύνδεση.

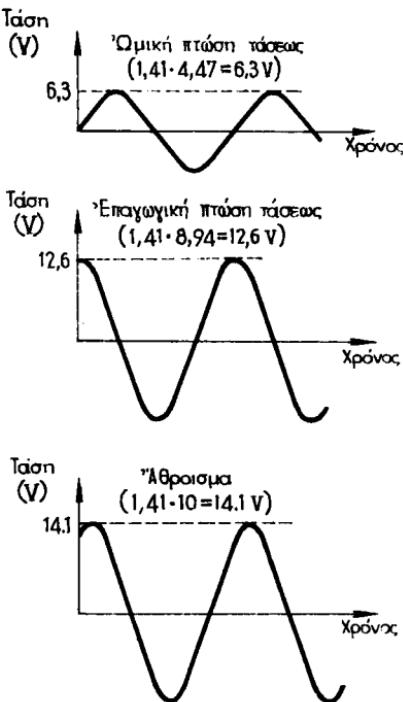
0,0447 A, δηλαδὴ μεγαλύτερο ρεῦμα. "Αρα, δύο ἀντίστάσεις διαφορετικοῦ εἶδους σὲ σειρὰ πρέπει νὰ ἰσοδυναμοῦν μὲ μιὰ ἀντίσταση μικρότερη ἀπὸ τὸ ἄθροισμά τους. Αὐτὴ ἡ νέα ἰσοδύναμη ἀντίσταση δὲν εἰναι, βέβαια, οὕτε καθαρὰ ὡμική, οὕτε καθαρὰ ἐπαγωγική. Τῆς δίνομε λοιπὸν ἓνα καινούργιο ὅνομα καὶ τὴ λέξις σύνθετη ἀντίσταση. Τὴν σημειώνομε μὲ τὸ γράμμα Z (R γιὰ

τὴν ὡμικὴν ἀντίστασην, $X = \omega L$ γιὰ τὴν ἐπαγωγικὴν ἀντίστασην) καὶ τὴν μετροῦμε καὶ αὐτὴν σὲ ὅμ.

2o. Τὸ ρεῦμα $I = 0,0447$ Α εἶναι κοινὸν καὶ γιὰ τὶς δύο ἀντίστασεις $R = 100 \Omega$ καὶ $\omega L = 200 \Omega$. Στὴν πρώτη, τὸ ρεῦμα αὐτὸν προκαλεῖ μιὰ πτώση τάσεως $R \cdot I = 100 \cdot 0,0447 = 4,47$ V, ἐνῶ στὴ δεύτερη ἡ πτώση τάσεως εἶναι $(\omega L) \cdot I = 200 \cdot 0,0447 = 8,94$ V.

"Αν πάλι ἔχουμε ὅτι αὐτὲς οἱ πτώσεις τάσεως προκαλοῦνται ἀπὸ ἀντίστασεις διαφορετικοῦ εἴδους καὶ θελήσουμε νὰ τὶς προσθέσουμε ἀριθμητικά, θὰ βροῦμε $4,47 + 8,94 = 13,41$ V. Τὸ ἀθροισμα τῆς αὐτὸν δὲν ἰσοῦται, ὅπως θὰ ἔπειπε, μὲ τὴν πολικὴν τάση τῶν 10 V τῆς πηγῆς. "Άρα οἱ τάσεις πάνω σὲ ἀντίστασεις διαφορετικοῦ εἴδους δὲν μποροῦν νὰ προστεθοῦν μὲ τὸν ἀπλὸν τρόπο τῆς ἀριθμητικῆς. Λησμονήσουμε πραγματικὰ ὅτι ἡ τάση στὰ ἄκρα τῆς ὡμικῆς ἀντίστασεως ὀφείλει νὰ εἶναι σὲ φάση μὲ τὸ ρεῦμα, ἐνῶ ἡ τάση στὰ ἄκρα τοῦ πηνίου ὀφείλει νὰ προηγγῆται κατὰ 90° ὡς πρὸς τὸ ἴδιο ρεῦμα (ἢ τὸ ρεῦμα νὰ καθυστερῇ ὡς πρὸς τὴν τάση, πρᾶγμα ποὺ εἶναι βέβαια τὸ ἴδιο). "Άρα, οἱ τάσεις πάνω στὶς δύο ἀντίστασεις δὲν παίρνουν συγχρόνως τὶς μέγιστες τιμές τους καὶ ἐπομένως οἱ μέγιστες (καθὼς ἐπίσης καὶ οἱ ἐνεργὲς) τιμές τους δὲν μποροῦν νὰ προστεθοῦν. Τὸ μόνο ποὺ μποροῦμε νὰ κάνωμε εἶναι νὰ σχεδιάσουμε ἔχωριστὰ (σχ. 4·3 δ) τὶς καμπύλες ποὺ δίνουν τὶς στιγμαῖς τιμές τῆς τάσεως πάνω στὴν ὡμικὴν ἀντίσταση καὶ τῆς τάσεως πάνω στὸ πηνίο, μὲ τὴν δεύτερην καμπύλην σὲ προπορεία κατὰ 90° , καὶ νὰ προσθέσουμε τὶς στιγμαῖς τιμές σημεῖο πρὸς σημεῖο. Θὰ βροῦμε τότε τὴν τρίτην καμπύλην τοῦ σχήματος 4·3 δ καὶ θὰ διαπιστώσουμε ὅτι πραγματικὰ ἡ καμπύλη τοῦ ἀθροίσματος ἔχει μέγιστη τιμὴ μικρότερη ἀπὸ τὸ ἀθροισμα ποὺ ἔχουν οἱ μέγιστες τιμές τῶν δύο πρώτων καμπύλων. Στὸ παράδειγμά μας θὰ βροῦμε ὅτι ἡ μέγιστη τιμὴ τῆς καμπύλης

τού άθροίσματος είναι: $\sqrt{3} \cdot 10 = 17.32$ V μέγιστη τιμή, δηλαδή 10 V ένεργης τιμή, σασ πρέπει, και όχι 13,4 V ένεργης τιμή. Βλέπομε λοιπόν ότι δέν μποροῦμε νά ξεχνοῦμε τὸ ρόλο τῆς φάσεως, ότι δηλαδή ή φάση είναι: ένα βασικό πράγμα.



Σχ. 4·3δ.

Πρόσθεση δύο τάσεων σὲ διαφορά φάσεως (προσθέτομε τὶς στιγμιαῖες τιμές).

Αὐτὰ ἔταν ἀρκετά, γιὰ νὰ καταλάβωμε τὸ παράδειγμά μας. Τί θὰ κάνωμε δύμας, ὅταν ἔχωμε νὰ κάνωμε μὲ μιὰ δύοια δύνατος ώμικὴ ἀντίσταση R σὲ σειρὰ μὲ μιὰ ἐπαγγωγικὴ ἀντίσταση X = ωL ; Καὶ μάλιστα σὲ μιὰ περίπτωση, ὅπως ἔδω, ποὺ τὰ πρόγραμα φαίνονται λίγο μπερδεμένα; Εύτυχῶς δλα μποροῦν νὰ

τακτοποιηθούν άρκετά εύκολα, άρκετι νὰ ξέρωμε νὰ ίψωμες έναν άριθμό στὸ τετράγωνο καὶ νὰ ξέχωμες έναν πίνακα ποὺ νὰ δίνῃ τὶς τετραγωνικὲς ρίζες τῶν άριθμῶν (τέτοιοι πίνακες ίπάρχουν στὸ τέλος τοῦ Γ' τόμου τοῦ βιβλίου τῶν Μαθηματικῶν).

"Ας άρχισωμε ἀπὸ τὶς τάσεις. Εἶδαμε δὴ οἱ πτώσεις τάσεως στὴν ὡμικὴ ἀντίσταση καὶ στὸ πηγήσ δὲν μποροῦν νὰ προστεθοῦν μὲ τὸν ἀπλὸ τρόπο τῆς άριθμητικῆς. "Αν, πραγματικά, δυνομάσωμε ἀντίστοιχα U_R καὶ U_X τὶς τάσεις στὰ ἄκρα τῆς ὡμικῆς ἀντίστασεως καὶ τοῦ πηγίου (σχ. 4·3 γ), τότε ή συνολικὴ τάση U δίδεται ἀπὸ τὸν τύπο:

$$\text{συνολικὴ τάση } U = \sqrt{U^2_R + U^2_X}. \quad (1)$$

Γιὰ ἐπαλήθευση, στὸ παράδειγμα ποὺ πήραμε, έχομε:

$$\sqrt{U^2_R + U^2_X} = \sqrt{(4,47)^2 + (8,94)^2} = \sqrt{20 + 80} = \sqrt{100} = 10V,$$

ποὺ ίσοῦται πραγματικὰ μὲ τὴ συνολικὴ πολικὴ τάση τῆς πηγῆς.

"Ο παραπάνω τύπος 1 δεῖχνει ένα ἀλλο εἰδος προσθέσεως, ποὺ δὲν εἶναι ή ἀπλὴ άριθμητικὴ πρόσθεση. Τὸ εἰδος αὐτὸ προσθέσεως τὸ δυνομάζομε γεωμετρικὴ πρόσθεση. "Η γεωμερικὴ πρόσθεση δὲν ἔφαρμόζεται μόνο στὶς τάσεις, ἀλλὰ καὶ στὶς ἀντίστασεις. Εέρομε πραγματικὰ δὴ, ἀφοῦ τὸ ρεῦμα στὴν ὡμικὴ ἀντίσταση καὶ στὸ πηγήσ εἶναι ένα καὶ τὸ αὐτό, οἱ ἀντιστάσεις εἶναι ἀνάλογες πρὸς τὶς τάσεις. "Αρα, ή σύνθετη ἀντίσταση Z δίδεται ἀπὸ τὸν τύπο :

$$\text{σύνθετη ἀντίσταση } Z = \sqrt{R^2 + X^2}. \quad (2)$$

Στὸ παράδειγμά μας, θὰ ξέχωμε:

$$Z = \sqrt{100^2 + 200^2} = \sqrt{50\,000} = \sqrt{5 \cdot 10\,000} = \sqrt{5} \cdot 100 = 223 \Omega,$$

ἄριθμὸς ποὺ πραγματικὰ εἶναι μικρότερος ἀπὸ τὸ ἀπλὸ άριθμητικὸ ἀθροισμα $100 + 200 = 300 \Omega$.

Τὸ ρεῦμα θὰ τὸ βρίσκωμε πάντα ἀπὸ τὸ νόμο τοῦ "Ωμ. Τώρα θὰ τὸν γράψωμε δημος μὲ τὴ μορφή :

$$\rho \text{εῦμα } I = \frac{U}{Z} \quad (3)$$

Ή μόνη διαφορά σὲ σύγκριση μὲ τοὺς τύπους (1) τῆς παρ. 3 · 2 καὶ (3) τῆς παρ. 4 · 1 εἰναι: ὅτι ἀντὶ γιὰ τὴν ὡμικὴν ἀντίσταση R ἡ τὴν ἐπαγωγικὴν ἀντίσταση $X = \omega L$, βάζομε στὸν παρονομαστὴν τὴν σύνθετην ἀντίστασην Z . Ἐπαληθεύομε στὸ παράδειγμά μας ὅτι:

$$\rho \text{εῦμα } I = \frac{10}{223} = 0,0447 \text{ A.}$$

Τὸ ρεῦμα αὐτὸν δὲν εἰναι οὕτε σὲ φάση, οὕτε σὲ καθυστέρηση 90° ὡς πρὸς τὴν τάση. Βρίσκεται ἀσφαλῶς σὲ καθυστέρηση ὡς πρὸς τὴν τάση, ἐξ αἰτίας τῆς ἐπιδράσεως τοῦ πηγήσου, ἀλλὰ ὅχι κατὰ 90° , γιατὶ ἡ ὡμικὴ ἀντίσταση θέλει ἀπὸ μέρους τῆς νὰ φέρῃ τὸ ρεῦμα σὲ φάση μὲ τὴν τάση. Ἀρα, τὸ ρεῦμα θὰ καθυστέρηση κατὰ μιὰ γωνία φ μικρότερη ἀπὸ 90° . Γιὰ δοσούς ξέρουν κάπως περισσότερη τριγωνομετρία (βλ. Μαθηματικά, τόμος Γ'), ἡ γωνία φ δίδεται ἀπὸ τὸν τύπο :

$$\epsilon \varphi \varphi = \frac{X}{R}. \quad (4)$$

Δηλαδὴ στὸ παράδειγμά μας $\epsilon \varphi \varphi = 200/100 = 2$, καὶ, ἐπομένως ἀπὸ τοὺς πίνακες βρίσκομε ὅτι $\varphi = 63,4^{\circ}$.

Ή πραγματικὴ ίσχύς ποὺ καταναλώνεται στὸ κύκλωμα εἰναι:

$$\text{πραγματικὴ ίσχύ } P = U_{\text{εν.}} I_{\text{εν.}} \text{ συνφ.}, \quad (5)$$

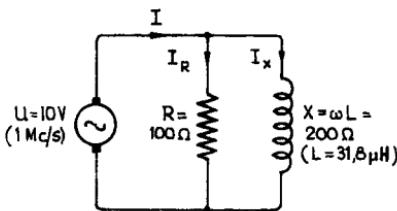
ὅπου τὴ συνολικὴ τάση καὶ τὸ συνολικὸ ρεῦμα τὰ παίρνομε μὲ τὶς ἐνεργὲς τιμές τους καὶ συνφ. εἰναι δὲ γνωστὸς συντελεστὴς ίσχύος (στὸ παράδειγμά μας $P = 10 \cdot 0,0447 \cdot \text{συν } 63^{\circ},4 = 0,447 \cdot 0,448 = 0,2$ βάττ.).

Δὲν πρέπει, τέλος, νὰ ξεχνοῦμε ὅτι μιὰ αὐτεπαγωγὴ δὲν εἰναι ἀπαραίτητο νὰ παρουσιάζεται μὲ τὴ μορφὴ ἑνὸς πηγήσου. Ο δποιοσδήποτε ἀγωγὸς παρουσιάζει καὶ μιὰ αὐτεπαγωγὴ. Ή

αύτεπαγωγή αύτη μπορεῖ να είναι μικρή, δημιουργούμενη από την ομώνυμη συμμετοχή, ή μεγάλη, δημιουργούμενη από την ομώνυμη συμμετοχή. Επομένως, η έπαγωγική αύτη άντισταση μπορεῖ να γίνει σημαντική, ή μερική, ή αρκετά μεγάλη.

4.4 Πηνίο και άντισταση σε παράλληλη σύνδεση.

Με ανάλογο τρόπο λύεται και το πρόβλημα της παράλληλης συνδέσεως πηνίου και ωμικής άντιστάσεως (σχ. 4.4α). Η



Σχ. 4.4 α.

Πηνίο και ωμική άντισταση σε παράλληλη σύνδεση.

βασική παρατήρηση είναι τώρα ότι, αντί να έχωμε το ίδιο ρεύμα που να διαρρέει τα δύο στοιχεία, δημιουργούμενη σειράς, έκεινο που μένει έδω σταθερό είναι ή τάση άνάμεσα στα κοινά άκρα ωμικής άντιστάσεως και πηνίου. Φθάνει, λοιπόν, να άντιστρέψωμε, στοὺς συλλογισμοὺς τῆς προηγουμένης παραγράφου, τοὺς ρόλους τοῦ ρεύματος και τῆς τάσεως.

Έτσι, τὸ συνολικὸ ρεύμα τῆς πηγῆς I διαικλαδίζεται σε δύο ρεύματα I_R και I_X . Ανάμεσα στὰ ρεύματα αὐτὰ ὑπάρχει η ίδια σχέση, δημιουργούμενα γιὰ τὶς τάσεις. Δηλαδὴ τὰ ρεύματα προστίθενται γεωμετρικὰ και έχομε:

$$\text{συνολικό ρεύμα } I = \sqrt{I_R^2 + I_X^2}. \quad (1)$$

Στὸ παράδειγμα τοῦ σχήματος 4.4 α, τὸ ρεύμα μέσα ἀπὸ τὴν ωμικὴν άντισταση είναι (νόμος τοῦ "Ομ") $I_R = 10/100 = 0,10 \text{ A}$, τὸ

ρεῦμα τοῦ πηγήσου εἶναι $I_X = 10/200 = 0,05 \text{ A}$ (ή πολική τάση $U = 10 \text{ V}$ μένει ή ίδια) καὶ τὸ συνολικὸ ρεῦμα εἶναι:

$$I = \sqrt{(0,10)^2 + (0,05)^2} = \sqrt{0,0125} = \sqrt{1,25 \cdot 10^{-2}} = 0,112 \text{ A}$$

(δηλαδὴ 112 mA).

*Αφοῦ ξέρωμε τὴν συνολικὴν τάσην καὶ τὸ συνολικὸ ρεῦμα μποροῦμε, πάντα μὲ τὸ νόμο τοῦ "Ωμ, νὰ βροῦμε τὴν ισοδύναμη συνολικὴν ἀντίστασην. Θὰ εἶναι, βέβαια, μιὰ σύνθετη ἀντίσταση καὶ θὰ τὴν σημειώσωμε, δπως προηγούμενα, μὲ τὸ γράμμα Z. Θὰ ῥωμε λοιπόν: $Z = U/I = 10/0,112 = 89,3 \Omega$.

*Ας ἐπιχειρήσωμε πάλι νὰ ξεχάσωμε δτι οἱ δύο ἀντίστάσεις R καὶ X εἶναι διαφορετικοῦ εἰδους καὶ ἀς ἐφαρμόσωμε τὸ γνωτὸ κανόνα γιὰ δύο δμοιες ἀντίστάσεις σὲ παραλληληγή σύνδεση. Θὰ εὑρίσκαμε:

$$Z = \frac{R \cdot X}{R+X} = \frac{100 \cdot 200}{100+200} = \frac{20\,000}{300} = \frac{200}{3} = 66,7 \Omega,$$

δηλαδὴ ἔνα λανθασμένο ἀποτέλεσμα.

Γιὰ νὰ βροῦμε τὸ σωστό, φθάνει νὰ σκεψθοῦμε, σύμφωνα μὲ δσα εἴπαμε προηγούμενα τὸ ἔξῆς πράγμα: κάθε φορὰ ποὺ εἰχαμε νὰ κάνωμε μὲ τάσεις ἢ ρεύματα σὲ διαφορὰ φάσεως 90° , ἢ μὲ ἀντίστάσεις ποὺ προκαλοῦσαν μιὰ τέτοια διαφορὰ φάσεως 90° , τὰ ἀπλὰ ἀριθμητικὰ ἀθροίσματα $U_R + U_X$, $I_R + I_X$, $R + X$, εδιναν τὴν θέση τους στὰ γεωμετρικὰ ἀθροίσματα:

$$\sqrt{U^2_R + U^2_X}, \quad \sqrt{I^2_R + I^2_X}, \quad \sqrt{R^2 + X^2}.$$

*Η παρατήρηση αὐτὴ εἶναι γενικὴ ὑπὸ τὸν δρο δμως δτι ἀνάμεσα στὰ δύο μεγέθη διπάρχει διαφορὰ φάσεως ἀκριβῶς 90° . Αὐτὸ δμως συμβαίνει γιὰ ἔνα πηγήσ παραλληλισμένο μὲ μιὰ ὡμικὴ ἀντίσταση. *Αρα, δ λανθασμένος τύπος:

$$Z = \frac{R \cdot X}{R+X},$$

πρέπει νὰ ἀντικατασταθῇ ἀπὸ τὸν σωστὸ τύπο:

$$Z = \frac{R \cdot X}{\sqrt{R^2 + X^2}} \quad (2)$$

*Αν ἐφαρμόσωμε τὸν τύπο αὐτὸν στὸ παράδειγμά μας, εὑρίσκομε τὸ σωστὸ ἀποτέλεσμα $Z = 89,3 \Omega$.

Δὲν θὰ ἐπιμείνωμε περισσότερο. Πάντως, γιὰ δοσους ἔχουν κάπως περισσότερες ἀπαιτήσεις, προσθέτομε δτὶ, ἐξ αἰτίας τῆς παρουσίας τοῦ πηνίου, τὸ συνολικὸ ρεῦμα ἔξακολουθεῖ νὰ καθυστερῇ ὡς πρὸς τὴν τάση καὶ δτὶ ἡ γωνία καθυστερήσεως φ (μικρότερη ἀπὸ 90°) δίδεται ἀπὸ τὸν τύπο:

$$\epsilon\varphi\varphi = \frac{R}{X}, \quad (3)$$

ποὺ εἶναι ἀκριβῶς δ ἀντίστροφος τύπος γιὰ τὴν σύνδεση σὲ σειρὰ (στὸ παράδειγμά μας $\epsilon\varphi\varphi = 100/200 = 0,5$, δηλαδὴ $\varphi = 26^\circ,56$, δπότε δ συντελεστὴς λογικὸς εἶναι συνφ = 0,894).

4·5 Τὰ ραδιοτεχνικὰ πηνία.

Γιὰ νὰ ξεκουρασθοῦμε λίγο ἀπὸ τοὺς τύπους καὶ τοὺς λογαριασμοὺς (ποὺ τοὺς περιορίσαμε ὥστόσο στὸ ἐλάχιστο ἀπαραίτητο), θὰ ποῦμε μερικὰ πράγματα γιὰ τὸ πῶς εἶναι κατασκευασμένα τὰ ραδιοτεχνικὰ πηνία.

*Η κατασκευὴ διαφέρει συγμαντικά, ἀνάλογα μὲ τὴν περιοχὴν συχνότητας. Στὶς χαμηλὲς συχνότητες (κάτω ἀπὸ 20 000 c/s) βρίσκομε τοὺς μετασχηματιστὲς X.S., τοὺς μετασχηματιστὲς τροφοδοτήσεως καὶ τὰ πηνία τῶν φίλτρων τροφοδοτήσεως. Στὶς κατασκευὲς αὐτές, ποὺ εἶναι λίγῳ - πολὺ γνωστὲς ἀπὸ τὴν Ἡλεκτροτεχνία, τὰ πηνία τυλίγονται γύρω ἀπὸ σιδηροπυρῆνες ποὺ αὐξάνουν τὴν αὐτεπαγωγὴν, χωρὶς νὰ ἀπαιτήται ἔνας ἔξαιρετικὰ μεγάλος ἀριθμὸς ἀπὸ σπείρες, πράγμα ποὺ θὰ ἔκανε τὰ τυλίγματα τρομερὰ δγκώδη. *Αργότερα θὰ ξαναμιλήσωμε γιὰ τὴν χρησιμοπόληση τῶν μετασχηματιστῶν καὶ τῶν πηνίων στὴν χαμηλὴ συχνότητα.

Στὴν ὑψηλὴ συχνότητα (πάνω ἀπὸ 100 περίπου kc/s) ἡ χρήση σιδηροπυρήνων γενικὰ ἀποφεύγεται. Οἱ λόγοι εἰναι κυρίως δύο:

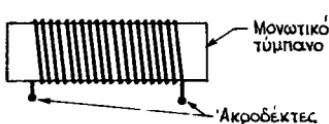
10. Ἡ αὔξηση τῆς αὐτεπαγωγῆς ἐνὸς πηνίου μὲ σιδηροπυρήνα ἔξαρταται ἀπὸ τὸ ρεῦμα ποὺ διαρρέει τὸ πηνίο. Εἴδαμε πραγματικὰ στὴν παράγραφο 4.1 ὅτι ἡ μαγνητικὴ διαπερατότητα (μ) τοῦ διλικοῦ τοῦ πυρήνα ἔξαρταται ἀπὸ τὸ ρεῦμα τοῦ πηνίου. "Ἐνα πηνίο μὲ σιδηροπυρήνα δὲν ἔχει, λοιπόν, μιὰ ἀρκετὰ σταθερὴ αὐτεπαγωγή. Ἡ σταθερότητα, δημως, εἰναι συνήθως ἀπαραίτητη γιὰ τὴ χρησιμοποίηση τῶν πηνίων στὴν ὑψηλὴ συχνότητα.

20. Ὁ σιδηροπυρήνας γίνεται αἰτία νὰ αὐξάνουν οἱ ἀπώλειεις ἰσχύος. Οἱ περισσότερες ἀπώλειεις διφεύλονται στὰ διινορροέματα, δηλαδὴ στὰ ρεύματα ποὺ δημιουργοῦνται ἀπὸ ἐπαγωγὴ μέσα στὴ μάζα τοῦ πυρήνα (βλέπε 'Ηλεκτροτεχνία, τόμος Α', Κεφ. 18). "Ἀπώλειεις δημιουργοῦνται· ἐπίσης καὶ ἀπὸ ἄλλους λόγους (ἀπὸ τὸ φαινόμενο ποὺ λέγεται μαγνητικὴ ὑστέρηση). "Ετοι, δ πυρήνας ἀπορροφᾶ μιὰ δρισμένη ἰσχὺ ποὺ τὴν μετατρέπει σὲ ἀνώφελη θερμότητα. "Ομως, στὴν ὑψηλὴ συχνότητα ἡ ἰσχὺς εἰναι ἀκριβὴ καὶ λιγοστὴ καὶ δὲν μποροῦμε νὰ τὴ σπαταλοῦμε.

Παρ' ὅλα αὐτά, ἔξακολουθοῦμε ἀκόμη νὰ χρησιμοποιοῦμε καὶ στὴν ὑψηλὴ συχνότητα πηνία μὲ δρισμένου εἴδους μαγνητικοὺς πυρῆνες. Αὐτὸ τὸ κάνομε περισσότερο στοὺς δέκτες, δηποὺ ἡ ἔξοικονδρηση ὅγκου εἰναι σοβαρὸ πρόβλημα. Παίρνομε δημως τότε μεγάλες προφυλάξεις σὲ σχέση μὲ τὴν ποιότητα τοῦ πυρήνα. Οἱ πυρῆνες ὑψηλῆς συχνότητας εἰναι κατασκευασμένοι ἀπὸ εἰδικὰ μαγνητικὰ διλικὰ μὲ τέτοιο τρόπο, ὥστε οἱ ἀπώλειεις ἰσχύος καὶ οἱ μεταβολὲς τῆς αὐτεπαγωγῆς νὰ περιορίζωνται σὲ ἀνεκτὰ δρια. Τέτοιοι πυρῆνες κατασκευάζονται π. χ. ἀπὸ μονωτικὸ διλικό, μέσα στὸ δποῖο εἰναι διασκορπισμένη σκόνη ἀπὸ σιδηρομαγνητικὸ διλικὸ ἢ ἀπὸ τὰ καινούργια διλικὰ ποὺ λέγονται φερρίτες (μαγνητικὰ διλικὰ σχεδὸν μονωτικά).

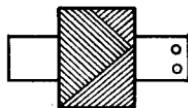
Όσο δμως καὶ ἀν ἔχη προσδεύσει ἡ σημερινὴ βιομηχανία στὴν κατασκευὴ ἐλέκτρων μαγνητικῶν ὑλικῶν, τὸ καλύτερο πγνίο ὑψηλῆς συχνότητας παραμένει τὸ πγνίο ἀέρος, δηλαδὴ χωρὶς μαγνητικὸ πυρήνα. Τὸ προτιμοῦμε, λοιπόν, στὴν ραδιοτεχνία, ὅταν βέβαια μποροῦμε νὰ τὸ χρησιμοποιήσωμε. Πάντως, εἶναι κάποτε προτιμότερο νὰ χρησιμοποιήσωμε ἐναν καλὸ πυρήνα, παρὰ νὰ προσθέσωμε στὸ τύλιγμα τόσο μῆκος σύρματος, ποὺ οἱ ὥμικὲς ἀπώλειες σ' αὐτὸν νὰ γίνωνται μεγαλύτερες ἀπὸ ἐκεῖνες τοῦ πυρήνα.

Τὰ σχήματα 4·5 α., 4·5 β καὶ 4·5 γ δείχνουν μερικὰ εἰδή-



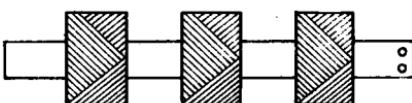
Σχ. 4·5 α.

Κυλινδρικὸ πηνίο μὲ ἀπλὴ στρώση (βραχέα καὶ ὑπερβραχέα κύματα).



Σχ. 4·5 β.

Πηνίο μὲ πολλὲς στρώσεις σὲ κυψελοειδὲς τύλιγμα (μεσαῖα κύματα).



Σχ. 4·5 γ.

Πηνίο μὲ πολλὰ τμῆματα συνδεμένα σὲ σειρά. Κάθε τμῆμα ἔχει πολλὲς στρώσεις σὲ κυψελοειδὴ περιέλιξη (μακρὰ κύματα).

πηνίων ποὺ χρησιμοποιοῦνται στὰ στάδια ὑψηλῆς συχνότητας ἐνὸς δέκτη. Υπάρχουν, βέβαια, καὶ ἄλλα εἰδῆ πηνίων ποὺ δὲν θὰ τὰ ἀγαφέρωμε ἐδῶ. Οὕτε θὰ ἀσχοληθοῦμε μὲ περισσότερες κατασκευαστικὲς λεπτομέρειες, στὸ πῶς γίνονται τὰ διάφορα τυλίγματα κλπ. Αντίθετα, θὰ προσθέσωμε δρισμένες λεπτομέρειες γιὰ τὶς ἀπώλειες ἴσχυος, γιατὶ τὸ ζήτημα αὐτὸν ἔχει βασικὴ σημασία στὴ ραδιοτεχνία.

4·6 Συντελεστής ποιότητας ένδος πηνίου.

Οι ἀπώλειες ισχύος ένδος πηνίου μποροῦν γενικά νὰ καταταχθοῦν σὲ δύο κατηγορίες :

1ο. Ἀπώλειες ποὺ δφείλονται στὴν ὡμικὴ ἀντίσταση τοῦ σύρματος τοῦ πηνίου. Εἰδαμε μάλιστα (παρ. 3·3) ὅτι ἡ ὡμικὴ ἀντίσταση τοῦ σύρματος, ἄρα καὶ οἱ ἀπώλειες, αὐξένουν στὴν ὑψηλὴ συχνότητα ἐξ αἰτίας τοῦ ἐπιδερμικοῦ φαινομένου. Γιὰ νὰ τὶς περιορίσωμε, πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμε εἰδικὰ σύρματα (σωληνωτὰ σύρματα ή σύρματα λίτσ).

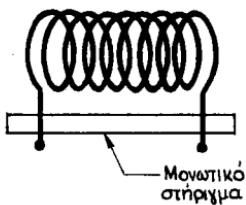
2ο. Ἀπώλειες ποὺ δφείλονται στὴν παρουσία διαφόρων ύλικῶν κοντὰ στὸ πηνίο. Στὴ δεύτερη κατηγορία αὐτὴ, περιλαμβάνονται :

α) Οι ἀπώλειες ἀπὸ δινορρεύματα καὶ ὑστέρηση στὸν πυρήνα (ἄν υπάρχῃ). Εἰδαμε μὲ ποιοὺς τρόπους οἱ ἀπώλειες αὐτὲς μποροῦν νὰ περιορισθοῦν (εἰδικοὶ πυρῆνες).

β) Οι ἀπώλειες στὸ μονωτικὸ τύμπανο, ποὺ πάνω του εἶναι τυλιγμένο τὸ πηνίο. Δὲν θὰ ἔχηγγήσωμε περισσότερο ἐδῶ αὐτὸ τὸ εἶδος ἀπώλειῶν (θὰ τὸ ξαναβροῦμε παρακάτω στὸν πυκνωτέές). Πρέπει δημοσιεύσωμε δητὶ δλα τὰ διλικὰ (ἀγώγιμα ή μονωτικὰ) γίνονται αἰτίες ἀπώλειῶν, διαν βρίσκωνται κοντὰ σὲ ρευματοφόρους ἀγωγούς. Αὐτὸ συμβαίνει καὶ μὲ τὸ μονωτικὸ τύμπανο τοῦ πηνίου, μὲ τὰ στηρίγματά του, μὲ τὶς μονώσεις τοῦ τυλίγματος ακλπ. "Αν θέλωμε νὰ περιορίσωμε αὐτὲς τὶς μονωτικὲς ἀπώλειες, πρέπει νὰ κατασκευάσωμε ἔνα πηνίο ἀέρος μὲ τύλιγμα ἀπὸ χοντρὸ γυμνὸ σύρμα, χωρὶς μονωτικὸ τύμπανο, καὶ μὲ τὰ ἐλάχιστα δυνατὰ στηρίγματα ἀπὸ διλικὸ καλῆς ποιότητας (σχ. 4·6 α).

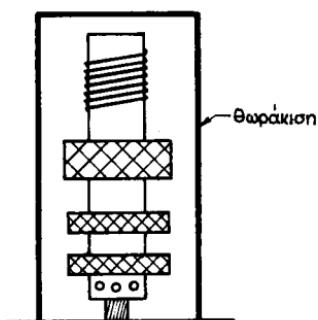
γ) Οι ἀπώλειες στὴ θωράκιση τοῦ πηνίου (ἄν υπάρχῃ). Η θωράκιση εἶναι ἔνα μεταλλικὸ κοντί, ποὺ μέσα του κλείνομε τὸ πηνίο γιὰ μὴ τὸ ἀφήσωμε νὰ ἐπιδρᾶ πάνω σὲ ἄλλα πηνία ή κυκλώματα ποὺ εὑρίσκονται κοντά του (σχ. 4·6 β). Στὴν ὑψηλὴ συχνό-

τητα ή θωράκιση άποτελεῖται συνήθως άποδεξαμένη χάλκινο ή μπρούντζινο κουτί (ένω στη χαμηλή συχνότητα είναι προτιμότερη η θωράκιση των πηγών με κουτί άποδεξαμένη μαγνητικό διλικό). Τὸ μαγνητικὸ πεδίο τοῦ πηγήσου προκαλεῖ πάνω σὲ ἓνα τέτοιο θώρακα δινορρεύματα, που ἀπορροφοῦν τὴν ἐνέργεια τοῦ πεδίου καὶ δὲν τὸ ἀφίγνουν



Σχ. 4·6 α.

Πηγίο δέρος άποδεξαμένη χοντρό σύρμα (συνήθως σωληνωτὸ σύρμα στὰ πηνία ἔκπομπῆς).



Σχ. 4·6 β.

Θωράκιση πηνίου (τὸ πηνίο τοῦ σχήματος είναι πολλαπλό, ἔχει δηλαδὴ περισσότερα τυλίγματα που χρησιμεύουν γιὰ διάφορες περιοχὲς κυμάτων).

νὰ ἐπιδράσῃ παραπέρα. Αὐτὸδος διμως σημιαίνει συγχρόνως ὅτι τὰ δινορρεύματα τοῦ θώρακα αὐξάνουν τὶς ἀπώλειες ἰσχύος. Η θωράκιση ἔχει καὶ ἓνα ἄλλο ἀποτέλεσμα, δηλαδὴ συντελεῖ στὸ νὰ μικραίνῃ ἐλαφρὰ ή αὐτεπαγωγὴ τοῦ πηνίου που προστατεύει. Γιὰ τοὺς λόγους αὐτούς, δ θώρακας πρέπει νὰ τοποθετῆται σὲ κάποια ἀπόσταση άποδεξαμένη τὸ πηνίο, νὰ μὴ τὸ σφίγγη ἀπὸ πολὺ κοντά.

"Ολες αυτές οι αιτίες ἀπωλειῶν προστίθενται καὶ δίδουν μιὰ συνολικὴ ἀπώλεια ἵσχυος. Τὸ μόνο, ποὺ στὴν πραγματικότητα ἔρομε, εἶναι αὐτὴ ἡ συνολικὴ ἀπώλεια ἵσχυος, χωρὶς νὰ μποροῦμε νὰ ἔχωρίσωμε μὲ κάποια ἀκρίβεια τὶς διάφορες πηγές της. Πῶς εἶναι δυνατὸν νὰ περιγράψωμε ἀπλὰ μιὰ τέτοια κατάσταση;

Ο καλύτερος τρόπος εἶναι νὰ τὰ φορτώσωμε ὅλα στὴν ὡμικὴ ἀντίσταση τοῦ σύρματος τοῦ πηνίου. Φυσικά, αὐτὴ δὲν μπορεῖ νὰ εἶναι ἡ ὡμικὴ ἀντίσταση τοῦ σύρματος στὸ συνεχὲς ρεῦμα, ἀλλὰ οὕτε καὶ ἡ ὡμικὴ του ἀντίσταση στὴν ὑψηλὴ συχνότητα. Θὰ εἶναι μιὰ ἄλλη μεγαλύτερη, ἀνύπαρκτη στὴν πραγματικότητα ὡμικὴ ἀντίσταση r , ποὺ θὰ διατηρητὸν πάντως τὴν ἐξῆς βασικὴν ἰδιότηταν κάθε ὡμικῆς ἀντιστάσεως: "Αν τὴν πολλαπλασιάσωμε ἐπὶ τὸ τετράγωνο τοῦ ρεύματος τοῦ πηνίου I^2 , τὸ γινόμενο $r \cdot I^2$ θὰ παριστάνῃ τὴν συνολικὴ ἀπώλεια ἵσχυος P . Ἡ ἵσχυς αὐτὴ μετατρέπεται δλόκληρη σὲ θερμότητα πάνω στὸ πηνίο. Τὸν ἕδιο τρόπο ἐκφράσεως μιᾶς ὡμικῆς ἀντιστάσεως τὸν εἴχαμε ἄλλωστε χρησιμοποιήσει καὶ μὲ τὴν εύκαιρία τοῦ ἐπιδερμικοῦ φαινομένου στὴν παράγραφο 3 · 3.

Θὰ δνομάζωμε, ἐπομένως, ὡμικὴ ἀντίσταση ἐνὸς πηνίου στὴν ὑψηλὴ συχνότητα τὸ λόγο:

$$r = \frac{\text{συνολικὴ ἀπώλεια } \tilde{\text{ἵσχυος}}}{\text{ρεῦμα τοῦ πηνίου στὸ τετράγωνο}} = \frac{P}{I^2}. \quad (1)$$

Τὴν ὡμικὴ αὐτὴ ἀντίσταση θὰ τὴν σημειώνωμε σὲ σειρὰ μὲ τὸ πηνίο (δπως στὸ σχῆμα 4 · 3 γ). Συγχρόνως, αὐτὸ τὸ ἕδιο τὸ πηνίο θὰ τὸ θεωροῦμε σὰν ἴδανικὸ πηνίο, δηλαδὴ σὰν πηνίο χωρὶς ἀπώλειες. "Ετοι, ἔνα πραγματικὸ πηνίο θὰ παριστάνεται μὲ ἔνα ἴδανικὸ πηνίο σὲ σειρὰ μὲ τὴν ὡμικὴ ἀντίσταση τῶν ἀπωλειῶν του.

"Ενα πηνίο θὰ εἶναι τόσο καλύτερο, θὰ πλησιάζῃ τόσο περισσότερο στὸ ἴδανικὸ πηνίο, δισο ἡ ὡμικὴ του ἀντίσταση ἀπωλειῶν

τ είναι μικρότερη. Μικρότερη δημοσ ής πρὸς τί; Μικρότερη, πρέπει νὰ συμπληρώσωμε, ής πρὸς τὴν ἐπαγωγικὴν ἀντίσταση ωL τοῦ πηνίου. Θὰ λέμε, λοιπόν, στὴν πράξη δτι ἔνα πηνίο είναι καλύτερο ἀπὸ ἔνα ἄλλο, δταν δ λόγως $\omega L/g$ είναι μεγαλύτερος. Τὸ λόγο αὐτὸ τὸν ὀνομάζομε συντελεστὴ ποιότητας ἢ ἀπλῶς ποιότητα τοῦ πηνίου καὶ τὸν σημειώνομε μὲ τὸ γράμμα Q. Δηλαδή:

$$\text{συντελεστὴς ποιότητας } Q = \frac{\omega L}{r}. \quad (2)$$

Π.χ. ἂν τὸ σχῆμα $4 \cdot 3$ γ ἡ ἀντίσταση σὲ σειρὰ παρίστανε τὶς ἀπώλειες τοῦ πηνίου, τέτι τὸ πηνίο θὰ εἴχε συντελεστὴ ποιότητας $Q = 200/100 = 2$. Ἐνας τέτοιος συντελεστὴς ποιότητας θὰ ἦταν ἔξαιρετικὰ χαμηλός. Τὰ ραδιοτεχνικὰ πηνία ἔχουν συντελεστὲς ποιότητας πολὺ ὑψηλότερούς. Ποιότητα $Q = 100$ ἔξασφαλίζεται ἀρκετὰ εύκολα. Ὁταν δημοσ πάρωμε κάθε φροντίδα γιὰ νὰ περιορίσωμε τὶς ἀπώλειες, μποροῦμε νὰ φθάσωμε μέχρι $Q = 300$ ἢ κάτι περισσότερο.

Ο συντελεστὴς ποιότητας είναι βασικὸ χαρακτηριστικὸ ένδος ραδιοτεχνικοῦ πηνίου. Ή σημασία του φαίνεται ἀκόμα καλύτερα, δταν προσθέσωμε δτι δ συντελεστὴς ποιότητας είναι σχεδὸν ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴ συχνότητα μέσα σὲ μιὰ ἀρκετὰ πλατειὰ περιοχὴ συχνοτήτων. Π.χ. ἔνα πηνίο, πὸ χρησιμοποιεῖται σὲ ἔνα δέκτη γιὰ τὴν περιοχὴ τῶν μεσαίων κυμάτων, ἔχει ἔνα συντελεστὴ ποιότητας πρακτικὰ σταθερὸ μέσα σὲ δλόκληρη κύτη τὴν περιοχή. Αὐτὸ συμβαίνει, γιατὶ ἡ ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση αὐξάνει, δπως ξέρομε, ἀνάλογα μὲ τὴ συχνότητα, ἐνῶ συγχρόνως τὸ ἵδιο σχεδὸν γίνεται καὶ μὲ τὶς συνολικὲς ἀπώλειες, σὲ τρόπο ὥστε δ λόγος $Q = \omega L/g$ νὰ μένῃ πρακτικὰ σταθερός. Ἀργότερα θὰ δοῦμε πόσο σημαντικὸ ρόλο παίζει δ συντελεστὴς ποιότητας στὰ ραδιοτεχνικὰ κυκλώματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Σ

ΠΥΚΝΩΤΕΣ

5.1 Ἡ χωρητικότητα.

Ἐνας πυκνωτής συγχρατίζεται ἀπὸ δύο ἀγωγούς, που χωρίζονται μεταξύ τους ἀπὸ τὸν ἄλλον ἢ ἀπὸ ἕνα ἄλλο μονωτικὸν ὅλικό. Οἱ δύο ἀγωγοὶ διομάζονται ὀπλισμοὶ καὶ τὸ μονωτικὸν ὅλικό λέγεται διηλεκτρικὸν τοῦ πυκνωτῆ.

Ξέρομε ἀπὸ τὴν Ἡλεκτροτεχνία (τόμος Α', Κεφ. 20) ὅτι ἔνας πυκνωτής συγχρατεῖ στοὺς ὀπλισμούς του ἡλεκτρικὰ φορτία, δταν οἱ ὀπλισμοὶ του συγδεθοῦν πρὸς τοὺς πόλους μιᾶς πηγῆς (σχ. 5.1 α). Λέμε τότε ὅτι δ πυκνωτής φορτίζεται. Ο χώρος ἀνάμεσα στοὺς ὀπλισμοὺς ἐνὸς φορτισμένου πυκνωτῆ γίνεται ἔνα ἡλεκτρικὸν πεδίο. Αὐτὸν θὰ πῆ ὅτι, ἂν μέσα στὸ χώρο αὐτὸν τοποθετήσωμε ἔνα ἡλεκτρικὸν φορτίο, τότε ἀναπτύσσονται πάνω στὸ φορτίο αὐτὸν ἡλεκτρικὲς δυνάμεις. Οἱ ἡλεκτρικὲς δυνάμεις ἀναπτύσσονται, βέβαια, ἀπὸ τὰ φορτία που συγχρατοῦνται στοὺς διπλισμοὺς τοῦ πυκνωτῆ. Ἡ κατεύθυνση, τῶν ἡλεκτρικῶν δυνάμεων σημειώνεται μὲν γραμμές, που τὶς ἐνοικάζοιτες ἡλεκτρικὲς γραμμές καὶ τὶς χρησιμοποιοῦμε γιὰ νὰ παριστάνωμε τὰ ἡλεκτρικὰ πεδία (σχ. 5.1 α).

Ἡλεκτρικὲς δυνάμεις ἀσκοῦνται, βέβαια, καὶ πάνω στὰ ἡλεκτρόνια τῶν μορίων τοῦ διηλεκτρικοῦ ὅλικου (ὅταν δὲν πρόκειται γιὰ πυκνωτὴ ἁέρος). Οἱ δυνάμεις αὗτες μετατοπίζουν τὰ ἡλεκτρόνια. Ἐπειδὴ ὅμως τὸ ὅλικὸν εἶναι μονωτικό, τὰ ἡλεκτρόνια εἰναι δεμένα μὲ τὰ ἄτομα ὅπου ἀνήκουν καὶ δὲν μποροῦν νὰ τὰ ἐγκαταλείψουν. "Οταν μάλιστα δ πυκνωτής ἐκφορτισθῇ, ὅπότε τὰ φορτία στοὺς διπλισμούς του ἔξαφανίζονται καὶ πιαζοῦνται καὶ τὸ ἡλεκτρικὸν πεδίο καὶ οἱ ἡλεκτρικὲς δυνάμεις, τότε τὰ ἡλε-

κτρόνια ἐπανέρχονται στὶς ἀρχικὲς τροχιές τους. Ἡ μετατόπισγ, τῶν ἡλεκτρονίων μοιάζει, λοιπόν, μὲ τὸ πῶς τεντώνεται ἔνα λάστιχο, ὅταν τοῦ ἐφαρμόζωμε ὁρισμένες δυνάμεις. Γι' αὐτὸς λέμε ὅτι: ἔνας πυκνωτής παρουσιάζει ἐλαστικές ἴδιοτητες. Κατὰ κάποιο ἀνάλογο τρόπο εἴχαμε δῆ τι ἔνα πηγής παρουσιάζει ἴδιοτητες: Κατὰ κάποιο ἀδρανείας.

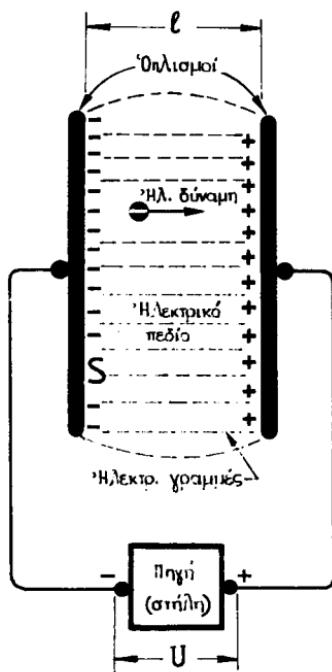
"Οταν δύο πυκνωτής φορτίζωνται: ἀπὸ μιὰ καὶ τὴν ἑδια πηγή, ἔκεινος ποὺ συγκρατεῖ (χωράει) περισσότερα φορτία θὰ λέμε ὅτι: ἔχει μεγαλύτερη χωρητικότητα. Ἐκτὸς ἀπὸ τὴν χωρητικότητα, τὰ φορτία ποὺ συγκρατοῦνται ἀπὸ ἔνα πυκνωτή εἰναι: ἀνάλογα καὶ πρὸς τὴν τάση τῆς πηγῆς. "Αν, λοιπόν, σημειώσωμε τὰ φορτία μὲ Q, τὴν χωρητικότητα τοῦ πυκνωτῆ μὲ C καὶ τὴν τάση τῆς πηγῆς μὲ U, θὰ ἔχωμε:

$$\text{φορτίο } Q = CU. \quad (1)$$

Ἡ χωρητικότητα ἐνδὲ πυκνωτῆ μετρεῖται: σὲ φαράντ (farad, σύμβολος F). "Ἐνας πυκνωτής ἔχει χωρητικότητα τόσα φαράντ, ὅσα εἰναι τὰ φορτία (σὲ κουλόμ) ποὺ μπορεῖ δ πυκνωτής νὰ συγκρατήσῃ μὲ τάση ἐνδὲ βόλτ. Ἐπειδὴ δημιώς τὸ φαράντ εἰναι πολὺ μεγάλη μονάδα (πυκνωτής ἐνδὲ φαράντ δὲν ὑπάρχει στὴν πράξη) γι' αὐτὸς χρησιμοποιοῦμε τὶς ὑποδιαιρέσεις του: μικροφαράντ (1 μF = 10⁻⁶F) ή πικοφαράντ (1 pF = 1 μμF = 10⁻¹²F). Π.χ. ἔνας πυκνωτής μὲ χωρητικότητα C = 2 μF, ποὺ φορτίζεται ἀπὸ μιὰ πηγὴ, μὲ πολική τάση U = 250 V, συγκρατεῖ στοὺς δύλισμούς του φορτία Q = CU = 2 · 10⁻⁶ · 250 = 500 · 10⁻⁶ κουλόμ, δηλαδὴ 500 μικροκουλόμ.

"Αν ἔχωμε ἔνα πυκνωτή ἀέρος μὲ ἐπίπεδους δύλισμοὺς (σχ. 5·1 α) καὶ τὸ χῶρο ἀνάμεσα στοὺς δύο δύλισμοὺς τὸν γεμίσωμε μὲ ἔνα μονωτικὸ (διηλεκτρικὸ) δίλικὸ (ὅπως χαρτί, μίκα, πλαστικὸ ὑλικό, μονωτικὸ λάδι κλπ.), θὰ παρατηρήσωμε ὅτι ἡ χωρητικότητα τοῦ πυκνωτῆ αὔξανει. Ὁ ἀριθμὸς ποὺ δείχνει κατὰ πόσες φορὲς πολλαπλασιάζεται ἡ χωρητικότητα λέγεται σχετικὴ διη-

λεκτρική σταθερά του ύλικού. Τη διηλεκτρική σταθερά τη σημειώνομε μὲ τὸ γράμμα ε. Γιὰ τὸν δέρα είναι ε = 1, ἐνῶ ἡ διηλεκτρική σταθερά τῶν ἀλλων ύλικῶν κυμαίνεται συνήθως ἀπὸ 2 ὅς 10 (ἐκτὸς ἀπὸ τὰ κεραμικὰ ύλικά ποὺ φθάνουν μέχρι ε = 100 ἢ 200).



Σχ. 5·1 α.

"Αν διακόψωμε τὴ σύνδεση πρὸς τὴν πηγή, ὁ πυκνωτής μένει φορτισμένος. Γιὰ νὰ τὸν ἐκφορτίσωμε πρέπει, κατόπιν, νὰ βραχυκυκλώσωμε τοὺς δόπλισμούς του.

"Ἄρα, δταν θέλωμε νὰ κατασκευάσωμε πυκνωτές μὲ μεγάλη χωρητικότητα καὶ μικρὸ δγκο, πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμε διηλεκτρικὰ ύλικὰ καὶ μάλιστα μὲ σσο γίνεται μεγαλύτερη διηλεκτρική σταθερά. Ή διηλεκτρική σταθερά είναι κάτι ἀνάλογο μὲ τὴ μαγνητικὴ διαπερατότητα τῶν μαγνητικῶν ύλικῶν. Μιὰ ούσιαστι-

κή δημιουργίας διαφορά είναι ότι ή διηλεκτρική σταθερά δὲν έχει αποτάξια πρακτικά από τὴν τάση τοῦ πυκνωτή, είναι δηλαδή μιὰ πραγματική σταθερά τοῦ διηλεκτρικοῦ ύλικοῦ, ἐνῶ η μαγνητική διαπερατότητα έχει αποτάξια από τὸ ρεῦμα τοῦ πηγής.

Η χωρητικότητα ἐνδέξει πυκνωτή είναι λοιπὸν ἀνάλογη πρὸς τὴν διηλεκτρική σταθερά τοῦ μονωτικοῦ ύλικοῦ του. Ἐκτὸς από αὐτό, η χωρητικότητα είναι ἐπίσης ἀνάλογη πρὸς τὴν ἐπιφάνεια τῶν διπλισμῶν τοῦ πυκνωτή καὶ ἀντιστρόφως ἀνάλογη πρὸς τὴν ἀπόσταση τῶν διπλισμῶν του. Μὲ ἄλλα λόγια, ἀν ἔχωμε ἐναντίον ἐπιπέδῳ πυκνωτή (σχ. 5·1 α), ποὺ κάθε ὅψη τοῦ καθενὸς διπλισμοῦ του ἔχει ἐπιφάνεια S (σὲ cm^2) καὶ ἡ ἀπόσταση μεταξὺ τῶν διπλισμῶν είναι l (σὲ mm), τότε η χωρητικότητά του θὰ είναι:

$$C = 0,886 \cdot \frac{\epsilon S}{l} \quad (\text{σὲ } \mu\text{F}). \quad (2)$$

Π.χ. ἐνας ἐπιπέδος πυκνωτής ἀέρος ($\epsilon = 1$) μὲ ἐπιφάνεια $S = 1 \text{ cm}^2$ καὶ ἀπόσταση διπλισμῶν $l = 1 \text{ mm}$ ἔχει χωρητικότητα $C = 0,886 \mu\text{F}$. Χρειάζονται ἐπομένως διπλισμοὶ μὲ μεγάλες ἐπιφάνειες καὶ σὲ μικρὴ ἀπόσταση, σὲ συνδυασμὸ μὲ γρηγοριόηση κατάληλου διηλεκτρικοῦ ύλικοῦ, γιὰ νὰ πάρωμε χωρητικότητες μὲ πολλὰ μF η μερικὰ μF . "Ας σημειώθῃ ἔξι ἄλλους ότι ὁ παραπάνω τύπος 2 δίνει στὴν πρᾶξη προσέγγιση πολὺ καλύτερη, ἀπὸ ὅτι ὁ ἀντίστοιχος τύπος 1 (παρ. 4·1) γιὰ τὰ πηγία.

"Οταν ἐνας πυκνωτής συνδεθῇ στοὺς πόλους μιᾶς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος, ἐνα ρεῦμα θὰ κυκλοφορήσῃ στὰ σύρματα τῆς συνδέσεως γιὰ μιὰ μικρὴ χρονικὴ διάρκεια, μέχρι ποὺ νὰ φορτισθῇ ἐντελῶς ὁ πυκνωτής. Κατόπιν τὸ ρεῦμα θὰ σταματήσῃ, δηλαδὴ ὁ πυκνωτής ἀποτελεῖ διακοπὴ στὸ συνεχὲς ρεῦμα. Αὐτὸς ἐφείλεται στὸ ότι τὸ ρεῦμα δὲν μπορεῖ νὰ περάσῃ ἀπὸ τὸν ἐναντίον πόλυμο τοῦ πυκνωτή στὸν ἄλλο, ἀφοῦ ἀνάμεσα στοὺς διπλισμοὺς ὑπάρχῃ μονωτικὸς ύλικός.

"Οταν δημιουργίας συνδεθῇ στοὺς πόλους μιᾶς πηγῆς

ἐναλλασσομένου ρεύματος, τέτε ἔνα ἐναλλασσόμενο ρεῦμα κυκλοφορεῖ μόνιμα στὸ κύκλωμα. Πραγματικά, καθὼς τὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα ἀλλάζει διαρκῶς κατεύθυνση, ἀλλοτε πάει νὰ φορτίσῃ καὶ ἄλλοτε νὰ ἐκφορτίσῃ τὸν πυκνωτή. Τὰ σύρματα τῆς συνδέσεως διαρρέονται λοιπὸν διαρκῶς ἀπὸ τὰ ρεύματα τῆς φορτίσεως καὶ τῆς ἐκφορτίσεως. "Ετσι δὲ πυκνωτὴς δὲν ἀποτελεῖ διακοπὴ στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα. Αὗτὸς βέβαιας δὲν σημαίνει ὅτι τὸ ρεῦμα περνᾶ μέσα ἀπὸ τὸ μονιμικὸν τοῦ πυκνωτῆς. Τὸ ρεῦμα κύκλωφορεῖ στὰ σύρματα τῆς συνδέσεως, σὰν ἀποτέλεσμα τῆς μεταφορᾶς τῶν φορτίων γιὰ τὴ φόρτιση καὶ τὴν ἐκφόρτιση τοῦ πυκνωτῆς. Εἶναι σὰν ἔνα πλήθος ἀνθρώπων ποὺ πηγαινούρχεται καὶ στριμώγνεται μπροστὰ σὲ μιὰ κλειστὴ πόρτα: ἡ πόρτα μένει κλειστή, τὸ πλήθος διώκει δὲν παύει νὰ πηγαινούρχεται.

"Αν στοὺς πόλους τῆς ἐναλλασσόμενης πηγῆς συνδέσωμε ἔναν ἄλλο πυκνωτή μὲ μικρότερη χωρητικότητα, τὸ ρεῦμα γίνεται μικρότερο. Αὗτὸς εἶναι φανερός, γιατὶ ἔνας μικρότερος πυκνωτὴς φορτίζεται καὶ ἐκφορτίζεται μὲ λιγότερα φορτία. Ἀπὸ ὅσα εἴπαμε, συμπεραίνομε ὅτι ἔνας πυκνωτὴς δὲν ἀποτελεῖ μὲν διακοπὴ στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, προβάλλει διώκει μιὰ δρισμένη ἀντίσταση στὴ διάβαση τοῦ ἐναλλασσόμενου ρεύματος — καὶ μάλιστα τόσο μεγαλύτερη, ὅσο ἡ χωρητικότητά του εἶναι μικρότερη. Τὴν ἀντίστασην αὐτὴν τοῦ πυκνωτῆς τὴν δύνομάζομε χωρητικὴ ἀντίσταση.

"Αν, ἀντὶ νὰ μικρύνωμε τὴν χωρητικότητα, χαμηλώσωμε τὴ συχνότητα τῆς πηγῆς, τὸ ἀποτέλεσμα θὰ είναι τὸ ἵδιο. Πραγματικά, χαμηλότερη συχνότητα θὰ πῆ ὅτι ἔχομε λιγότερες φορτίσεις καὶ ἐκφορτίσεις μέσα σὲ ἔνα δευτερόλεπτο. "Αρα, τὰ φορτία ποὺ πηγαινούρχονται στὸ δευτερόλεπτο, δηλαδὴ τὸ ρεῦμα, γίνεται μικρότερο. Ἐπειδὴ συγχρόνως ἡ τάση τῆς πηγῆς ἔμεινε ἡ ἵδια, πρέπει νὰ πούμε ὅτι ἡ ἀντίσταση τοῦ πυκνωτῆς αὐξήθηκε. "Αρα ἡ χωρητικὴ ἀντίσταση εἶναι ἐπίσης ἀντιστρόφως ἀνάλογη πρὸς τὴ συχνότητα τῆς πηγῆς.

"Ετσι, όν σημειώσωμε μὲ X τὴ χωρητικὴ ἀντίσταση (μὲ τὸ ίδιο γράμμα ποὺ σημειώσαμε καὶ τὴν ἐπαγωγικὴν ἀντίσταση), θὰ ἔχωμε:

$$\text{χωρητικὴ ἀντίσταση } X = \frac{1}{6,28 \cdot f \cdot C} = \frac{1}{\omega C}, \text{ (οὲ ὅμ.),} \quad (3)$$

ὅπου πάλι $\omega = 2\pi \cdot f = 6,28 \cdot f$ ἡ κυκλικὴ συχνότητα τῆς πηγῆς (f ἡ συχνότητά της σὲ c/s) καὶ C ἡ χωρητικότητα τοῦ πυκνωτῆ (σὲ F). Π. χ. ἔνας πυκνωτής μὲ C = 2 μF προσάλλει στὸ βιομηχανικὸ ρεῦμα ($f = 50$ c/s) χωρητικὴ ἀντίσταση X = $1/6,28 \cdot 50 \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 10^6/628 = 1590$ Ω. Αὐτὴ ἡ χωρητικὴ ἀντίσταση γίνεται, γιὰ μιὰ πηγὴ μὲ συχνότητα 1 Mc/s: X = $1/6,28 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^{-6} = 0,0796$ Ω, δηλαδὴ ὁ πυκνωτής τῶν 2 μF γίνεται πρακτικὰ βραχυκύλωμα στὸν 1 Mc/s. Γιὰ κάθε πυκνωτὴν ὑπάρχει γενικὰ μιὰ ἀρκετὰ ὑψηλὴ συχνότητα, ποὺ ἀπὸ αὐτὴ καὶ πάνω ὁ πυκνωτὴς πρακτικὰ βραχυκύλωνεται.

"Ακριβῶς τὸ ἀντίθετο συμβαίνει μὲ τὴν ἐπαγωγικὴν ἀντίσταση ἐνὸς πηγῶν. Η ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὴ συχνότητα. "Οταν, λοιπόν, ἡ συχνότητα γίνη ἀρκετὰ ὑψηλή, τὸ πηγίο προσάλλει πρακτικὰ ἀπειρη ἀντίσταση, δηλαδὴ ἰσοδυναμεῖ μὲ διακοπή. "Η διαφορὰ αὐτὴ ἀνάμεσα στὸ πηγίο καὶ στὸν πυκνωτὴν εἶναι πάρα πολὺ βασική. Θὰ μπορούσαμε νὰ ποῦμε δτὶ ἔνας πυκνωτὴς εἶναι τὸ ἀντίστροφο ἐνὸς πηγῶν (παρ' ὅλο ποὺ ὑπάρχουν καὶ σημεῖα διμοιστητας). Τὸ γεγονὸς αὐτὸς διδηγεῖ παρακάτω σὲ πολὺ ἀξιόλογες ἐφαρμογές.

"Ο νόμος τοῦ "Ωμ ἔξακολουθεῖ νὰ ἀληθεύῃ γιὰ τὴ χωρητικὴ ἀντίσταση. Τὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα εἶναι δηλαδὴ καὶ πάλι I = U/X (ὅπως καὶ στὴν περίπτωση τοῦ πηγῶν). "Εδῶ ὅμως ἡ χωρητικὴ ἀντίσταση εἶναι X = 1/ωC καὶ ἐπομένως θὰ ἔχωμε:

$$\text{ρεῦμα } I = \frac{U}{X} = (\omega C) \cdot U, \quad (4)$$

ἢ, ἐπίσης:

$$\tauάση U = X \cdot I = \frac{I}{\omega C}. \quad (5)$$

Π.χ. αν διαρρέεται στο πυκνωτή της $X = 1/\omega C = 1590 \Omega$ στούς 50 c/s , συνδεθή στη βιομηχανική δίκτυο $220 \text{ V}/50 \text{ c/s}$, θα διαρρέεται από ρεύμα $I = U/X = 220/1590 = 0,1384 \text{ A}$ ($\delta\eta\lambda\delta\eta$ 138,4 mA).

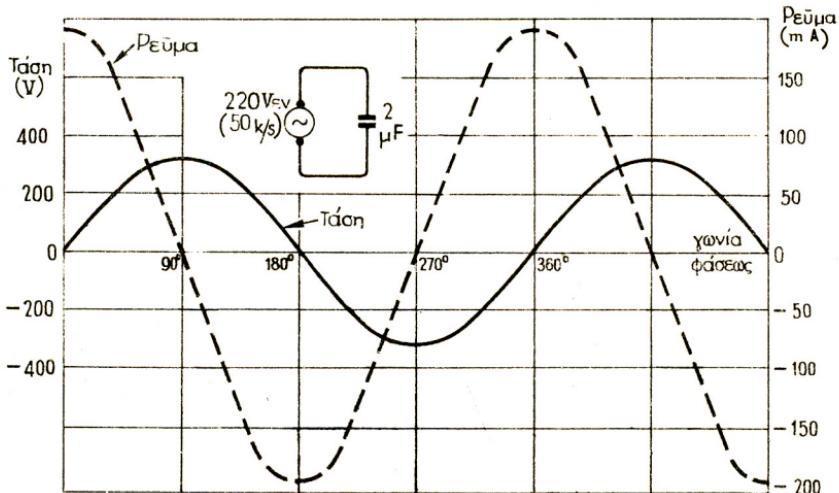
"Οπως και στὸ πηγίο, τὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα τοῦ πυκνωτῆς βρίσκεται σὲ διαφορὰ φάσεως 90° διαφόρους τὴν τάση μεταξὺ τῶν διπλισμῶν του. Μὲ τὴν ἔξης δύμως οὐσιαστικὴ διαφορά: τὸ ρεῦμα τοῦ πυκνωτῆς προηγεῖται κατὰ 90° διαφόρους τὴν τάση, ἐνῷ στὸ πηγίο τὸ ρεῦμα καθυστεροῦσε κατὰ 90° .

Τὴν καθυστέρηση τοῦ ρεύματος στὸ πηγίο τὴν εἴγαμε ἔξηγήσει μὲ τὶς ἴδιατητες ἀδρανείας τοῦ μαγνητικοῦ του πεδίου. Γιὰ νὰ καταλάβωμε τὴν προπορεία τοῦ ρεύματος στὸν πυκνωτή, πρέπει νὰ θυμηθοῦμε ὅτι τὸ διηλεκτρικὸ ἐνδὸς πυκνωτῆς παρουσιάζει, ἀντίθετα, ἐλαστικὲς ἴδιατητες. "Ας φαντασθοῦμε λοιπὸν ὅτι παίρνομε ἔνα λάστιχο καὶ ἀρχίζομε νὰ τὸ τεντώνωμε. Στὴν ἀρχὴν τὸ τέντωμα είναι πολὺ εὔκολο, ἀκόμια καὶ μὲ πολὺ μικρὴ δύναμη. "Επειτα χρειαζόμαστε μεγάλη σχετικὴ δύναμη γιὰ νὰ συνεχίσωμε τὸ τέντωμα ἢ ἔστω γιὰ νὰ τὸ συγκρατήσωμε. Τεντώνοντας τὸ λάστιχο, κάνομε μιὰ κίνηση ποὺ ἀντιστοιχεῖ στὸ ρεῦμα, ἐνῷ ἡ δύναμη ποὺ καταβάλλομε ἀντιστοιχεῖ στὴν τάση τοῦ πυκνωτῆς. Βλέπομε ἔτσι ὅτι τὸ ρεῦμα τοῦ πυκνωτῆς εἶναι μέγιστο, ὅταν ἡ τάση του μόλις ἀρχίζῃ νὰ μεγαλώνῃ ἀπὸ τὸ μηδέν, δηλαδὴ τὸ ρεῦμα προηγεῖται διαφόρους τὴν τάση. Ή προπορεία αὐτὴ ἰσούται ἀκριβῶς μὲ ἔνα τέταρτο τῆς περιόδου (90°), ὅταν ἡ τάση είναι ἐναλλασσόμενη (σχ. 5.1 β).

"Οσα εἴπαμε γιὰ τὴν ἴσχυν στὴν περίπτωση τοῦ πηγίου (παρ. 4.1), ἔχοντας οὐσιῶν νὰ ἀλγηθεύουν καὶ γιὰ τὴν πυκνωτὴν (μόνο πὼς τὸν ρόλο τῆς ἐνεργείας τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου τοῦ πηγίου τὸν παίζει ἐδῶ ἡ ἐνέργεια τοῦ ἡλεκτρικοῦ πεδίου τοῦ πυκνωτῆς). Ο

πυκνωτής δηλαδή δὲν καταναλώνει πραγματική ισχύ (ὅταν είναι ίδαικος πυκνωτής, δύναται τὸ ἐξηγοῦμε παρακάτω).

Γιὰ νὰ βροῦμε, τέλος, τὴν ισοδύναμη χωρητικότητα δύο πυ-



Σχ. 5 · 1 β.

Σὲ ἕνα πυκνωτή, τὸ ρεῦμα προπορεύεται κατὰ ἔνα τέταρτο τῆς περιόδου (κατὰ 90°) ὡς πρὸς τὴν τάση στὰ ἄκρα τοῦ πυκνωτῆ (σύγκρινε καὶ μὲ τὰ σχήματα 4 · 1 β γιὰ τὸ πηνίο καὶ 3 · 2 α γιὰ τὴν ωμικὴ ἀντίσταση).

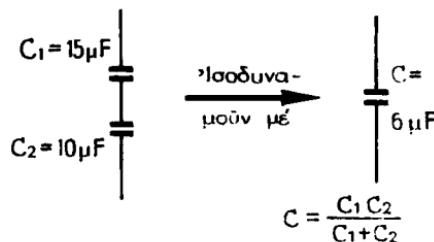
κνωτῶν, φθάνει νὰ σκεψθοῦμε ὅτι ἡ χωρητικὴ ἀντίσταση είναι ἀντιστρόφως ἀνάλογη πρὸς τὴν χωρητικότητα ($1/\omega C$), ἐνῷ ἡ ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση είναι κατ' εὐθείαν ἀνάλογη πρὸς τὴν αὔτεπαγωγὴ (ωL). "Ἄρα, οἱ κανόνες συγδέσεως τῶν πυκνωτῶν θὰ είναι ἀντίστροφοι ἀπὸ τοὺς κανόνες γιὰ τὰ πηγαία (καὶ ἀντίστροφοι ἐπίσης πρὸς τοὺς κανόνες γιὰ τὶς ωμικὲς ἀντίστασεις). "Οταν λοιπὸν δύο πυκνωτὲς C_1 καὶ C_2 συγδέωνται σὲ σειρὰ (σχ. 5 · 1 γ), ισοδυναμοῦν πρὸς ἔνα πυκνωτὴ C μὲ χωρητικότητα :

$$\text{Ισοδύναμη χωρητικότητα } C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}, \text{ (σὲ σειρά).} \quad (6)$$

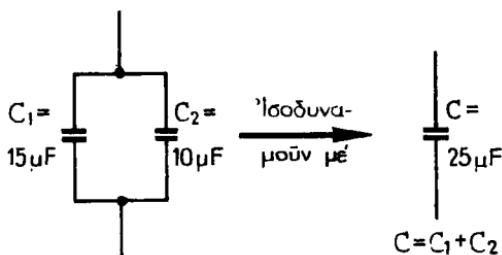
"Αν οι δύο πυκνωτές συνδεθούν παράλληλα (σχ. 5.1 δ), τότε οι χωρητικότητές τους προστίθενται:

$$\text{Ισοδύναμη χωρητικότητα } C = C_1 + C_2 \text{ (παράλληλα).} \quad (7)$$

"Ολα τὰ προηγούμενα ἀφοροῦν οὐτε ἔναν ιδανικὸν πυκνωτήν, δηλαδὴ σὲ ἔναν πυκνωτήν ὅπου δὲν ὑπάρχει καμιαὶ ἀπώλεια ἵσχυος. "Ἐνας ιδανικὸς πυκνωτής θὰ ἔπειπε νὰ είναι κατασκευασμένος μὲν ἔνα ιδανικὸν διηλεκτρικὸν ὄλικόν. Ιδανικὸν διηλεκτρικὸν λέμε τὸ μονωτικὸν ἐκεῖνο ποὺ ἔχει ἀπειρηγόμεικὴ ἀντίσταση καὶ ποὺ ἡ χρησιμοποίησή του στὸν πυκνωτήν δὲν προκαλεῖ καμιαὶ ἀπώλεια ἵσχυος. Ιδανικὸν μονωτικὸν είναι ὁ κενὸς χῶρος. "(1) Ἕγριδές ἀέρας μπορεῖ ἐπίσηγες νὰ θεωρηθῇ περίπου ὥστην ιδανικὸν μονωτικό. Γιὰ δλα τὰ ἄλλα διηλεκτρικὰ ὄλικά θὰ πρέπει νὰ συμπληρώσωμε δσα εἴπαμε πιὸ πάνω. Αὐτὸς θὰ γίνη λίγο ἀργότερα.



Σχ. 5.1 γ.
Σύνδεση πυκνωτῶν σὲ σειρά.

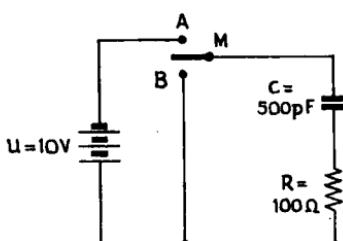


Σχ. 5.1 δ.
Παράλληλη σύνδεση πυκνωτῶν.

Στὸ μεταξὺ θὰ κάνωμε μιὰ ἄλλη παρατήρηση, ποὺ ἔχει ἐπίσης πρακτικὴ σημασία στὴν ραδιοτεχνία. Εἴπαμε ὅτι πυκνωτὴς σχηματίζεται κάθε φορὰ ποὺ ἔχομε δύο ἀγωγοὺς μονωμένους τὸν ἔναν ἀπὸ τὸν ἄλλο. Οἱ δύο ὅμιλοι ἀγωγοῖ, δηλαδὴ οἱ ὅπλισμοὶ τοῦ πυκνωτῆς, μποροῦν νὰ πάρουν δοπιαδήποτε μορφή. Μπορεῖ νὰ εἰναι δύο μεταλλικὲς πλάκες, ἢ μεταλλικὰ φύλλα κλπ. Μπορεῖ ἐπίσης νὰ εἰναι ἀπλούστατα δύο σύρματα. Ἀκόμα καὶ ἔνα μόνο σύρμα ποὺ βρίσκεται κοντὰ σὲ ἔναν ἄλλο ἀγωγὸ (π.χ. κοντὰ σὲ μιὰ μεταλλικὴ πλάκα, ἢ τεντωμένο πάνω ἀπὸ τὴν γῆ) ἔχει μιὰ χωρητικότητα ὡς πρὸς αὐτὸν τὸν ἀγωγό. Ἐτοι, ἔνα ἀπλὸ σύρμα παρουσιάζει γενικὰ καὶ τὰ τοία εἰδὴ ἀντίστασεων: ὡμική, ἐπαγωγική καὶ χωρητική. Τὸ γεγονός αὐτὸν γίνεται πολὺ σημαντικὸ στὴν ὑψηλὴ συχνότητα.

5·2 Πυκνωτής καὶ ἀντίσταση σὲ σειρά.

"Ἄς συνδέσωμε σὲ σειρὰ ἔναν πυκνωτὴ C καὶ μιὰ ὡμικὴ ἀντίσταση R καὶ ἀς πραγματοποιήσωμε τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 5·2 α. "Οταν φέρωμε τὸ διακόπτη M σὲ ἐπαφὴ μὲ τὸν ἐλεύθερο πόλο A τῆς πηγῆς συνεχοῦς ρεύματος, δ πυκνωτὴς φορτίζεται.



Σχ. 5·2 α.

Τὸ κύκλωμα σειρᾶς RC στὸ συνεχὲς ρεῦμα.

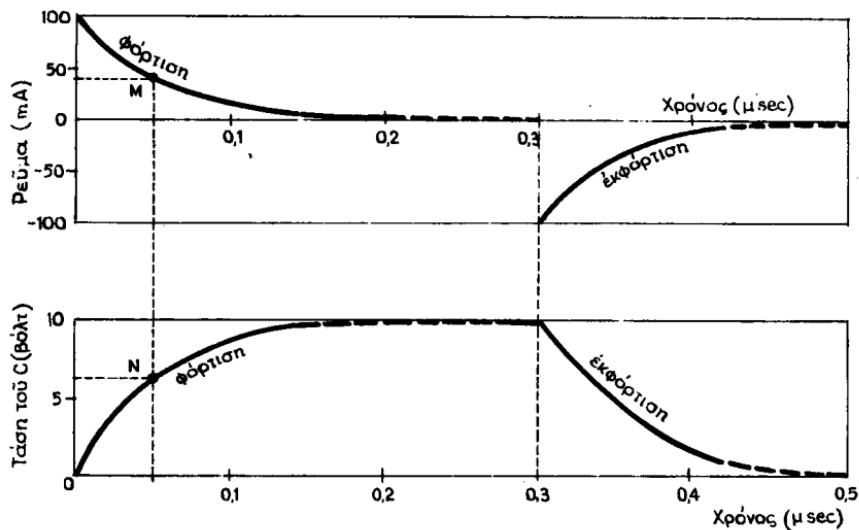
Στὴν ἀρχή, δ πυκνωτὴς εἶναι ἐντελῶς ἀφόρτιστος καὶ τὸ ρεῦμα τῆς πηγῆς δὲν περιορίζεται πάρα μόνο ἀπὸ τὴν ὡμικὴ

ἀντίσταση R . Τὸ ρεῦμα λοιπὸν θὰ ξεκινήσῃ ἀπὸ τὴν τιμὴ ποὺ καθορίζει ὁ νόμος τοῦ "Ωμ, δηλαδή, στὸ παράδειγμα τοῦ σχήματος, ἀπὸ τὴν τιμὴ $U/R = 10/100 = 0,1 \text{ A}$, η 100 mA . Στὴ συνέχεια ὅμως ὁ πυκνωτής φορτίζεται ὅλο καὶ περισσότερο. Τὰ ἡλεκτρικὰ φορτία, ποὺ συσσωρεύονται στοὺς ὅπλισμούς του, ἀναπτύσσουν μιὰ τάση ἀντίθετη πρὸς τὴν τάση τῆς πηγῆς. Ἡ ἀντίθετη αὐτὴ τάση αὔξανει δօσο ἡ φόρτιση προχωρεῖ. Ἔτσι, τὸ ρεῦμα τῆς φορτίσεως διαρκῶς ἐλαττώνεται καὶ πέφτει στὸ μηδέν, ὅταν ὁ πυκνωτής ἔχῃ φορτισθῇ ἐντελῶς. Ἡ πάνω ἀριστερὰ καμπύλη τοῦ σχήματος $5 \cdot 2 \beta$ δείχνει τὴν προοδευτικὴν ἐλάττωση τοῦ ρεύματος κατὰ τὴν φόρτιση τοῦ πυκνωτῆς (πρόκειται καὶ ἐδῶ, ὅπως καὶ στὴν περίπτωση τοῦ πηγίου, σχ. 4 · 3 β, γιὰ «ἐκθετικὲς» καμπύλες).

"Οσο τὸ ρεῦμα τῆς φορτίσεως μικραίνει καὶ ὁ πυκνωτής φορτίζεται ὅλο καὶ πιὸ πολύ, τόσο ἡ τάση στὰ ἄκρα τοῦ πυκνωτῆς μεγαλώνει. Στὸ τέλος τῆς φορτίσεως, ἡ τάση στὰ ἄκρα τοῦ πυκνωτῆς γίνεται ἵση μὲ τὴν τάση τῆς πηγῆς (ἵση καὶ ἀντίθετη, γι' αὐτὸ καὶ τὸ ρεῦμα μηδενίζεται). Ἡ προοδευτικὴ αὔξηση τῆς τάσεως κατὰ τὴν φόρτιση τοῦ πυκνωτῆς παριστάνεται ἀπὸ τὴν κάτω ἀριστερὰ καμπύλη τοῦ σχήματος $5 \cdot 2 \beta$. "Οπως δείχνει τὸ σχῆμα, ἡ τάση τοῦ πυκνωτῆς φθάνει τὰ 63% περίπου τῆς τελικῆς μόνιμης τιμῆς τῆς μέσα σὲ χρόνο $0,05 \mu \text{sec}$. Γενικά, τὰ 63% τῆς φορτίσεως (ἢ τῆς ἐκφορτίσεως) πραγματοποιοῦνται μέσα σὲ χρόνο RC (στὸ παραδειγμά μας: $RC = 100 \cdot 500 \cdot 10^{-12} = 0,05 \cdot 10^{-6} \text{ sec}$ η $0,05 \mu\text{sec}$). Τὸ γινόμενο RC εἶναι ἡ σταθερὰ χρόνου τοῦ κυκλώματος.

"Γερερα ἀπὸ τὴν πλήρη φόρτιση τοῦ πυκνωτῆς, ἀς στρέψωμε τὸ διακόπτη πρὸς τὴν ἐπαφὴν B (σχ. 5 · 2 α). Τώρα ὁ πυκνωτής θὰ ἐκφορτισθῇ. Τὰ φορτία τὰ συσσωρευμένα στοὺς ὅπλισμούς του, κυκλοφοροῦν τώρα στὸ κύκλωμα καὶ δημιουργοῦν ἐνα ρεῦμα ἐκφορτίσεως ἀντίθετο πρὸς τὸ προηγούμενο ρεῦμα τῆς φορτίσεως.

Τὸ ρεῦμα ἐκφορτίσεως ἀρχίζει μὲν μιὰ ἀντίθετη τιμὴ (-100 mA) καὶ πέφτει προσδευτικὰ στὸ μηδέν, ὅπως δείχνει ἡ πάνω δεξιὰ καμπύλη τοῦ σχήματος 5 · 2 β. Συγχρόνως, ἡ τάση στὰ ἀκρα τοῦ πυκνωτῆς πέφτει καὶ αὐτῇ στὸ μηδέν σύμφωνα μὲ τὴν κάτω δεξιὰ καμπύλη τοῦ σχήματος. Ἡ ἐνέργεια, ποὺ χρειάζεται γιὰ νὰ κυκλοφορήσῃ τὸ ρεῦμα τῆς ἐκφορτίσεως μέσα ἀπὸ τὴν ὡμικὴ ἀντίσταση τοῦ κυκλώματος, παρέχεται ἀπὸ τὴν ἐνέργεια, ποὺ εἶχε συσσωρευθῆ, κατὰ τὴν φόρτιση, στὸ ηλεκτρικὸ πεδίο τοῦ πυκνωτῆς. Δηλαδὴ δὲ πυκνωτής συμπεριφέρεται, κατὰ τὴν ἐκφόρτιση, σὰν πηγὴ.



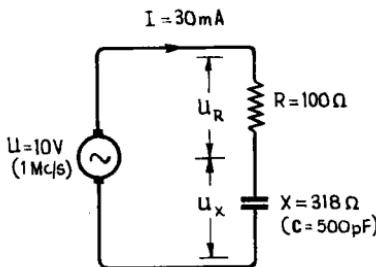
Σχ. 5 · 2 β.

Φόρτιση καὶ ἐκφόρτιση πυκνωτῆς (κύκλωμα τοῦ σχ. 5 · 2 α).

Ἡ φόρτιση καὶ ἡ ἐκφόρτιση τοῦ πυκνωτῆς μοιάζει μὲ τὴν ἀποκατάσταση καὶ διακοπὴ τοῦ ρεύματος στὸ πηγίο. Μόνο ποὺ τὴ θέση τοῦ ρεύματος τὴν παίρνει ἐδῶ ἡ τάση, καὶ ἀντίστροφα. Ἡ φόρτιση καὶ ἡ ἐκφόρτιση τοῦ πυκνωτῆς ἀποτελοῦν ἐπίσης μεταβατικὰ φαινόμενα. Ἡ σημασία τους δύναται στὴν ραδιοτεχνικὴ πρα-

κτική είναι πολὺ μεγαλύτερη όποια στην περίπτωση του πηγής.

Έστω, τώρα, ότι τη συνδεσμολογία RC σὲ σειρὰ τὴν συνδέσμη στὰ άκρα μιᾶς πηγῆς ἐναλλασσόμενο φεύγματος (σχ. 5·2 γ). Ο μηχανισμὸς φορτίσεως καὶ ἐκφορτίσεως γίνεται τώρα, ὅπως ξέρομε, μόνιμη κατάσταση. Στὸ κύκλωμα κυκλοφορεῖ ἔνα μόνιμο ἐναλλασσόμενο φεῦγμα. Οσα εἰπαμε στὴν παράγραφο 4·3, σχετικὰ μὲ τὴν περίπτωση του πηγής, μποροῦν νὰ ἐφαρμοσθοῦν ἐδῶ μὲ δρισμένες τροποποιήσεις. Η πιὸ οὐσιαστικὴ διαφορὰ είναι ότι στὸ κύκλωμα RC , τὸ συνολικὸ φεῦγμα, ἀντὶ νὰ καθυστερῇ, προπορεύεται ὡς πρὸς τὴν τάση στὰ άκρα τῆς συνδεσμολογίας.



Σχ. 5·2 γ.

Τὸ κύκλωμα σειρὰς RC στὸ ἐναλλασσόμενο φεῦγμα.

Έτσι, ἡ συνδεσμολογία ἔξακολουθεῖ νὰ ισοδυναμῇ μὲ μιὰ συνολικὴ σύνθετη ἀντίσταση $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$. Εδῶ δῆμως ἡ χωργτικὴ ἀντίσταση του πυκνωτῆς είναι $X = 1/\omega C$. Αρα ἡ σύνθετη ἀντίσταση είναι:

$$\text{σύνθετη ἀντίσταση } Z = \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}. \quad (1)$$

Αν π.χ. ἡ συχνότητα τῆς πηγῆς είναι 1 Mc/s , ἡ χωργτικὴ ἀντίσταση του πυκνωτῆς $C = 500 \text{ pF}$ θὰ είναι $1/\omega C = 318 \Omega$ καὶ ἡ σύνθετη ἀντίσταση τῆς συνδεσμολογίας RC σὲ σειρὰ θὰ είναι: $Z = \sqrt{100^2 + 318^2} = 334 \Omega$. Υπενθυμίζομε ότι, ἀν οἱ δύο ἀντιστάσεις 100 καὶ 318Ω ήταν τῆς ίδιας φύσεως (π.χ. καὶ οἱ δύο

ώμικές), τότε θά ίσοδυναμοῦσαν μὲ τὸ ἀπλὸ ἀριθμητικὸ ἄθροισμα $100 + 318 = 418 \Omega$.

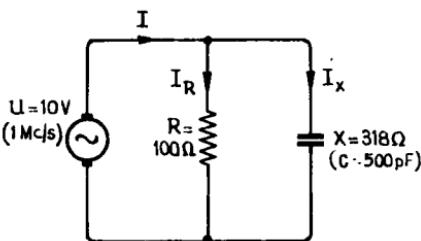
Τὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, ποὺ κυκλοφορεῖ στὸ κύκλωμα, βρίσκεται σύμφωνα μὲ τὸ νόμο τοῦ "Ομ": $I = U/Z$. Στὸ παράδειγμα τοῦ σχήματος 5.2 α, θὰ ἔχωμε $I = 10/334 = 0,03 A$, δηλαδὴ 30 mA.

Τὸ ρεῦμα προπορεύεται ως πρὸς τὴν τάση τῆς πηγῆς κατὰ μία γωνία φ, ποὺ εἶναι μικρότερη ἀπὸ 90° (θὰ ἦταν ἀκριβῶς 90° ἂν ἡ ωμικὴ ἀντίσταση ἦταν μηδενική). Η γωνία τῆς προπορείας ἔξακολουθεῖ νὰ δίδεται ἀπὸ τὸν τύπο 4 (παρ. 4.3). Στὸ παράδειγμά μας θὰ ἔχωμε εφφ = $X/R = 318/100 = 3,18$, ἀρα (ἀπὸ τοὺς Πίνακες) εὑρίσκομε δτὶ φ = $72^\circ,5$ (προπορεία).

Αὐτά, τέλος, ποὺ εἴπαμε στὴν παράγραφο 4.3 γιὰ τὶς τάσεις στὰ ἀκρα τῆς ωμικῆς ἀντίστασεως καὶ τοῦ πηγῶν, καθὼς καὶ γιὰ τὴν ίσχὺ ποὺ καταναλώνεται στὴ συνδεσμολογία, παραμένουν στὴν οὖσα τὰ ἴδια (τύποι 1 καὶ 5, παρ. 4.3).

5.3 Πυκνωτής και ἀντίσταση σὲ παράλληλη σύνδεση.

Κατὰ τὸν ἴδιο τρόπο, μεταφέρονται ἐδῶ δσα εἴπαμε γιὰ τὸ



Σχ. 5.3 α.

Πυκνωτής και ωμικὴ ἀντίσταση σὲ παράλληλη σύνδεση.

πηγή σὲ παράλληλη σύνδεση μὲ μιὰ ωμικὴ ἀντίσταση (παρ. 4.4). Ἀρα, ἡ σύνθετη ἀντίσταση ἐνὸς πυκνωτῆς σὲ παράλληλη σύνδεση μὲ μιὰ ωμικὴ ἀντίσταση (σχ. 5.3 α) δίδεται πάλι ἀπὸ

τὸν τύπο 2 (παρ. 4·4), ὅπου ὅμως στὴν θέση τοῦ X θὰ βάλωμε τώρα τὴν χωρητικὴν ἀντίσταση 1/ωC.

Στὸ παράδειγμα τοῦ σχήματος 5·3 α βρίσκομε ὅτι γίνεται ἀντίσταση $Z = 95,4 \Omega$.

Τὸ συνολικὸ ρεῦμα προπορεύεται ως πρὸς τὴν τάση τῆς πηγῆς κατὰ μιὰ γωνία φ, πὸν εἶναι πάντα μικρότερη ἢ πὸ 90° ἐξ αἰτίας τῆς παρουσίας τῆς ὡμικῆς ἀντίστασεως.

*Έχομε εφφ = $R/X = R\omega C$, δηλαδὴ στὸ παράδειγμά μας $\epsilon_{\text{eff}} = 100 \cdot 6,18 \cdot 10^6 \cdot 500 \cdot 10^{-12} = 0,314$, δηλαδὴ $\varphi = 17^0,5$ (προπορεία).

5·4 Συντελεστὴς καὶ γωνία ἀπώλειῶν.

"Οπως εἴπαμε σὲ μιὰ προηγούμενη παράγραφο, ἔνας πυκνωτής δὲν εἶναι ποτὲ ἴδαινικός. Αὐτὸς συμβαίνει γιατὶ ὑπάρχουν ἀπώλειες ἵσχυος. Οἱ ἀπώλειες διφεύλονται κατὰ κύριο λόγο στὶς ἀτέλειες τοῦ διηλεκτρικοῦ ὄλικοῦ. Προστίθενται ὅμως καὶ λίγες ἀπώλειες, πὸν διφεύλονται στὴν κυκλοφορία τοῦ ρεύματος μέσα στὰ σύρματα συνδέσεως καὶ στοὺς διπλισμοὺς τοῦ πυκνωτῆ.

Τὰ διηλεκτρικὰ ὄλικὰ παρουσιάζονται δύο εἰδῶν ἀτέλειες:

1) "Ἐνα διηλεκτρικὸ ὄλικὸ δὲν εἶναι ποτὲ ἴδαινικὸ μονωτικό. Αὐτὸς θὰ γῇ δτὶ γίνεται πολὺ μεγάλη, ὅχι ὅμως καὶ ἀπειρη. "Ετοι, δταν ἔνας πυκνωτής συνδεθῇ σὲ μιὰ συνεχὴ τάση, δὲν ἀποτελεῖ στὴν πραγματικότητα πλήρη διακοπὴ γιὰ τὸ συνεχὲς ρεῦμα. Τὸ πείραμα βέβαιώνει δτὶ ἔνα πάρα πολὺ μικρὸ συνεχὲς ρεῦμα (πὸν σὲ δρισμένες περιπτώσεις μπορεῖ νὰ γίνῃ ἀρκετὰ αἰσθητὸ) διαπερνᾷ πάντα τὸν πυκνωτή. Τὸ φαινόμενο ἐξακολουθεῖ νὰ ὑπάρχῃ καὶ στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα. Τὸ μικρὸ αὐτὸ ρεῦμα, πὸν περνᾶ μέσα ἢ πὸ τὸ μονωτικὸ τοῦ πυκνωτῆ, τὸ δύνομάζομε ρεῦμα διαρροής. Τὸ ρεῦμα διαρροής συνοδεύεται, βέβαια, μὲ ἀπώλειες ἵσχυος.

2) "Οταν ἀρχίσαμε νὰ μιλούμε γιὰ τὴν χωρητικότητα (παρ.

5·1), περιγράψαμε κατὰ ποιὸ τρόπο ἔνα διηλεκτρικὸ ὄλικὸ παρουσιάζει ἐλαστικὲς ἰδιότητες: "Οταν ἔνας πυκνωτὴς βρίσκεται ὑπὸ ἐναλλασσομένη τάση, τὰ ἥλεκτρόνια τῶν μορίων τοῦ διηλεκτρικοῦ του μετατοπίζονται πρὸς τὴν μιὰν καὶ τὴν ἄλλην κατεύθυνση, ὅπως ἔνα λάστιχο ποὺ τεντώνει πότε πρὸς τὰ ἔδω καὶ πότε πρὸς τὰ ἔκει. Οἱ μετατοπίσεις ὅμως αὐτές δὲν εἶναι τελείως ἐλαστικὲς καὶ συνοδεύονται ἀπὸ μιὰν ἀπώλειαν ἵσχυος. Αὐτὸ τὸ εἶδος ἀπώλειας αὐξάνει ὅσο νὴ συχνότητα τοῦ ἐναλλασσόμενου ρεύματος γίνεται ὑψηλότερη.

Οἱ αἰτίες αὐτές προστίθενται καὶ δίνουν τὴν συνολικὴν ἀπώλειαν ἵσχυος τοῦ πυκνωτῆς. Ἡ ἵσχυς τῶν ἀπωλειῶν μετατρέπεται σὲ θερμότητα καὶ τὸ μονωτικὸ τοῦ πυκνωτῆς ζεσταίνεται. "Οσο ὅμως ἔνα μονωτικὸ γίνεται θερμότερο, τόσο οἱ μονωτικές του ἰδιότητες γίνονται χειρότερες. "Αν μάλιστα νὴ τάση τοῦ πυκνωτῆς εἶναι ἀρκετὰ ὑψηλή, μπορεῖ τελικὰ νὰ δημιουργηθῇ ἀνάμεσα στοὺς δπλισμούς του σπινθήρας. Τότε τὸ μονωτικὸ παθαίνει διάτρηση καὶ δὲ πυκνωτὴς καταστρέφεται.

Τὶς ἀπώλειες ἔνδος πυκνωτῆς τὶς μετροῦμε μὲ τὸν συντελεστὴν ἀπωλειῶν νὴ μὲ τὴν γωνία ἀπωλειῶν. Οἱ συντελεστής καὶ νὴ γωνία ἀπωλειῶν εἶναι στὴν οὐσίᾳ τὸ ἕδιο πρᾶγμα, ἀρκεῖ οἱ ἀπώλειες νὰ μὴ εἶναι πολὺ μεγάλες. Ἐπειδὴ στὴν πράξη οἱ ἀπώλειες εἶναι πάντα ἀρκετὰ μικρές, δὲν χρειάζεται νὰ κάνωμε ἔδω καμμιὰ διάκριση ἀνάμεσα στὸ συντελεστὴν καὶ τὴν γωνία ἀπωλειῶν. Καὶ τὰ δύο θὰ τὰ σημειώνωμε μὲ ἔνα καὶ τὸ ἕδιο γράμμα δ (σὲ πιὸ ἀναλυτικὰ βιβλία, τὸ δ παριστάνει τὴν γωνία ἀπωλειῶν, ἐνῶ ἡ συντελεστὴς ἀπωλειῶν εἶναι ἵσος μὲ εφδ). Οἱ συντελεστής νὴ νὴ γωνία ἀπωλειῶν ἔνδος πυκνωτῆς ἀντιστοιχεῖ μὲ τὸ ἀντίστροφο τοῦ συντελεστῆς ποιότητας Q ἔνδος πηγήσου (παρ. 4·6).

"Οταν μιλήσαμε γιὰ τὶς ἀπώλειες σὲ ἔνα πηγήσο, εἶδαμε ὅτι αὐτές μποροῦν νὰ παρασταθοῦν μὲ μιὰν κατάλληλη ὡμικὴ ἀντίσταση σὲ σειρὰ μὲ τὸ πηγήσο. Κατὰ τὸν ἕδιο τρόπο, ἔνας πρα-

γματικὸς πυκνωτὴς μὲ ἀπώλειες μπορεῖ νὰ παρασταθῇ μὲ ἔναν
ἰδανικὸ πυκνωτὴ C σὲ σειρὰ μὲ μιὰ ώμικὴ ἀντίσταση R (ὅπως
στὸ σχ. 5·2α).

Πρέπει φυσικὰ νὰ ὑπάρχῃ κάποια σχέση, ἀνάμεσα τὸ αὐτὴ
τὴν ώμικὴ ἀντίσταση ἀπωλειῶν R^σ καὶ τὸν συντελεστὴν, ἀπωλει-
ῶν δ τοῦ πυκνωτῆς (μιὰ ἄλλη σχέση ὑπῆρχε ἀνάμεσα στὴν ἀντί-
σταση ἀπωλειῶν καὶ τὸν συντελεστὴν ποιότητας ἐνὸς πηγίου). Ἡ
σχέση αὐτὴ εἶναι:

$$\text{συντελεστὴς ἀπωλειῶν } \delta = (\omega C) \cdot R_{\sigma}, \quad (1)$$

δηλαδὴ δ συντελεστὴς ἀπωλειῶν εἶγαι ἀνάλογος πρὸς τὴν ώμικὴ
ἀντίσταση ἀπωλειῶν: Π. χ. ἔνας πυκνωτὴς κατασκευασμένος μὲ
μονωτικὸ χαρτὶ (πυκνωτὴς χάρτου) ἔχει συντελεστὴν ἀπωλειῶν
 $\delta = 0,02$. Ἐάν για χωρητικότητά του εἶναι $C = 1000 \text{ pF}$ καὶ για
χρήση τοῦ ἐργάζεται 1 M/cs , τότε για ώμικὴ ἀντίσταση ἀπω-
λειῶν εἶναι: $R_{\sigma} = \delta / \omega C = 0,02 / 6,28 \cdot 10^6 \cdot 1000 \cdot 10^{-12} = 20 / 6,28 =$
 $3,18 \Omega$. Ἐάν δ πυκνωτὴς αὐτὸς πρέπει νὰ παρασταθῇ μὲ ἔναν
ἰδανικὸ πυκνωτὴ C = 1000 pF σὲ σειρὰ μὲ μιὰ ώμικὴ ἀντί-
σταση R_σ = 3,18 Ω. Δὲν θὰ ἐπρεπε δημως νὰ τὸν χρησιμοποιή-
σωμε πραγματικὰ στὴν συχνότητα τοῦ 1 M/cs, γιατὶ οἱ ἀπώλειες
εἶναι σχετικὰ μεγάλες. Θὰ ἐπρεπε νὰ χρησιμοποιήσωμε ἔναν πυ-
κνωτὴ καλύτερης ποιότητας, π. χ. ἔναν πυκνωτὴ μίκας μὲ συντε-
λεστὴ ἀπωλειῶν δ = 0,001 περίπου. Τότε για ἀντίσταση ἀπωλειῶν
σὲ σειρὰ θὰ ἔταν μικρότερη ($R_{\sigma} = 0,16 \Omega$). Τὰ νεώτερα κεραμι-
κὰ ὄλικὰ ἔχουν συντελεστὴν ἀπωλειῶν γύρω στὸ 0,004, ἐνῷ ἐρι-
σμένα συνθετικὰ ὄλικὰ ἔχουν ἐξαιρετικὰ μικρὸ συντελεστὴ ἀπω-
λειῶν (π. χ. δ = 0,0001 γιὰ τὸ πολυστυρένιο).

Ἡ ώμικὴ ἀντίσταση, ἀπωλειῶν δὲν εἶναι ὑποχρεωτικὴ νὰ
θεωρῆται σὰν νὰ ἔχῃ συνδεθῆ σὲ σειρά. Μιὰ τέτοια ώμικὴ ἀντί-
σταση, ὥστε τὸ ἔχομε ἐξηγήσει, δὲν ὑπάρχει στὴν πραγματικό-
τητα. Ἐμεῖς τὴν φανταζόμαστε γιὰ νὰ φορτώσωμε πάνω τὸ αὐτὴν

τη συνολική απώλεια ισχύος του πυκνωτή. Μπορούμε λοιπόν έξι τίσου ναλά νά τήν φαντασθούμε σε παράλληλη, σύνδεση, δημοσ στὸ σχήμα 5.3 α. Τότε τή σημειώνομε μὲ τὸ γράμμα R_π . Ο συντελεστής απωλειῶν σχετίζεται μὲ τήν παράλληλη αντίσταση, απωλειῶν μὲ ένα διαφορετικό τύπο:

$$\text{συντελεστής απωλειῶν } \delta = \frac{1}{(\omega C) \cdot R_\pi} \quad (2)$$

Π.χ. στὸ προηγούμενο παράδειγμα του πυκνωτή χάρτου, βρίσκομε μιὰ παράλληλη αντίσταση απωλειῶν:

$$R_\pi = 1 / (\omega C) \cdot \delta = 16,28 \cdot 10^8 \cdot 1000 \cdot 10^{-12} \cdot 0,02 = 7960 \Omega.$$

Στήν περίπτωση του πυκνωτή μίκας, θὰ βρίσκαμε $R_\pi = 15900\Omega$.

"Οσο ἡ ποιότητα του πυκνωτή γίνεται καλύτερη, δηλαδὴ, οἱ απώλειες μικραίνουν, τόσο ἡ αντίσταση απωλειῶν σὲ σειρὰ μικραίνει, ένω ἡ παράλληλη αντίσταση απωλειῶν μεγαλώνει. "Ενας ίδανικὸς πυκνωτής (χωρὶς απώλειες) θὰ εἴχε αντίσταση απωλειῶν σὲ σειρὰ μηδέν, ένω ἡ παράλληλη αντίσταση απωλειῶν θὰ ήταν ἀπειρον. "Η αντίσταση απωλειῶν (σὲ σειρὰ ἢ σὲ παράλληλη σύνδεση) δὲν έξαρτάται: μονάχα, δημοσ εἰδαμε, ἀπὸ τὸν συντελεστὴν απωλειῶν. "Έξαρτάται: ἐπίσης ἀπὸ τή χωρητικότητα του πυκνωτή και ἀπὸ τή συχνότητα διπου δ πυκνωτής χρησιμοποιεῖται. Κατὰ γενικό κανόνα, οἱ απώλειες αὐξάνουν δισ ἡ συχνότητα γίνεται υψηλότερη. Στὶς πολὺ υψηλές συχνότητες είναι απαραίτητο νὰ χρησιμοποιοῦνται πυκνωτές πολὺ καλῆς ποιότητας.

"Οταν στήν παράγραφο 4.6 μιλούσαμε γιὰ τὸν συντελεστὴν ποιότητας ένδος πηγίου, εἴπαμε δτι τὸ μονωτικὸ τύμπανο του πηγίου προσθέτει και αύτὸ δρισμένες απώλειες (μονωτικές απώλειες). Αύτὲ λιπορεῖ νὰ ξέγγυθη, τώρα ρᾶς ξέγγει: Διὸ δημοσδήποτε γειτονικές σπεῖρες ένδος πηγίου είναι δύο ζηγωγοί: ποὺ χωρίζονται ἀπὸ μονωτικὸ οὐλικό. Δύο τέτοιες σπεῖρες αποτελοῦν, λοι-

πόν, ἔνα μικρὸ πυκνωτή. Ὁ πυκνωτὴς παρουσιάζει δρισμένες ἀπώλειες, σύμφωνα μὲ δσα εἰπαμε προηγούμενα. Ἀν προσθέσωμε τὶς ἀπώλειες γιὰ δλους τοὺς μικροὺς πυκνωτές, ποὺ σχηματίζονται πάνω σὲ ἔνα πηνίο, βρίσκομε τὶς μονωτικὲς ἀπώλειες τοῦ πηνίου. Ἡ ἀποφη αὗτὴ μᾶς δείχνει συγχρόνως καὶ ἔνα ἄλλο πράγμα: Ἐνα πηνίο (ποὺ τὸ κατασκευάζομε βέναια, κυρίως, γιὰ τὴν αὐτεπαγωγὴ του) ἔχει καὶ μιὰ χωρητικότητα. Ἐπειδὴ ἡ χωρητικότητα αὗτὴ ὀφεῖλεται σὲ ἔνα πλῆθος ἀπὸ μικροὺς σκορπισμένους πυκνωτές, τὴν δονιμάζομε κατανεμημένη χωρητικότητα τοῦ πηνίου. Ὁ ρόλος της μπορεῖ νὰ γίνη σημαντικὸς στὴν δψηλὴ συχνότητα. Ἔτσι, ἔνα πηνίο γίνεται τελικὰ ἔνα ἀρκετὰ πολύπλοκο κατασκεύασμα: παρουσιάζει συγχρόνως αὐτεπαγωγὴ, ὧμικὴ ἀντίσταση καὶ χωρητικότητα.

5.5 Τάση δοκιμῆς καὶ τάση ἐργασίας.

Γιὰ νὰ καθορίσωμε στὴν πράξη ἔνα πυκνωτή, δὲν εἶναι ἀρκετὸ νὰ ποῦμε πόση θὰ εἶναι ἡ χωρητικότητά του. Πρέπει συγχρόνως νὰ ποῦμε καὶ σὲ ποιά μέγιστη τάση μπορεῖ νὰ ἐργασθῇ. Ἀν ἔνας πυκνωτὴς χρησιμοποιηθῇ σὲ τάση δψηλότερη ἀπὸ δ, τι ἀντέχει τὸ μονωτικό του, τότε τὸ μονωτικὸ κινδυνεύει νὰ πάθῃ διάτρηση καὶ δ πυκνωτὴς νὰ καταστραφῇ (νὰ «καῆ»). Ἔτσι, κάθε πυκνωτὴς γράφει πάνω του τὴ χωρητικότητά του καὶ μιὰ ἡ δύο διακριτικὲς τάσεις: τὴν τάση δοκιμῆς καὶ τὴν τάση ἐργασίας.

Ἡ τάση δοκιμῆς καθορίζεται σὲ συνεχὲς ρεῦμα (ἢ σὲ ρεῦμα χαμηλῆς συχνότητας) καὶ εἶναι ἡ μέγιστη τάση, στὴν δποίᾳ μπορεῖ νὰ ἀνθέξῃ τὸ μονωτικὸ τοῦ πυκνωτῆς γιὰ μιὰ μικρὴ χρονικὴ διάρκεια.

Ἡ τάση ἐργασίας εἶναι ἡ μέγιστη ἐναλλασσομένη τάση, στὴν δποίᾳ ἐπιτρέπεται νὰ χρησιμοποιηθῇ δ πυκνωτὴς σὲ συνεχὴ ἐργασία (γιὰ μεγάλη χρονικὴ διάρκεια). Ἡ τάση ἐργασίας μικραίνει, δοσ ἡ συχνότητα ἐργασίας αὐξάνει. Αὐτὸ δψεῖλεται στὸ δτι,

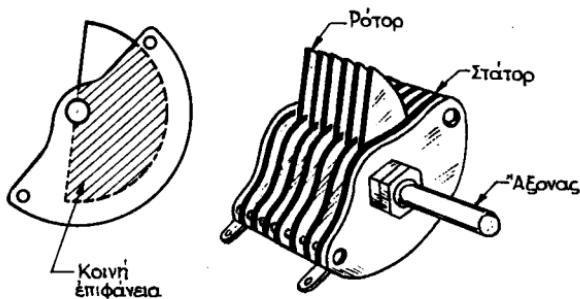
στήν ύψης συχνότητα, οι άπωλειες ισχύος μεγαλώνουν, τὸ μονωτικὸ τοῦ πυκνωτῆ θερμαίνεται καὶ ἡ μονωτικὴ του ἀντοχὴ γίνεται μικρότερη. Γι' αὐτὸ δὲν πρέπει ποτὲ νὰ ξεπερνοῦμε τὴν τάση ἐργασίας ποὺ γράφει πάνω του ἔνας πυκνωτής. "Οταν μάλιστα ἡ συχνότητα ἐργασίας εἰναι πολὺ ύψη, πρέπει νὰ ἀφήνωμε ἔνα ἀρκετὸ περιθώριο, πρέπει δηλαδὴ νὰ χρησιμοποιοῦμε τὸν πυκνωτὴ σὲ τάση ἀρκετὰ μικρότερη ἀπὸ ἑκείνη ποὺ ἀναγράφει. Π.χ. ἔνας πυκνωτὴς μίκας μὲ τάση δοκιμῆς 10 000 V σὸν συνεχὲς ρεῦμα ἔχει (μέγιστη) τάση ἐργασίας 1 500 V σὲ συχνότητα 1 Mc/s, δὲν πρέπει δῆμως νὰ χρησιμοποιηθῇ σὲ τάση πάνω ἀπὸ 150 V στοὺς 10 Mc/s.

"Ωστε, γιὰ κάθε πυκνωτὴ πρέπει νὰ ξέρωμε τὴν χωρητικότητα σὲ pF ἢ σὲ μF καὶ τὴν τάση ἐργασίας. Κατὰ τὸν ἵδιο τρόπο γιὰ κάθε πηγή πρέπει νὰ ξέρωμε τὴν αύτεπαγωγή του καὶ τὸ μέγιστο ρεῦμα ποὺ μπορεῖ νὰ ἀνθέξῃ τὸ σύρμα του. Ἐνῶ, γιὰ κάθε ἀντίσταση πρέπει νὰ ξέρωμε τὴν τιμή της σὲ ὥμ καὶ τὴν ισχύ της σὲ βάττ.

5·6 Διάφοροι τύποι πυκνωτῶν.

1) *Μεταβλητοὶ πυκνωτές.* Γιὰ νὰ μεταβάλωμε τὴν χωρητικότητα ἔνδι πυκνωτὴ μὲ δρισμένο διηλεκτρικό, πρέπει νὰ μεταβάλωμε ἡ τὶς ἐπιφάνειες τῶν δπλισμῶν του ἢ τὴν ἀπόστασή τους. "Ο καθένας ἀπὸ τοὺς δύο δπλισμοὺς ἔνδι μεταβλητοὺ πυκνωτῆ ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔνα συγκρότημα ἀπὸ ἐπίπεδες μεταλλικὲς πλάκες (σχ. 5·6 α). Τὸ ἔνα συγκρότημα εἰναι ἀκίνητο καὶ ἀποτελεῖ τὸ στάτορ. Τὸ ἄλλο συγκρότημα, τὸ ρότορ, μπορεῖ νὰ στραφῇ γύρω ἀπὸ ἔναν ἀξονα. Οἱ πυκνωτὲς ποὺ σχηματίζονται μεταξὺ τῶν πλακῶν ἀνὰ δύο (12 πυκνωτὲς σχῆμα 5·6 α) εὑρίσκονται σὲ παράλληλη, σύνδεση καὶ οἱ χωρητικότητές τους προστίθενται. "Αν στρέψωμε τὸ ρότορ, οἱ κοινὲς (ἀπέναντι ἡ μιὰ

στήν ἀλλη) ἐπιφάνειες τῶν πλακῶν μεταβάλλονται, δπότε καὶ ἡ συνολικὴ χωρητικότητα τοῦ πυκνωτῆ μεταβάλλεται. "Ας τοποθετήσωμε στήν ἀρχὴν τὸ ρότορ ἔτσι, ώστε οἱ πλάκες του νὰ εὑρίσκωνται δόλσκληρες μέσον στὶς πλάκες τοῦ στάτορ. Στὴ θέση αὐτή, ἡ χωρητικότητα τοῦ πυκνωτῆ εἶναι μέγιστη (ἢ μεγαλύτερη δυνατή). "Οταν στρέψωμε τὸ ρότορ, οἱ πλάκες του βγαίνουν ἔξω ἀπὸ τὶς πλάκες τοῦ στάτορ καὶ ἡ χωρητικότητα τοῦ πυκνωτῆ μικραί-

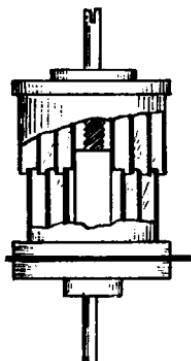


Σχ. 5·6 α.
Μεταβλητὸς πυκνωτῆς ἀέρος.

νει. "Οταν οἱ πλάκες τοῦ ρότορ βγοῦν ἐντελῶς ἔξω ἀπὸ τὶς πλάκες τοῦ στάτορ, ἡ χωρητικότητα γίνεται ἡ μικρότερη δυνατή καὶ τὴν δύναμαζεις παραμένουσα χωρητικότητα. Π.χ. ἐνας μεταβλητὸς πυκνωτῆς ραδιοφώνου ἔχει συχνὰ μέγιστη χωρητικότητα 490 καὶ παραμένουσα χωρητικότητα 20 pF περίπου. Μεταβλητοὶ πυκνωτὲς ὑπάρχουν σὲ διάφορες ποιότητες καὶ εἶναι συνήθως πυκνωτὲς ἀέρος (κατασκευάζονται δημως καὶ μεταβλητοὶ πυκνωτὲς μὲ διήλεκτρικὸ ἀπὸ λεπτὰ φύλλα βακελίτη). Τὸ σχῆμα τῶν πλακῶν (ἡμικυκλικὸ ἢ ἄλλο) διαφέρει ἀνάλογα μὲ τὴν χρήση τοῦ πυκνωτῆ.

2) *Ρυθμιζόμενοι πυκνωτὲς* (σχ. 5·6 β). Μοιάζουν μὲ τοὺς

μεταβλητοὺς πυκνωτές, ἀλλὰ προορισμός τους εἶναι νὰ μποροῦμε νὰ ρυθμίζωμε τὴ χωρητικότητά τους ἀπὸ καιρὸ σὲ καιρό, καὶ δχὶ διαρκῶς. Ἡ ρύθμιση γίνεται μὲ τὴ βοήθεια μιᾶς βίδας, πὸ μποροῦμε νὰ βιδώσωμε περισσότερο ἢ λιγότερο. Τὸ πάρχουν ρυθμιζόμενοι πυκνωτὲς ἀέρος, μίνας ἢ μὲ κεραμικὸ ὄλικό.



Σχ. 5·6β.
Ρυθμιζόμενος πυκνωτής.

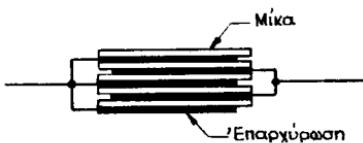
3) Σταθεροὶ πυκνωτές. Οἱ πυκνωτὲς αὗτοὶ ἔχουν μιὰ σταθερὴ χωρητικότητα. Τὸ διηλεκτρικό τους μπορεῖ νὰ εἶναι ἀπὸ χαρτί, μίνα, πολυսτερένιο ἢ κεραμικὸ ὄλικό....

Οἱ πυκνωτὲς χάρτου ἀποτελοῦνται ἀπὸ λεπτὰ φύλλα ἀλουμινίου, πὸν χωρίζονται μεταξύ τους ἀπὸ λεπτὰ φύλλα λιπαροῦ χαρτιοῦ. Τὸ σύνολο τυλίγεται καὶ παίρνει συνήθως τὴ μορφὴ κυλίνδρου (μῆκος μερικὰ ἐκατοστά, διάμετρος τῆς τάξεως τοῦ ἐκατοστοῦ). Ό κύλινδρος μονώνεται μὲ περίβλημα ἀπὸ χαρτόνι ἢ γυαλὶ καὶ καταλήγει στὶς βάσεις του σὲ δύο ἀκροδέκτες. Οἱ πυκνωτὲς χάρτου μποροῦν νὰ ὑποφέρουν τάσεις 160 βόλτ καὶ πάνω, πρέπει δμως νὰ τοὺς ἀποφεύγωμε στὴν ὑψηλὴ συχνότητα, γιατὶ ἔχουν μεγάλο συντελεστὴ ἀπωλειῶν.

Οἱ πυκνωτὲς μίνας ἀντέχουν ἐπίσης σὲ ἀρκετὰ ἰσχυρὲς τά-

σεις (1000 βόλτ και πάνω), ένα συχρόνως για ποιότητά τους είναι πολὺ καλύτερη. Κατασκευάζονται άπλωτα φύλλα μίκας, που ή μιὰ ὅψη τους καλύπτεται άπλωτα στρώμα αργύρου (σχ. 5·6 γ). Τὸ σύνολο μονώνεται, βέβαια, μὲ κατάλληλο ἔξωτερικὸ περίθλημα και ἔχει τὴν ὅψη παστίλιας. Ἡ χωρητικότητα ἐνδὸς πυκνωτῆς μίκας αὐξάνει ἐλαφρά, δταν για θερμοκρασία του ἀνεβαίνη.

Οἱ κεραμικοὶ πυκνωτές μποροῦν ἐπίσης νὰ χρησιμοποιηθοῦν στὴν ὑψηλὴ συχνότητα. Τὸ μεγάλο τους πλεονέκτημα είναι δτι παρουσιάζουν σχετικὰ μεγάλη χωρητικότητα σὲ σχετικὰ μικρὸ ὅγκο. Κατασκευάζονται άπλωτα στρώματα μίκρης ρήμας (σὲ σχῆμα μικροῦ κυλινδρου, πλάκας κλπ.) μὲ δόπλισμοὺς ποὺ σχηματίζονται άπλωτα στην δύο ὅψεις τοῦ μίκρου. Ἡ χωρητικότητα ἐνδὸς κεραμικοῦ πυκνωτῆς ἐλαττώνεται, δταν για θερμοκρασία του ἀνεβαίνη.



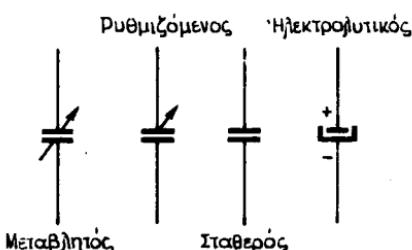
Σχ. 5·6 γ.

Πυκνωτής μίκας (δ πυκνωτής τοῦ σχήματος ἀποτελεῖται άπλωτα 4 ἐπίπεδους πυκνωτές σὲ παραλλήλη σύνδεση).

Γιὰ πολὺ μεγάλες χωρητικότητες (μερικὰ μF) χρησιμοποιοῦμε, δταν μποροῦμε, τους ἡλεκτρολυτικοὺς πυκνωτές. Ἡ κατασκευή τους, ποὺ βασίζεται σὲ δρισμένα ἡλεκτροχημικὰ φαινόμενα, ἔχει ἔξιγγηθῆ στὴν Ἡλεκτροτεχνία (Τόμος Α, παρ. 20·4). Ἡ ἔξωτερικὴ τους ὅψη είναι κυλινδρικὴ μὲ μεταλλικὸ για μονωτικὸ περίθλημα. "Ἐνας ἡλεκτρολυτικὸς πυκνωτής ἔχει πάντοτε ἕνα θετικὸ κι ἕναν ἀρνητικὸ πόλο, ποὺ πρέπει ὀπωσδήποτε νὰ συνδέωνται ἀντίστοιχα στὸ θετικὸ και στὸ ἀρνητικὸ σημεῖο τοῦ κυκλώματος." Αρα, τέτοιοι πυκνωτές δὲν μποροῦν νὰ χρησιμοποιηθοῦν παρὰ μόνο στὸ συνεχὲς ρεῦμα. Ἐπιτρέπεται ὅμως νὰ ὑπάρχῃ,

μαζὶ μὲ τὸ συνεχὲς ρεῦμα, καὶ ἔνα σχετικὰ μικρὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, ποὺ καὶ πάλι ἡ συγχρότητά του δὲν ἐπιτρέπεται νὰ εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ λίγες ἑκατοντάδες C/S. Ἐπὶ πλέον, οἱ ἡλεκτρολυτικοὶ πυκνωτὲς ἔχουν ἔνα σχετικὰ μεγάλο ρεῦμα διαρροῆς. Ἡ ποιότητά τους εἶναι γενικὰ κακή. Οἱ ἡλεκτρολυτικοὶ πυκνωτὲς μὲ ταντάλιο εἶναι κάπως καλύτερης ποιότητας.

Στοὺς πιὸ πολλοὺς πυκνωτὲς τοῦ ἐμπορίου, ἡ τιμὴ τῆς χωρητικότητας (σὲ pF ἢ μF), καθὼς καὶ οἱ τάσεις δοκιμῆς καὶ ἔργασίας εἶναι γραμμένες πάνω στὸν πυκνωτὴ μὲ ἀριθμούς. Μερικοὶ διμῶς κατασκευαστὲς χρησιμοποιοῦν γιὰ τὸ σκοπὸ αὐτὸ τὸν κώδικα χρωμάτων R.M.A. (βλέπε παρ. 3·4). Ἡ χωρητικότητα τοῦ πυκνωτῆς διαθάζεται τότε σὲ pF, δπως τὰ δύο μιᾶς ἀντιστάσεως (στῆλες A, B καὶ Γ τοῦ Πίνακα 5). Ἡ ἀνοχὴ καὶ ἡ τάση ἔργασίας δίδονται μὲ δύο ἀκόμη χρώματα (στῆλες Δ καὶ Ε τοῦ ίδιου Πίνακα). Π.χ. ἔνας πυκνωτὴς ποὺ φέρει μὲ τὴν καθορισμένη σειρά τους τὰ χρώματα: καφέ, μαῦρο, κόκκινο (γιὰ τὴν χωρητικότητα) καὶ κίτρινο, μώβ (γιὰ τὴν ἀνοχὴ καὶ τὴν τάση) ἔχει χωρητικότητα 1000 pF, ἀνοχὴ $\pm 5\%$ καὶ τάση ἔργασίας 700 V.



Σχ. 5·6 δ.
Σύμβολα γιὰ τὰ διάφορα εἰδὴ πυκνωτῶν.

Τὸ σχῆμα 5·6 δ δείχνει τὰ σύμβολα ποὺ χρησιμοποιοῦνται στὰ ραδιοτεχνικὰ σχέδια γιὰ τὰ διάφορα εἰδὴ πυκνωτῶν.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 6
Βασικές έδιπλητες τάσης μηλών κυκλωμάτων.

Π η νίο	Π η νίο	Π ν κ ν ω τ ή ζ
Ωμική άντισταση Ιδιανικό	Μέ θιμική άντισταση σε σειρά	Μέ θιμική άντισταση σε σειρά
Σύνθετη άντισταση R	$I = \frac{U}{R}$ (έπαγγωγική)	$Z = \frac{R\omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$ (χωρητική)
Ρεύμα τής πηγής (τάση τροφοδοτησιευσ ιση με U)	$I = \frac{U}{Z}$	$I = \frac{U}{Z}$
Προγματική ίσχυς που προστέθει ή πηγή (U και I ένεργεις τιμές)	$P = UI = \frac{U^2}{R} = RI^2$	$\mu\eta\delta\epsilon\nu$
Φάση του φεύγματος ής πρός την τάση πηγής πηγής (φ)	90° (απόστρετη)	$U \cdot I \sin \varphi$
Σύνδεση σε σειρά R=R ₁ +R ₂	$L = \frac{\omega L}{R}$ (για απόγευξη μηδέν)	$\mu\eta\delta\epsilon\nu$
Παράλληλη σύνδεση R=R ₁ /R ₂	$L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$ (για συντονίση μηδέν)	$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$
Συντελεστής ποιότητας (Q) ή μηχανισμών (δ)	$Q = \frac{\omega L}{R}$ άπειρος	$\delta = R\omega C$ $\delta = \frac{1}{R\omega C}$

5·7 Ἀνακεφαλαίωση.

‘Ο Πίνακας 6 (σελ. 114) συνοψίζει δσα εἴπαμε στὰ Κεφ. 3, 4 καὶ 5 γιὰ τὶς ἀντιστάσεις, τὰ πηγία καὶ τοὺς πυκνωτές, καθὼς καὶ γιὰ τὶς διάφορες συνδεσμολογίες τους ἀνὰ δύο. ‘Ο Πίνακας αὐτὸς μᾶς βοηθεῖ νὰ θυμώμαστε τὶς βασικὲς ἰδιότητες τῶν πιὸ ἀπλῶν κυκλωμάτων, ποὺ συναντοῦμε διαρκῶς στὴν πρακτικὴ ραδιοτεχνική.

ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΕΝΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ - ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΣΕ ΣΕΙΡΑ

6.1 Τὸ φαινόμενο τοῦ συντονισμοῦ.

"Ἄς ἀφήσωμε γιὰ μιὰ στιγμὴ τὴν ραδιοτεχνία καὶ ἄς παρακολουθήσωμε ἔνα παιχνίδι, τὸ παιχνίδι τῆς κούνιας. "Ἄν εἴμαστε αὐτὸς ποὺ τραβᾶ τὸ σχοινὶ (σχ. 6.1α), ξέρομε ὅτι πρέπει νὰ κάνωμε αὐτὴ τὴν δουλειὰ ὅχι ὅπως τύχη, ἀλλὰ μ' ἔνα κατάλληλο ρυθμό.



Σχ. 6.1α.
Τὸ παιχνίδι τῆς κούνιας (συντονισμός).

"Ἡ κούνια εἶναι πραγματικὰ ἔνα ἐκκρεμὲς (ποὺ τὸ γνωρίζομε ἀπὸ τὸ βιβλίο τῆς Φυσικῆς). "Ἄν τῆς δώσωμε μιὰ ὥθηση καὶ τὴν ἀφήσωμε ἐλεύθερη, ἡ κούνια θὰ ἔξακολουθήσῃ γιὰ κάμποσο χρόνος νὰ πηγαίνῃ πέρα - δῶθε (νὰ ταλαντώνεται) μὲ μιὰ δρισμένη συχνότητα (ἀριθμὸς ταλαντώσεων ἀνὰ δευτερόλεπτο). Ἡ συχνότητα αὐτὴ εἶναι χαρακτηριστικὴ γιὰ τὶς ἐλεύθερες ταλαντώσεις τοῦ συστήματος καὶ τὴ λέμε φυσικὴ συχνότητα ἢ ἴδιοσυχνότητα.

Οι έλευθερες ταλαντώσεις δὲν συνεχίζονται, βέβαια, ἐπ' ἄπειρο. Αὐτὸς δρεῖται στὶς τριβές τοῦ συστήματος. Ή ἀπόσθεση ποὺ προκαλοῦν οἱ τριβές συντελεῖ, ὥστε οἱ ταλαντώσεις νὰ ἔχουν διαρκῶς μικρότερο πλάτος, ὡς ποὺ νὰ σταματήσουν ἐντελῶς.

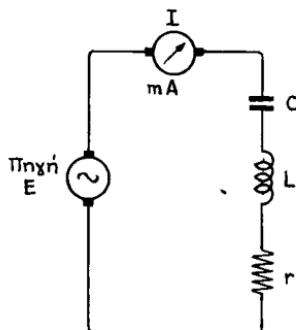
'Αρχίζοντας τὸ παιχνίδι, γιὰ νὰ δώσωμε στὴν κούνια ταλαντώσεις μὲ ἀρκετὰ μεγάλο πλάτος καὶ, κατόπιν, γιὰ νὰ τὶς συντηρήσωμε (νὰ τὶς κρατήσωμε μὲ σταθερό, ἀμείωτο, πλάτος), πρέπει σὲ κάθε περίοδο τῆς κούνιας νὰ τῆς δίνωμε καὶ μιὰ μικρὴ ὥθηση. Σὲ κάθε ὥθηση προσφέρομε στὸ σύστημα τὴν ἐνέργεια ποὺ εἶναι ἀπαραίτητη γιὰ νὰ ἔξισορροπήσῃ τὶς τριβές. Γιὰ νὰ εἶναι ὅμως αὐτὸς ἀποτελεσματικό, πρέπει οἱ ὥθησεις νὰ δίνωνται μὲ τὸ ρυθμὸς τῆς ἴδιοσυχνότητας τοῦ συστήματος. Διαφορετικά, ἡ κίνηση τῆς κούνιας εἶναι ἀνώμαλη καὶ περιορισμένη καὶ, παρ' ὅλο ποὺ καταβάλλομε δύναμη, δὲν καταφέρνομε νὰ ἔχωμε ρυθμικὲς ταλαντώσεις μὲ ἀρκετὰ μεγάλο καὶ σταθερὸ πλάτος.

"Ωστε, οἱ ὥθησεις πρέπει νὰ δίνωνται μὲ τὸ ρυθμὸς τῆς ἴδιοσυχνότητας τοῦ συστήματος. Λέμε τότε δτὶ αὐτὸς ποὺ δίδει τὶς ὥθησεις εὑρίσκεται σὲ συντονισμὸ μὲ τὸ ταλαντευόμενο σύστημα. Συντονισμός, δηλαδή, θὰ πῇ γενικὰ μιὰ σύμπτωση ἀνάμεσα σὲ δύο συχνότητες, σὲ τρόπο ὥστε νὰ παραχθῇ κάποιο ἀξιόλογο ἀποτέλεσμα. 'Υπάρχουν καὶ πολλὰ ἄλλα παραδείγματα ποὺ θὰ μπορούσαιμε νὰ ἀναφέρωμε, (δύο ὅμοιες χορδές, στρατιώτες ποὺ περνοῦν μιὰ γέφυρα κλπ.) Θὰ σταματήσωμε δμως ἐδῶ, γιὰ νὰ δοῦμε μὲ ποιό τρόπο τὸ θεμελιώδες φαινόμενο τοῦ συντονισμοῦ ἐκδηλώνεται στὴ ραδιοτεχνία καὶ πόσο μεγάλη εἶναι ἡ χρησιμότητά του.

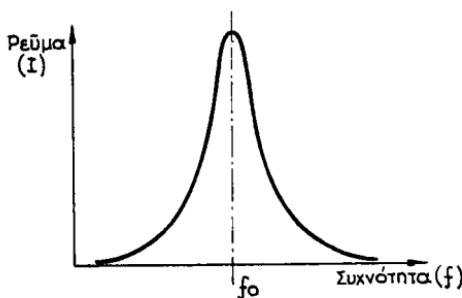
6 · 2 "Ενα πείραμα ήλεκτρικού συντονισμοῦ.

Μποροῦμε νὰ πάρωμε μιὰ πρώτη ἰδέα γιὰ τὸν ηλεκτρικὸ συντονισμὸ ἀπὸ τὸ ἔξης πείραμα: Μιὰ πηγὴ ὑψηλῆς συχνότητας τροφοδοτεῖ σὲ σειρὰ ἔνα πυκνωτὴ καὶ ἔνα πηνίο (σχ. 6 · 2 α). Ή συχνότητα τῆς πηγῆς μπορεῖ νὰ μεταβληθῇ, ἡ τάση τῆς δμως

μένει πάντα σταθερή (πηγή σταθερής τάσεως). "Ενα άμπερόμετρο σε σειρά μὲ τὴν συνδεσμολογία, μετρᾶ τὸ ρεῦμα ποὺ τῇ διαρρέει (ἢ μικρὴ ἀντίσταση r , ποὺ ἔχει σημειωθῆ στὸ σχῆμα, εἶναι ἡ ἀντίσταση ἀπωλειῶν τοῦ πηγίου).



Σχ. 6·2 α.
Πείραμα συντονισμοῦ.



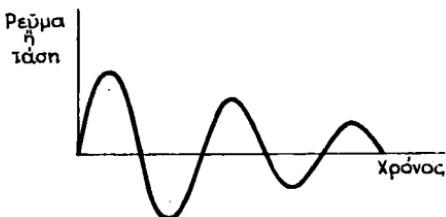
Σχ. 6·2 β.
Καμπύλη ποὺ δείχνει ὅτι στὴ συχνότητα f_0 ὑπάρχει συντονισμός.

Κρατώντας σταθερὴ τὴν τάση τῆς πηγῆς, ἃς μεταβάλωμε τὴ συχνότητά της. Σὲ κάθε συχνότητα f , τὸ άμπερόμετρο μετρᾶ ἕνα ρεῦμα I . Τὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων παριστάνονται ἀπὸ τὴν καμπύλη τοῦ σχῆματος 6·2 β. Βλέπομε ὅτι τὸ ρεῦμα παίρνει μιὰ μέγιστη τιμὴ γιὰ μιὰ ἐντελῶς καθορισμένη συχνότητα f_0 . Γύ-

ρω ἀπὸ τὴν συχνότητα αὐτὴν τὸ ρεῦμα πέφτει λίγο-πολὺ ἀπότομα.

Ἐχομε, λοιπόν, καὶ ἐδῶ ἔνα ἀξιόλογο ἀποτέλεσμα (ἔνα μέγιστο ρεύματος) τὴν στιγμὴν ποὺ δυὸς συχνότητες συμπίπτουν. Μήπως, λοιπόν, πρόκειται γιὰ συντονισμό; Τότε, δημοσ., πρέπει ἔνα κύκλωμα LC , μὲ πηγή καὶ πυκνωτή, νὰ ἔχῃ μιὰ δική του χαρακτηριστικὴ συχνότητα, μιὰ ἰδιοσυχνότητα.

Ἐτοι καὶ εἶναι. "Ἄς πάρωμε τὸ κύκλωμα LC καὶ δὲ τοῦ ἐφαρμόσωμε γιὰ μιὰ στιγμὴ μιὰ « ὥθηση », π.χ. νὰ τὸ συνδέσωμε καὶ ἀμέσως νὰ τὸ ἀποσυνδέσωμε σὲ μιὰ πηγὴ συνεχοῦς ρεύματος. Θὰ μπορούσαμε τότε νὰ διαπιστώσωμε δὲ τὸ κύκλωμα γεννιέται ἔνα ἐναλλασσόμενο ρεῦμα (ἐλεύθερες ταλαντώσεις). Η συχνότητα τοῦ ρεύματος εἶναι ἵση μὲ τὴν ἰδιοσυχνότητα f_0 τοῦ κυκλώματος, ἐνῷ τὸ πλάτος του μικραίνει μὲ τὸ χρόνο καὶ τελικὰ τὸ ρεῦμα ἔξαφανίζεται, ἔξι αἰτίας τῆς ἀποσβέσεως ποὺ προκαλεῖ ἡ ἀντίσταση ἀπωλειῶν τοῦ κυκλώματος (σχ. 6 · 2 γ). "Οταν δημοσ. τὸ κύκλωμα



Σχ. 6 · 2 γ.
Ἐλεύθερες ἀποσβενόμενες ταλαντώσεις.

ἔχει συνδεθῆ μὲ μιὰ πηγὴ σὲ συντονισμό, δηλαδὴ πηγὴ ποὺ ἡ συχνότητά της νὰ εἶναι ἵση μὲ τὴν ἰδιοσυχνότητα τοῦ κυκλώματος, τότε τὸ ρεῦμα γίνεται μέγιστο καὶ συντηρεῖται. "Οπως στὸ παράδειγμα τοῦ ἐκκρεμοῦς, ἔτοι καὶ ἐδῶ ἡ πηγὴ προσφέρει σὲ κάθε περίοδο τὴν ἐνέργεια ποὺ χρειάζεται γιὰ νὰ ἔξισσορροπηθοῦν οἱ ἀπώλειες τοῦ κυκλώματος. Γιὰ κάθε ἀλληγορική συχνότητα τῆς πηγῆς ἔξω ἀπὸ τὴν συχνότητα συντονισμοῦ f_0 , τὸ κύκλωμα προσθάλλει μεγα-

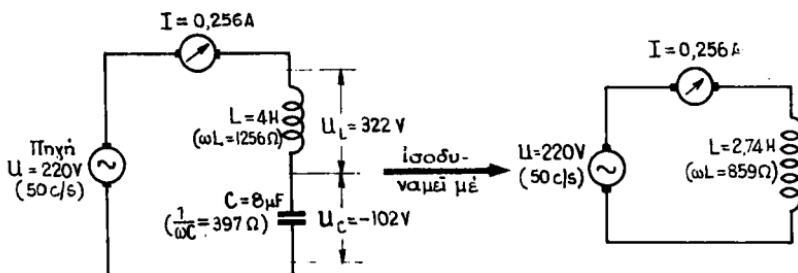
λύτερη άντισταση στή διάδαση τοῦ ρεύματος καὶ εύρισκεται σὲ ἀπο-
συντονισμὸν ὡς πρὸς τὴν πηγὴν.

Νά μιὰ περίπτωση ἡλεκτρικοῦ συντονισμοῦ. "Ομως, γι' αὐ-
τὸν μιὰ λεπτομερέστερη μελέτη εἶναι τελείως ἀπαραίτητη.

6.3 Πηνίο καὶ πυκνωτής σὲ σειρά.

Στὰ Κεφάλαια 4 καὶ 5 εἰδαμε τί συμβαίνει, ὅταν ἔνα πηγή
ἢ ἔνας πυκνωτής, τὸ καθένα ἔχωριστά, συνδεθοῦν στοὺς πόλους
μιᾶς πηγῆς ἐναλλασσομένου ρεύματος (σὲ συνδυασμὸν ἢ ὅχι μὲ μιὰ
άντισταση). Τὶ δημως ἀκριβῶς θὰ συμβῇ, ἂν τὸ πηγήν καὶ ὁ πυκνω-
τής συνδεθοῦν μαζί, σὲ σειρά, στοὺς πόλους τῆς πηγῆς; Οἱ ἀντι-
στάσεις τους θὰ προστεθοῦν μὲ τὸν ἀπλὸ τρόπο τῆς ἀριθμητικῆς,
σὰν νὰ ἦταν ὅμοιειδεῖς ἀντιστάσεις (π.χ. ὡμικές); ἢ πρέπει πάλι νὰ
χρησιμοποιήσωμε τὴ γεωμετρικὴ πρόσθεση μὲ τὴν τετραγωνικὴ ρί-
ζα, δπως κάναμε γιὰ ἀντιστάσεις ποὺ ή φύση τους ἦταν διαφορετική;

Δὲν γίνεται ἀκριβῶς οὕτε τὸ ἔνα, οὕτε τὸ ἄλλο. Γιὰ νὰ κα-
ταλάβωμε δημως τί θὰ συμβῇ, ἀς πάρωμε τὸ κύκλωμα τοῦ σχήμα-
τος 6.3 α: μιὰ πηγή, ἔνα ἰδανικὸ πηγήν καὶ ἔναν ἰδανικὸ πυκνω-



Σχ. 6.3 α.

Πηνίο καὶ πυκνωτής σὲ σειρά.

Σχ. 6.3 β.

Κύκλωμα ἴσοδύναμο μὲ τὸ διπλανό του
(ἢ πηγὴ δίνει τὸ ἴδιο ρεῦμα 0,256 A),

τὴ σὲ σειρά. Ἀφοῦ δλα τὰ στοιχεῖα εἶναι σὲ σειρά, ὑπάρχει ἔνα
καὶ μόνο κοινὸ ρεῦμα. Τὸ ρεῦμα δημως αὐτὸν ὀφείλει νὰ εύρισκεται

σε καθυστέρηση φάσεως 90° ώς πρὸς τὴν τάση U_L στὰ ἄκρα τοῦ πηγίου καὶ, συγχρόνως, σε προπορείᾳ 90° ώς πρὸς τὴν τάση U_C στὰ ἄκρα τοῦ πυκνωτῆς. Ἀρα, οἱ δύο τάσεις U_L καὶ U_C ἔχουν μεταξύ τους διαφορὰ φάσεως $90^\circ + 90^\circ = 180^\circ$, εὑρίσκονται δηλαδὴ σε πλήρη ἀντίφαση (ἢ μιὰ εἶναι ἀκριβῶς ἀντίθετη ἀπὸ τὴν ἄλλη).

Ωστε, οἱ τάσεις στὰ ἄκρα τοῦ πηγίου καὶ τοῦ πυκνωτῆς εἶναι ἀκριβῶς ἀντίθετες. Ὁμως, οἱ τάσεις εἶναι ἀνάλογες πρὸς τὶς ἀντιστάσεις, ἀφοῦ τὸ ρεῦμα εἶναι τὸ ἕδιο στὸ πηγίο καὶ στὸν πυκνωτῆς. Ἐπομένως, οἱ ἀντιστάσεις τοῦ πηγίου καὶ τοῦ πυκνωτῆς εἶναι καὶ αὐτὲς μεταξύ τους ἀντίθετες. Δὲν εἶναι ἀρκετό, δηλαδὴ, νὰ λέμε δτι ἡ ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση τοῦ πηγίου εἶναι ωL καὶ ἡ χωρητικὴ ἀντίσταση τοῦ πυκνωτῆς $1/\omega C$. Πρέπει ἀκόμα τὴ μιὰ ἀπὸ τὶς ἀντιστάσεις αὐτὲς νὰ τὴν παίρνωμε σὰν θετικὴ καὶ τὴν ἄλλη σὰν ἀρνητική.

Κατ’ ἀρχὴν εἶναι ἐντελῶς ἀδιάφορο ποιὰ ἀντίσταση θὰ πάρωμε σὰν θετική καὶ ποιὰ σὰν ἀρνητική. Ἡ συνήθεια, δημως, ἔχει ἐπιβάλει νὰ παίρνωμε σὰν ἀρνητικὴ τὴ χωρητικὴ ἀντίσταση. Ὁ πυκνωτής, λοιπόν, ἔχει χωρητικὴ ἀντίσταση— $1/\omega C$ (τὸ ἀρνητικὸ σημεῖο μπορεῖ νὰ παραλείπεται μόνο δταν δὲν ὑπάρχῃ κίνδυνος συγχύσεως, δχι δημως καὶ στὸ παραδειγμά μας, δπου ἔχομε νὰ κάνωμε συγχρόνως μὲ πηγίο καὶ πυκνωτή).

Τοστερα ἀπ’ δσα εἴπαμε, ποιά θὰ εἶναι ἡ ἴσοδύναμη ἀντίσταση τοῦ πηγίου καὶ τοῦ πυκνωτῆς σὲ σειρά; Εἶναι φανερό, δτι ἡ ἴσοδύναμη ἀντίσταση θὰ εἶναι:

$$Z = \omega L - \frac{1}{\omega C}, \quad (\omega = 2\pi \cdot f = 6,28 \times \text{συχνότητα}). \quad (1)$$

Βλέπομε πραγματικὰ δτι ἡ ἴσοδύναμη ἀντίσταση δὲν εὑρίσκεται ἐδῶ οὔτε μὲ γεωμετρική, οὔτε μὲ καθαρὴ ἀριθμητικὴ πρόσθεση. Οἱ ἀντιστάσεις πηγίου καὶ πυκνωτῆς προστίθενται ἀλγεβρικὰ (παίρ-

νοντας δηλαδή όπ' όψη μας και τὰ ἀλγεβρικά τους σημεῖα «σὸν» και «πλήν»).

Άς είναι π.χ. $L = 4H$ και $C = 8\mu F$. "Αν ή πηγή, είναι τὸ βιομηχανικὸ δίκτυο τῶν 50 c/s , θὰ ἔχωμε: $\omega L = 6,28 \cdot 50 \cdot 4 = 1256 \Omega$ και $-1/\omega C = -1/6,28 \cdot 50 \cdot 8 \cdot 10^{-6} = -397 \Omega$. Ή ίσοδύναμη σύνθετη ἀντίσταση θὰ είναι: $Z = 1256 - 397 = 859 \Omega$. Τὸ γεγονός διτι ή ίσοδύναμη ἀντίσταση βγαίνει θετική σημαίνει διτι στὸ κύκλωμα LC τοῦ παραδείγματός μας θὰ μποροῦσε ν' ἀντικατασταθῇ ἀπὸ ἐνα μόνο πηγίο, ποὺ θὰ εἶχε τὴν ίδια (θετική) ἐπαγωγική ἀντίσταση τῶν 859Ω (σχ. 6.3 β). Γι' αὐτὸ λέμε, στὴν περίπτωσή μας, διτι τὸ κύκλωμα παρουσιάζει ἐπαγωγική συμπεριφορά. Στὴν ἀντίθετη περίπτωση, διπου ή ίσοδύναμη ἀντίσταση θὰ ἔγαινε ἀρνητική, θὰ λέγαμε διτι τὸ κύκλωμα παρουσιάζει χωρητική συμπεριφορά.

"Αν ή πηγὴ ἔχῃ τάση $U = 220 \text{ V}$, τὸ ρεῦμα ποὺ θὰ περάση ἀπὸ τὸ προηγούμενο κύκλωμα θὰ είναι: $I = U/Z = 220/859 = 0,256 \text{ A}$, (256 mA). Έπειδὴ τὸ κύκλωμα ἔχει καθαρή ἐπαγωγική συμπεριφορά, τὸ ρεῦμα αὐτὸ καθυστερεῖ κατὰ 90° ὡς πρὸς τὴν τάση τῆς πηγῆς.

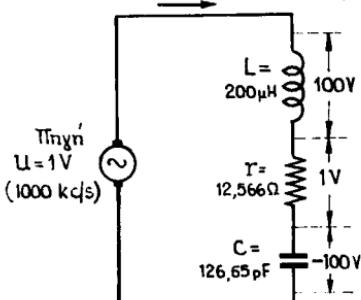
Ή τάση στὰ ἄκρα τοῦ πηγίου θὰ είναι $U_L = (\omega L) \cdot I = 1256 \cdot 0,256 = 322 \text{ βόλτα},$ ἐνῶ ή τάση στὰ ἄκρα τοῦ πυκνωτῆ θὰ είναι: $U_C = (1/\omega C) \cdot I = -397 \cdot 0,256 = -102 \text{ βόλτα}$. "Αν προσθέσωμε ἀλγεβρικὰ τὶς δύο αὐτὲς τάσεις, εὑρίσκομε $322 - 102 = 220 \text{ V}$, δηλαδὴ ἀκριβῶς τὴν τάση τῆς πηγῆς. Αὐτό, βέβαια, είναι σωστὸ και ἔπειτε νὰ τὸ περιμένωμε. Έκεῖνο δημως ποὺ δὲν περιμένωμε είναι νὰ βροῦμε στὰ ἄκρα τοῦ πηγίου μιὰ τάση 322 βόλτα, δηλαδὴ σημαντικὰ ἀνώτερη ἀπὸ τὴν τάση τῆς πηγῆς. Κι' δημως δὲν κάνομε λάθος. Τὸ πρᾶγμα είναι σωστὸ και ἀποτελεῖ ἐνα ἀπὸ τὰ φαινομενικὰ παράδοξα τῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων (θὰ δοῦμε και ἀλλα τέτοια).

6.4 Συντονισμός σε σειρά.

"Οσα εἴπαμε παραπάνω ἐφαρμόζονται, δταν συνδέσωμε σὲ σε-
ρὰ ἔνα ἰδανικὸ πηγίο καὶ ἔναν ἰδανικὸ πυκνωτή. "Ας ὑπενθυμί-
σωμε δτι ἔνα στοιχεῖο (πηγή ή πυκνωτής) θα ἥταν ἰδανικό (ή
καθαρό), ἀν δὲν παρουσίαζε καμμιὰ ἀπώλεια ισχύος. Στὴν πρα-
γματικότητα δμως ὑπάρχουν πάντα ἀπώλειες. Τὶς ἀπώλειες τὶς πα-
ριστάνομε, ὅπως ξέρομε, μὲ μιὰ δμικὴ ἀντίσταση ἀπωλειῶν. 'Αλ-
λὰ οἱ ἀπώλειες ἔνδει πυκνωτή εἰναι γενικὰ πολὺ μικρότερες ἀπὸ
τὶς ἀπώλειες ἔνδει πηγίου. Μποροῦμε, λοιπόν, στὴν πράξη νὰ ἔχακο-
λουθοῦμε νὰ θεωροῦμε τὸν πυκνωτή C σὰν ἰδανικό, τὸ πηγίο δμως
πρέπει νὰ τὸ ἀντικαταστήσωμε ἀπὸ μιὰ αὐτεπαγωγὴ L σὲ σειρὰ
μὲ μιὰ ἀντίσταση ἀπωλειῶν r. Στὴν ἀντίσταση αὐτῇ μποροῦμε,
ἄλλωστε, νὰ ἀποδώσωμε δχι μόνο τὶς ἀπώλειες τοῦ πηγίου, ἀλλὰ
καὶ τὶς μικρές ἀπώλειες τοῦ πυκνωτῆ. Μιὰ τέτοια ἀπλοποίηση
δὲν ἄλλάζει πρακτικὰ σὲ τίποτε δσα ἔχομε νὰ ποῦμε παρακάτω,
ἔνα ἀντίθετα εὐκολύνει πολὺ τὰ πράγματα.

Φθάνομε ἔτσι στὸ κύκλωμα σειρᾶς LrC (σχ. 6·4α). Ποιά
θὰ είναι ἡ συνολικὴ σύνθετη ἀντίσταση αὐτοῦ τοῦ κυκλώματος;
Καὶ τί θὰ συμβῆ, ἂν κάνωμε νὰ μεταβάλεται ἡ συχνότητα τῆς
πηγῆς ποὺ τὸ τροφοδοτεῖ;

$$I = 0,0796 \text{ A} (79,6 \text{ mA})$$



$\Sigma\gamma$. 6.4 α .

Κύκλωμα LrC σε σειρά.

$$\omega L - \frac{1}{\omega C}$$

$\Sigma\gamma$. 6.4 β .

Τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 6·4 α,
άλλὰ μὲ τὰ στοιχεῖα του τακτο-
ποιημένα διαφορετικά.

Θ' ἀρχίσωμε ἀπὸ τὸ πρῶτο ἔρώτημα. Τὸ κύκλωμά μας περιλαμβάνει τὰ στοιχεῖα L , r καὶ C σὲ σειρά. Ποιό δῆμως εἶναι πρῶτο καὶ ποιό δεύτερο μέσα στὸ κύκλωμα δὲν ἔχει καμμιὰ σημασία, ἀφοῦ καὶ τὰ τρία στοιχεῖα διαρρέονται ἀπὸ τὸ ἕδιο ρεῦμα. "Ας ποῦμε, λοιπόν, δτι ἡ ὡμικὴ ἀντίσταση r εἶναι πρώτη (ἢ τελευταία). "Εχομε τότε τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος $6 \cdot 4 \beta$. Τὸ πηγέο L καὶ δι πυκνωτής C εὑρίσκονται τώρα δίπλα-δίπλα σὲ σειρά καὶ θεωροῦνται σὰν ιδανικὰ στοιχεῖα. "Η ίσοδύναμη σύνθετη ἀντίστασή τους, σύμφωνα μὲ δσα εἴπαμε στὴν προηγούμενη παράγραφο, θὰ εἶναι $\omega L - \frac{1}{\omega C}$. "Αν π.χ. $L = 200 \mu H$, $C = 126,65 \text{ pF}$ καὶ ἡ πηγὴ ἔχει συχνότητα 800 k/cs , τότε:

$$\omega L = 6,28 \cdot 800 \cdot 10^3 \cdot 200 \cdot 10^6 = 1005 \Omega$$

$$\text{καὶ } 1/\omega C = 1/6,28 \cdot 800 \cdot 10^3 \cdot 126,7 \cdot 10^{-12} = 1567 \Omega.$$

"Αρα, ἡ σύνθετη ἀντίσταση τοῦ πηγέου καὶ τοῦ πυκνωτῆ μαζὶ θὰ εἶναι $1005 - 1567 = - 562 \Omega$ (τὸ ἀρνητικὸ σημεῖο στὸ ἀποτέλεσμα σημαίνει δτι κυριαρχεῖ δι πυκνωτής, δηλαδὴ δτι ἔχομε χωρητικὴ συμπεριφορά).

Μένει τώρα νὰ προσθέσωμε καὶ τὴν ὡμικὴ ἀντίσταση r . Μὲ ποιό δῆμως τρόπο; Φθάνει νὰ θυμηθοῦμε δτι τὰ πηγία καὶ οἱ πυκνωτὲς ἔχουν ἀντιστάσεις διαφορετικοῦ εἰδους ἀπ' δτι οἱ ὡμικὲς ἀντιστάσεις καὶ δτι τὰ διαφορετικὰ αὐτὰ εἰδή χαρακτηρίζονται ἀπὸ διαφορὲς φάσεων 90° . Οἱ δύο λοιπὲν ἀντιστάσεις r καὶ $\omega L = \frac{1}{\omega C}$ πρέπει νὰ προστεθοῦν μὲ τὸ γεωμετρικὸ τρόπο τῆς τετραγωνικῆς ρίζας, ποὺ ἔξηγήσαμε στὰ Κεφάλαια 4 καὶ 5. "Αρα, ἡ ίσοδύναμη σύνθετη ἀντίσταση τοῦ κυκλώματος LrC σὲ σειρά εἶναι :

$$Z = \sqrt{r^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2} \quad (1)$$

"Αν, δπως στὸ παράδειγμα τοῦ σχήματος 6·4 α:

$r = 12,566 \Omega$, θὰ ἔχωμε (γιὰ συχνότητα $f = 800 \text{ kc/s}$):

$$Z = \sqrt{(12,566)^2 + (-562)^2} = \sqrt{158 + 315\,844} = \sqrt{316\,002} = \\ = 100\sqrt{31,6} = 562,1 \Omega,$$

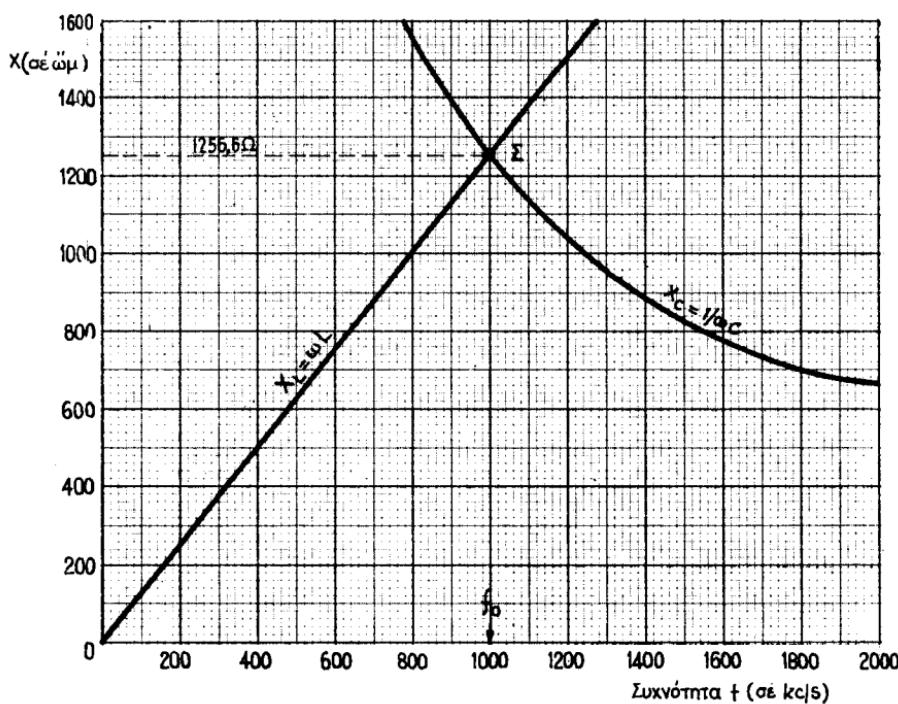
δηλαδὴ ή πρόσθεση τῆς ώμικής ἀντιστάσεως ἐπηρεάζει πολὺ λίγο τὸ ἀποτέλεσμα (ἀντὶ γιὰ 562 Ω ποὺ εἶχαμε πρίν, βρίσκομε 561,1 Ω). Αὐτὸ τουλάχιστο συμβαίνει στὸ παράδειγμά μας. Παρακάτω θὰ δοῦμε δτὶ ή ώμική ἀντισταση δὲν μπορεῖ πάντοτε νὰ παραλειφθῇ. Ἐκτὸς ἀπ' αὐτό, η ώμική ἀντισταση τείνει νὰ φέρῃ τὸ ρεῦμα σὲ φάση μὲ τὴν τάση. Ἀρα, στὸ παράδειγμά μας, δπου τὸ κύκλωμα ἔχει χωρητική συμπεριφορά, τὸ ρεῦμα θὰ προπορεύεται κάτι λιγότερο ἀπὸ 90° ὡς πρὸς τὴν τάση τῆς πηγῆς (στὸ παράδειγμα ή διαφορὰ εἶναι ἐντελῶς ἀσήμαντη).

Τὸ δεύτερο ἔρώτημα (τί γίνεται δταν μεταβάλωμε τὴ συχνότητα τῆς πηγῆς) εἶναι πολὺ πιὸ ἐνδιαφέρον.

"Οταν μεταβάλωμε τὴ συχνότητα τῆς πηγῆς, η ἐπαγωγική ἀντισταση τοῦ πηγίου καὶ η χωρητική ἀντισταση τοῦ πυκνωτῆ μεταβάλλονται. Τὸ σχῆμα 6·4 γ δείχνει μὲ ποιὸ τρόπο οἱ ἀντιστάσεις αὐτὲς μεταβάλλονται. Καθὼς η ἐπαγωγική ἀντισταση αὐξάνει μὲ τὴ συχνότητα, ἐνῶ η χωρητική ἀντισταση μικραίνει, ὑπάρχει ἔνα σημεῖο S , ποὺ ἀντιστοιχεῖ σὲ μιὰ δρισμένη συχνότητα f_0 , δπου οἱ δύο ἀντιστάσεις γίνονται ίσες. Η συχνότητα αὐτὴ στὸ παράδειγμά μας εἶναι $f_0 = 1\,000 \text{ kc/s}$. Πραγματικά, γιὰ τὴ συχνότητα αὐτή, τὸ πηγίο ἔχει ἐπαγωγική ἀντισταση $\omega_0 L = 1\,256,6 \Omega$, ἐνῶ η χωρητική ἀντισταση τοῦ πυκνωτῆ εἶναι ἐπίσης $1/\omega_0 C = 1\,256,6 \Omega$ (τὸ ω_0 ίσονται μὲ 2π ἢ $6,28$ φορὲς τὴ συχνότητα f_0). Καθὼς οἱ δύο αὐτὲς ἀντιστάσεις εἶναι ἀντίθετες, η μία ἔξισορροπεῖ ἀκριβῶς τὴν ἄλλη, ίσοδυναμοῦν, δηλαδὴ, μὲ μιὰ μηδενική ἀντισταση.

Τί θὰ γινόταν τότε, ἂν δὲν ὑπῆρχε η ώμική ἀντισταση;

Τὸ κύκλωμα θὰ είχε προφανῶς μιὰ συνολικὴ ἀντίσταση ἵση μὲ τὸ μηδὲν καὶ ἡ πηγή, μὲ τὴν παραμικρὴ τάση, θὰ ἔδινε ρεῦμα ἀπειρο! Αὐτὸ δμως τὸ παράξενο δὲν ὑπάρχει ἔτσι ἀκριβῶς στὴν πραγματικότητα. Ἡ ὠμικὴ ἀντίσταση, ἡ μόνη ἀντίσταση ποὺ παραμένει στὸ κύκλωμα στὴ συχνότητα f_0 , περιορίζει τὸ ρεῦμα σὲ μιὰ τιμὴ U/r ἔχι ἀπειρο. Ἐν π.χ. ἡ τάση τῆς πηγῆς εἶναι:



Σχ. 6·4 γ.

Ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση τοῦ πηγίου ($X_L = 6,28 fL$, $L = 200 \mu H$) καὶ χωρητικὴ ἀντίσταση τοῦ πυκνωτῆ $X_C = 1/6,28 fC$, $c = 127 \text{ pf}$) δταν ἡ συχνότητα τῆς πηγῆς τοῦ σχήματος 6·4 α μεταβάλλεται).

$U = 1$ βόλτ, τότε στὸ παράδειγμά μας θὰ ἔχωμε στὴ συχνότητα f_0 ρεῦμα $I_0 = \frac{U}{r} = \frac{1}{12,566} = 0,0795$ ἀμπέρ. Αὐτὸ δμως

Θὰ συμβῇ μόνο γιὰ τὴ συχνότητα f_0 . Γιὰ δποιαδήποτε ἄλλη συχνότητα, ή διαφορὰ $\omega L - \frac{1}{\omega C}$ δὲν θὰ εἶναι πιὰ μηδέν, τὸ κύκλωμα θὰ παρουσιάζῃ ἀντίσταση μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ὡμικὴ ἀντίσταση r , καὶ τὸ ρεῦμα θὰ εἶναι μικρότερο. "Αρα, τὸ ρεῦμα στὴ συχνότητα f_0 δὲν γίνεται μὲν ἀπειρο, παίρνει διμως τὴν πιὸ μεγάλη (τὴ μέγιστη) τιμῆ του.

Αὐτὸς εἶναι ἔνα ἀξιόλογο ἀποτέλεσμα. Εἶναι ἀκριβῶς ή ἐκδήλωση ὅτι, στὴ συχνότητα f_0 , τὸ κύκλωμα βρίσκεται σὲ συντονισμὸ μὲ τὴν πηγή. Ἡ συχνότητα συντονισμοῦ f_0 δὲν εἶναι ἄλλη ἀπὸ τὴν ἰδιοσυχνότητα τοῦ κυκλώματος, ποὺ γι' αὐτὴ μιλήσαμε στὴν παράγραφο (6·2).

"Εκτὸς ἀπὸ τὴν ἐλάχιστη ἀντίσταση καὶ τὸ μέγιστο ρεῦμα, στὸ συντονισμὸ ἔχομε καὶ ἄλλα ἀξιόλογα φαινόμενα. "Ας ἔναρθωμε στὸ παραδειγμά μας καὶ ἂς μείνωμε στὴ συχνότητα συντονισμοῦ $f_0 = 1\,000 \text{ kc/s}$. Ἀφοῦ τὸ ρεῦμα εἶναι $0,0795 \text{ A}$ καὶ τὸ πηγνὸς ἔχει ἐπαγωγιγὴ ἀντίσταση $\omega_0 L = 1\,257 \Omega$, ή τάση στὰ ἄκρα του θὰ εἶναι $1\,257 \cdot 0,0795 = 100 \text{ βόλτα}$. Ἡ ἴδια τάση θὰ ὑπάρχῃ καὶ στὰ ἄκρα τοῦ πυκνωτῆ, ἀφοῦ ή χωρητικὴ του ἀντίσταση εἶναι ἐπίσης $1\,257 \Omega$ καὶ τὸ ρεῦμα ποὺ τὸν διαρρέει εἶναι τὸ ἴδιο. "Ομως ή τάση τῆς πηγῆς δὲν εἶναι παρὰ 1 βόλτα . Ἡ τάση στὰ ἄκρα τοῦ πηγνίου (ἢ τοῦ πυκνωτῆ) εἶναι λοιπὸν 100 φορὲς μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν τάση τῆς πηγῆς: Τὸ πηγνίο (καὶ δ πυκνωτής) βρίσκονται ἔτοι σὲ ὑπέρταση. "Αν η τάση ἐργασίας τοῦ πυκνωτῆ δὲν εἶναι ἀρκετὰ μεγάλη, ή ὑπέρταση μπορεῖ νὰ καταστρέψῃ τὸ μονωτικό του.

Δὲν πρέπει διμως νὰ ξεχνοῦμε ὅτι οἱ δύο ὑπερτάσεις στὸ πηγνίο καὶ τὸν πυκνωτὴν εἶναι μεταξύ τους ἀντίθετες. Αὐτὸς βέβαια δὲν ἐλαττώνει καθόλου τὴν χρησιμότητά τους στὴ ραδιοτεχνία. "Αν πάρωμε ὥστόσο τὸ μέρος τῆς πηγῆς, οἱ δύο ὑπερτάσεις ἔξισορ-

ροποῦνται μεταξύ τους. Ή τάση τῆς πηγῆς ἔχει νὰ ἀντιμετωπίσῃ μονάχα τὴν πτώση τάσεως μέσα στὴν ωμική ἀντίσταση. Καὶ αὐτῇ ἡ πτώση τάσεως εἶναι ($\omega_{\text{mik}} \cdot \alpha$) \times ($\rho e \mu \alpha$) = $I_0 \cdot I_0 = 12,566 \cdot 0,0795 = 1$ βόλτ, δηλαδὴ ἀκριβῶς ἵση μὲ τὴν τάση τῆς πηγῆς. Κοίμα, στὴν πραγματικότητα δὲν ὑπάρχει τίποτα τὸ παράδοξο.

Παραμένει πάντως ότι τὸ πηγίο (καὶ δ πυκνωτής) βρίσκεται σὲ υπέρταση. Ό συντελεστής ποὺ δείχνει πόσες φορές ἡ τάση στὰ ἄκρα τοῦ πηγίου εἶναι, στὸ συντονισμό, μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν τάση τῆς πηγῆς, δνομάζεται συντελεστής ύπερτάσεως. Στὸ παράδειγμα ποὺ πήραμε, δ συντελεστής ύπερτάσεως ισοῦται: μὲ τὸν ἀριθμὸν 100. Γιὰ νὰ τὸν βρίσκωμε δμας γενικά, πρέπει: νὰ διαιροῦμε τὴν τάση στὰ ἄκρα τοῦ πηγίου μὲ τὴν τάση τῆς πηγῆς. Ή πρώτη εἶναι ἡ ση μὲ (ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση) · (ρεῦμα) = ($\omega_0 L$) · I_0 . Γιὰ τὴ δεύτερη, τὴν τάση τῆς πηγῆς, μόλις παραπάνω βρήκαμε ότι στὸν συντονισμὸν ισοῦται πάντοτε μὲ $r \cdot I_0$. Ἀν διαιρέσωμε τὶς δύο τάσεις μεταξύ τους, βρίσκομε ότι δ συντελεστής ύπερτάσεως ισούται: μὲ $\frac{\omega_0 L}{r}$. Πραγματικά, στὸ παράδειγμά μας, ἔχομε:

$$\frac{\omega_0 L}{r} = \frac{1257}{12,566} = 100.$$

Αλλὰ τὸ πηγλίκο $\omega L_0/g$ μᾶς θυμίζει τὸ συντελεστὴ ποιότητας τοῦ πηγήσου. Μιλήσαμε γι' αὐτὸν στὸ Κεφάλαιο 4 (παρ. 4·6) καὶ τὸν σημειώσαμε μὲ τὸ γράμμα Q. "Ωστε, δ συντελεστὴς ὑπερτάσσεως εἶναι τὸ ἕδιο πράγμα μὲ τὸν συντελεστὴ ποιότητας τοῦ πηγῆσου :

$$Q = \frac{\text{έπαγγεική άγτισταση των πηγών στο συντονισμό}}{\text{ώμικη άγτισταση άπωλειών}} = \frac{\omega_0 L}{r}. \quad (2)$$

Εἴχαμε μάλιστα πεῖ δτι δ συντελεστής ποιότητας μένει πρακτικὰ σταθερός μέσα σὲ μιὰ ἀρκετή περιοχὴ συχνοτήτων. Αύτὸ

σημαίνει ἐδῶ ὅτι δὲν χρειάζεται νὰ ὑπολογίζωμε τὸ συντελεστὴ ποιότητας ἀκριβῶς στὴ συχνότητα συντονισμοῦ, ἀλλὰ σὲ μιὰ δποιαδήποτε γειτονικὴ συχνότητα. Ἀντί, λοιπόν, γιὰ $Q = \omega_0 L / r$, δπου ὁ δείκτης « μηδὲν » δείχνει ὅτι βρισκόμαστε στὴ συχνότητα συντονισμοῦ ($\omega_0 = 6,28 \cdot f_0$), μποροῦμε νὰ γράψωμε γειτονικότερα $Q = \omega L / r$, δπου $\omega = 6,28 \cdot f$, καὶ f δποιαδήποτε συχνότητα κοντὰ στὸ συντονισμό.

“Οπως θὰ δοῦμε ἀργότερα, στὴν πράξη θέλομε νὰ ἔχωμε ὅσο μποροῦμε μεγαλύτερο συντελεστὴ ποιότητας (ἄν καὶ ὅχι πάντα). Αὐτὸ τὸ βλέπομε κάπως καὶ ἀπὸ τώρα. “Ἄς φαντασθοῦμε ὅτι, στὸ προηγούμενο παράδειγμα, ἡ πηγὴ ἀποτελεῖται ἀπὸ μιὰ κεραία λήψεως. “Αν ἡ κεραία δίνῃ μιὰ δρισμένη τάση, τὴν τάση αὐτὴ τὴν ἔνανθρεπτομέ, στὸ συντονισμό, μιὰ ἐκατοντάδα φορὲς ἰσχυρότερη στὰ ἀκρα τοῦ πηγίου. Εἶναι, λοιπόν, σὰν νὰ ἔχωμε μιὰ ἐνίσχυση κάπου 100 φορές. “Η συνέχεια, δμως, θὰ δείξῃ ὅτι τὰ συντονισμένα κυκλώματα δὲν χρησιμοποιοῦνται τόσο γιὰ νὰ δώσουν μιὰ ἐνίσχυση (ποὺ τὴν κάνομε καλύτερα μὲ λυχνίες), ἀλλὰ κυρίως γιὰ τὴν λειτουργία τῆς ἐπιλογῆς, ποὺ εἶναι ἀδύνατο νὰ τὴν ἔξασφαλίσωμε μὲ ἄλλον τρόπο. “Ο ἀρκετὰ μεγάλος συντελεστὴς ποιότητας Q ἀπαιτεῖται γι’ αὐτὸ τὸ σκοπό. Καὶ γιὰ νὰ ἔχωμε τὸ μεγαλύτερο δυνατὸ συντελεστὴ Q , τὸ πηγίο πρέπει νὰ ἔχῃ τὶς λιγότερες δυνατὲς ἀπώλειες ἰσχύος (τὴ μικρότερη ὥμικη ἀντίσταση r). Τότε ἀκριβῶς τὰ φαινόμενα τοῦ συντονισμοῦ γίνονται ἔντονα καὶ μποροῦν νὰ χρησιμοποιηθοῦν μὲ τὴ μεγαλύτερη ἀποτελεσματικότητα.

6·5 Συχνότητα συντονισμοῦ.

Τὸ νὰ ξέρωμε νὰ λογαριάζωμε τὴν συχνότητα συντονισμοῦ ἐνὸς κυκλώματος LC εἶναι ἀπαραίτητο στὴν πράξη. Τὸ πράγμα δὲν εἶναι δύσκολο· πρόκειται δηλαδὴ γιὰ ἀπλὴ ἀριθμητική, μόνο που μπαίνει στὴ μέση μιὰ τετραγωνικὴ ρίζα.

Η βάση είναι ότι: δι συντονισμός πραγματοποιείται, όταν η έπαγωγική άντισταση του πηγής $\omega_0 L$ έξισωθῇ μὲ τὴν χωρητικὴν άντιστασην του πυκνωτῆς $1/\omega_0 C$. Απὸ τὴν σχέση αὐτὴν βγαίνουν εύκολα οἱ ἐπόμενοι πρακτικοὶ τύποι:

Όταν ξέρωμε τὸ πηγίο L (σὲ μικροανρύ, μH) καὶ τὸν πυκνωτὴν C (σὲ πικοφαράντ, pF), ή συχνότητα συντονισμοῦ f_0 (σὲ kc/s) θὰ είναι:

$$f_0 = \frac{159\ 200}{\sqrt{LC}}. \quad (1)$$

Άρα, ή συχνότητα συντονισμοῦ είναι ἀντιστρόφως ἀνάλογη πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν τῆς αὐτεπαγωγῆς καὶ τῆς χωρητικότητας. Η συχνότητα συντονισμοῦ θὰ είναι τόσο ὑψηλότερη, ὅσο τὸ πηγίο καὶ δι πυκνωτῆς ἔχουν τιμὲς μικρότερες.

Στὴν συχνότητα αὐτὴν ἀντιστοιχεῖ, ὅπως ξέρομε. (παρ. 2·1), ἐνα μῆκος κύματος $\lambda_0 = \frac{c}{f}$. Απ' αὐτὸν βγαίνει ότι τὸ ἀντιστοιχὸ μῆκος κύματος συντονισμοῦ λ_0 (σὲ μέτρα, m) είναι:

$$\lambda_0 = 1885 \sqrt{LC}, \quad (\text{μὲ τὶς παραπάνω μονάδες}). \quad (2)$$

Οἱ τύποι αὗτοὶ είναι πολὺ βασικοὶ καὶ ἀπαραίτητοι. Ονομάζονται τύποι τοῦ Τόμσον (*Thomson*). Αν τοὺς ἐφαρμόσωμε στὸ παράδειγμα τῆς προηγούμενης παραγράφου ($L = 200 \mu H$, $C = 126,65 pF$), εὑρίσκομε ότι ή συχνότητα συντονισμοῦ πρέπει νὰ είναι:

$$f_0 = \frac{159\ 200}{\sqrt{200 \cdot 126,65}} = 1\ 000 \text{ } kc/s,$$

ὅσο εἴχαμε βρῆν παραπάνω.

Τὸ ἀντιστοιχὸ μῆκος κύματος συντονισμοῦ είναι:

$$\lambda_0 = 1,885 \sqrt{200 \cdot 126,65} = 300 \text{ } \mu \text{m}$$

(τὸ ἶδιο, βέβαια, ἀποτέλεσμα βρίσκομε καὶ ἀπὸ τὸν τύπο $\lambda_0 = c/f_0 = 300\ 000/1\ 000 = 300 \text{ m}$, ὅπου τὴν ταχύτητα διαδόσεως c τὴν

παίρνομε σὲ km/s, δηλαδὴ $C = 300\,000 \text{ km/s}$, καὶ τοῦτο ἐπειδὴ ἡ συχνότητα f_0 εἶναι σὲ kc/s).

Στὴν πράξη, δῆμως, τὸ πρόβλημα μπαίνει συχνὰ μὲ λίγο διαφορετικὸ τρόπο. Χρειάζεται δηλαδὴ πολλές φορὲς νὰ βρίσκωμε μὲ τὶ πηγνὸ καὶ μὲ τὶ πυκνωτὴν πρέπει νὰ κατασκευάσωμε ἔνα κύκλωμα, γιὰ νὰ συντονίζῃ σὲ μιὰ δρισμένη συχνότητα, δοσμένη ἀπὸ πρὸιν. Τὶς πιὸ πολλές φορές, ἀλλωστε, δ πυκνωτὴς εἶναι καὶ αὐτὸς λίγο πολὺ δοσμένος καὶ ζητοῦμε τελικὰ νὰ προσδιορίσωμε τὸ πηγνὸ. Εἶναι καλύτερα τότε νὰ ἐφαρμόζωμε τὸν τύπο τοῦ Τόμσον μὲ τὴν μορφὴ:

$$L = \frac{25\,345 \cdot 10^6}{Cf_0^2}, \quad (3)$$

μὲ τὶς Ἄδιες πάντοτε μονάδες (μH , pF, kc/s).

Ἡ πρακτικὴ χρησιμότητα τοῦ τελευταίου αὐτοῦ τύπου φαίνεται στὸ ἑξῆς παράδειγμα, ποὺ δ τεχνίτης θὰ συναντήσῃ συχνὰ στὴ δουλειὰ του.

Ἡ συχνότητα συντονισμοῦ ἐνὸς κυκλώματος LC ἀλλάζει, ὅταν μεταβάλωμε ἢ τὸ πηγνὸ ἢ τὸν πυκνωτὴν. Στὴν πράξη μεταβάλλομε σχεδὸν πάντα τὸν πυκνωτὴν. Χρησιμοποιοῦμε τότε ἔνα μεταβλητὸ πυκνωτὴν, σὰν αὐτοῦς ποὺ περιγράψαμε στὴν παράγραφο 5·6. "Οπως εἴδαμε ἐκεῖ, ἔνας μεταβλητὸς πυκνωτὴς μπορεῖ νὰ μεταβάλλεται ἀνάμεσα σὲ μιὰ ἐλάχιστη παραμένουσα χωρητικότητα καὶ μιὰ μέγιστη χωρητικότητα. "Ας ποῦμε ὅτι ἡ ἐλάχιστη χωρητικότητα, μαζὶ μὲ τὴν χωρητικότητα τῶν συρμάτων συγδέσεως, εἶναι $C_{\min} = 50 \text{ pF}$ περίπου. Ἡ μέγιστη χωρητικότητα ἀς εἶναι $C_{\max} = 500 \text{ pF}$ περίπου.

"Αλλὰ ἡ συχνότητα συντονισμοῦ εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογη πρὸς τὴν τετραγωνικὴ ρίζα τῆς χωρητικότητας. "Αρα, στὴν ἐλάχιστη χωρητικότητα θὰ ἀντιστοιχῇ ἡ μεγαλύτερη συχνότητα συντονισμοῦ. "Οσο στρέφομε τὸν πυκνωτὴν πρὸς μεγαλύτερες χωρητικότητες, τόσο ἡ συχνότητα συντονισμοῦ μικραίνει.

"Ας υποθέσωμε ότι θέλομε νή μεγαλύτερη συχνότητα νά είναι $f_{\max} = 1600 \text{ kc/s}$ περίου και νή μικρότερη $f_{\min} = 500 \text{ kc/s}$. Θά μποροῦμε τότε, στρέφοντας τὸν πυκνωτή, νὰ συντονίσωμε τὸ κύκλωμά μας σε δποιαδήποτε συχνότητα τῆς περιοχῆς τῶν μεσαίων κυμάτων (βλέπε παρ. 2·4).

Τὸ πρόβλημα τώρα είναι: Τί πηγή πρέπει νὰ πάρωμε, ώστε μαζὶ μὲ τὸν πυκνωτὴ 50 — 500 pF νὰ καλύψωμε πραγματικὰ τὴν περιοχὴ τῶν μεσαίων κυμάτων;

Τὴν ἀπάντηση μᾶς τὴν δίνει δ τύπος 3. "Αν βάλωμε σ' αὐτὸν $C = 50 \text{ pF}$ και $f_0 = 1600 \text{ kc/s}$, βρίσκομε $L = 198 \mu\text{H}$. "Αν πάλι βάλωμε $C = 500 \text{ pF}$ και $f_0 = 500 \text{ kc/s}$, εύρισκομε $L = 203 \mu\text{H}$. Τὸ κύκλωμά μας πρέπει, λοιπόν, νὰ ἔχῃ ἑνα πηγή $L = 200 \mu\text{H}$.

"Ο ἵδιος πυκνωτὴς μπορεῖ νὰ χρησιμοποιηθῇ στὴν περιοχὴ τῶν βραχέων κυμάτων 6 ὁς 22 Mc/s (εἰ τύποι ὅμως θὰ ἐφαρμοσθοῦν σε kc/s δηλαδὴ μὲ 6 000 και 22 000 kc/s). Πρέπει μόνο νὰ ἀλλάξωμε πηγή. Πραγματικά, ἀν κάνωμε τὴν ἵδια ἐργασία, δπως παραπάνω, βρίσκομε δτι νή περιοχὴ τῶν βραχέων κυμάτων καλύπτεται μὲ ἑνα πηγή 0,5 μH περίου.

"Η μέγιστη και νή ἐλάχιστη συχνότητα συντονισμοῦ (f_{\max} και f_{\min}) σχετίζονται, δπως εἴπαμε, μὲ τὴν ἐλάχιστη και μέγιστη τιμὴ τοῦ πυκνωτῆς, C_{\min} και C_{\max} . Επειδὴ νή συχνότητα συντονισμοῦ είναι ἀντιστρόφως ἀνάλογη πρὸς τὴν τετραγωνικὴ ρίζα τῆς χωρητικότητας, θὰ ἔχωμε:

$$\frac{f_{\max}}{f_{\min}} = \sqrt{\frac{C_{\max}}{C_{\min}}} \quad (4)$$

Στὸ παράδειγμά μας $C_{\max}/C_{\min} = 500/50 = 10$, ἄρα $f_{\max}/f_{\min} = \sqrt{10} = 3,16$. Αὐτὸ θὰ πῆ, πὼς δποιαδήποτε πηγή και ἀν χρησιμοποιήσωμε μαζὶ μ' αὐτὸν τὸν πυκνωτή, νή μέγιστη συχνότητα συντονισμοῦ θὰ είναι κάτι περισσότερο ἀπὸ 3 φορὲς μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ἐλάχιστη. Θὰ ἦταν ἀδύνατο μὲ αὐτὸ τὸν πυκνω-

τὴν νὰ μεταβάλωμε τὴν συχνότητα συντονισμοῦ σὲ μεγαλύτερη ἔκταση. Αὐτὸ δέ παληθεύεται στὰ προηγούμενα παραδείγματα : Στὴν περιοχὴ μεσαίων κυμάτων, οἱ ἀκραῖες συχνότητες ἔχουν λόγο $1\,600/500 = 3,2$. Στὰ βραχέα κύματα διάλογος εἰναι: $22/6 = 3,67$ (μὲ δυσκολία δ πυκνωτής μας θὰ καλύψῃ διλόκληρη τὴν περιοχὴ τῶν βραχέων κυμάτων).

Ἐνα ραδιόφωνο ἀρχίζει πάντα μὲ ἐνα ἡ περισσότερα συντονισμένα κυκλώματα μὲ μεταβλητὸ πυκνωτή. Γιὰ νὰ ἀκούσωμε τὸ σταθμὸ ποὺ θέλομε, στρέφομε τὸν μεταβλητὸ πυκνωτὴ καὶ συντονίζομε στὴ συχνότητα τοῦ σταθμοῦ ποὺ ἐπιθυμοῦμε. Ἀπὸ τὰ μεσαῖα περνοῦμε στὰ βραχέα κύματα κλπ. γυρίζοντας ἐνα ἄλλο κουμπί, ποὺ ἀλλάζει ἀπλῶς τὰ πηνία τῶν συντονισμένων κυκλωμάτων (δ μεταβλητὸς πυκνωτῆς μένει δ ἕδιος). Αὐτὴ εἰναι, δπως ἔρομε, ἡ λειτουργία τῆς ἐπιλογῆς. Θὰ χρειασθῇ δμως νὰ ποῦμε γι' αὐτὴν περισσότερα πράγματα.

6·6 Καμπύλες συντονισμοῦ.

Εἰδαμε ὅς ἐδῶ, μὲ μεγάλη λεπτομέρεια, δσα συμβαίνουν δταν ἡ πηγὴ βρίσκεται ἀκριβῶς σὲ συντονισμὸ μὲ τὸ κύκλωμα ποὺ τροφοδοτεῖ. Γιὰ νὰ καταλάβωμε τώρα καλύτερα τὴν λειτουργία τῆς ἐπιλογῆς, πρέπει νὰ δοῦμε τις γίνεται δταν ἡ συχνότητα τῆς πηγῆς ἔφεύγη ἀπὸ τὴ συχνότητα συντονισμοῦ, δταν δηλαδὴ ἡ πηγὴ δὲν εἰναι σὲ συντονισμό, ἀλλὰ σὲ ἀποσυντονισμό.

Τὰ σχήματα 6·6 α καὶ 6·6 β δείχνουν μὲ ποιὸ τρόπο μεταβάλλεται ἡ σύνθετη ἀντίσταση καὶ τὸ ρεῦμα στὸ κύκλωμα σειρᾶς LrC, δταν ἡ συχνότητα τῆς πηγῆς ἀπομακρύνεται ἀπὸ τὸ συντονισμό. Πήραμε πάλι σὰν παράδειγμα τὸ ἕδιο κύκλωμα τοῦ σχήματος 6·4 α μὲ $L = 200 \mu H$ καὶ $C = 126,65 \text{ pF}$ (συχνότητα συντονισμοῦ $f_0 = 1\,000 \text{ kc/s}$).¹ Αλλάξαμε μόνο τὴν ὡμικὴ ἀντίσταση ἀπωλειῶν. Πήραμε τώρα δύο περιπτώσεις, τὴ μιὰ μὲ ἀντίσταση ἀπωλειῶν $6,283 \Omega$ καὶ τὴν ἄλλη μὲ διπλάσια ἀντίσταση $12,566 \Omega$.

Οι τιμές αύτες άντιστοιχούν σε συντελεστές ποιότητας (ή ύπερτάξεως) του πηγίου, καὶ κατὰ προέκταση του διου κυκλώματος, έσους πρὸς $Q = 200$ καὶ $Q = 100$. Αύτὸς τὸ κάνομε γιὰ νὰ μπορέσωμε νὰ δοῦμε στὴ συνέχεια πόσο μεγάλο ρόλο παίζει ὁ συντελεστὴς ποιότητας.

Τὶς καμπύλες αύτὲς τὶς βρίσκομε μὲ τὸν ἔξῆς τρόπο. Διαλέγομε πρῶτα κάμποσες συχνότητες γύρω ἀπὸ τὸ συντονισμό, π.χ. τὶς συχνότητες 980, 990, 995, 1000, 1005, 1010, 1020 kc/s. Οἱ τιμές, οἱ πλησιέστερες στὸ συντονισμό, πάρθηκαν πυκνότερες καὶ τοῦτο γιατὶ ἡ περιοχὴ κοντὰ στὸ συντονισμὸν εἶναι ἡ πιὸ ἐνδιαφέρουσα. Γιὰ κάθε τιμὴ συχνότητας, ὑπολογίζομε τὴ σύνθετη ἀντίσταση του κυκλώματος, ἅπως ἔξηγήσαμε παραπάνω. Τέλος, γιὰ κάθε συχνότητα, ὑπολογίζομε τὸ ρεῦμα διαιρώντας τὴ σταθερὴ τάση τῆς πηγῆς (1 βόλτα στὸ παράδειγμα) μὲ τὴν ἀντίστοιχη σύνθετη ἀντίσταση του κυκλώματος.

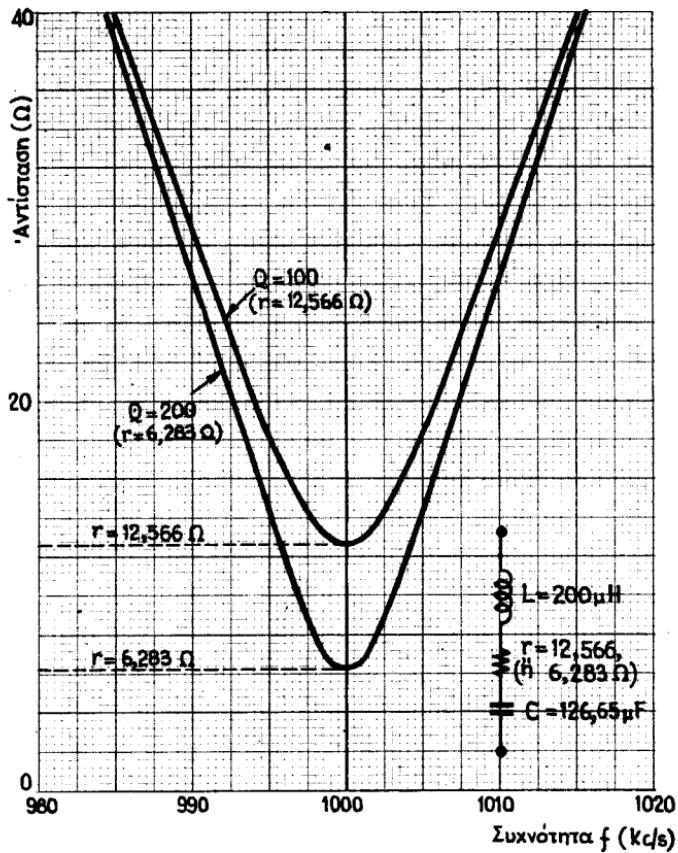
Οἱ καμπύλες τῆς σύνθετης ἀντίστασεως (σχ. 6·6 α) μᾶς δίνουν τὶς ἔξῆς πληροφορίες:

— ‘Η ἐλάχιστη σύνθετη ἀντίσταση, ἵση μὲ τὴν ὡμικὴ ἀντίσταση ἀπωλειῶν, ἀντίστοιχεῖ στὴ συχνότητα συντονισμοῦ του κυκλώματος. ‘Οσο ἀπομακρυνόμαστε ἀπὸ τὸν συντονισμὸν (πρὸς τὰ ἀριστερὰ ἡ πρὸς τὰ δεξιά), τόσο ἡ σύνθετη ἀντίσταση του κυκλώματος αὐξάνει. Εέρομε δτὶ αύτὸς δφείλεται στὸ δτὶ ἡ διαφορὰ $\omega L - \frac{1}{\omega C}$, ποὺ δὲν εἶναι πιὰ μηδέν, προστίθεται (γεωμετρικὰ) στὴν ὡμικὴ ἀντίσταση του κυκλώματος.

— ‘Η σύνθετη ἀντίσταση αὐξάνει τόσο πιὸ ἀπότομα, δσο δ συντελεστὴς Q του κυκλώματος εἶναι μεγαλύτερος (δηλαδὴ δσο ἡ ἀντίσταση ἀπωλειῶν εἶναι μικρότερη).

— ‘Η ἐπιδραση του συντελεστῆς Q φαίνεται κυρίως κοντὰ στὸ συντονισμό. ‘Οταν ἡ συχνότητα τῆς πηγῆς ἀπομακρύνεται ὅλο

και περισσότερο, οι δύο καμπύλες μὲ $Q = 100$ και $Q = 200$ τοῦ σχήματος 6·6 α πλησιάζουν διαρκῶς μεταξύ τους και τέλος πρακτικὰ ταυτίζονται. Αὕτη συμβαίνει, γιατί, ἀρκετὰ μακριὰ ἀπὸ τὸ συντονισμό, ἡ ὥμικὴ ἀντίσταση ἀπωλειῶν, ποὺ καθορίζει τὸν



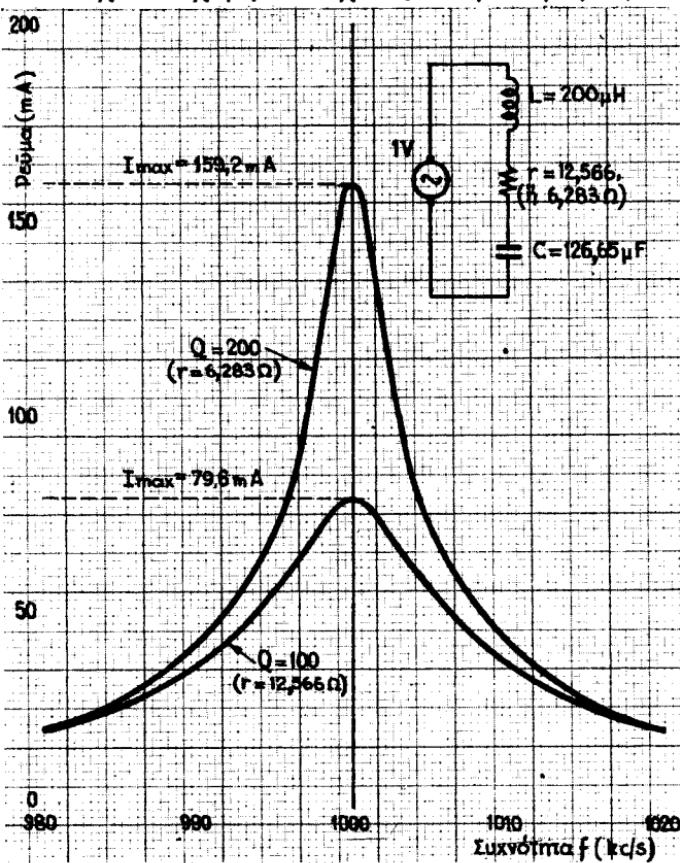
Σχ. 6·6 α.

Μεταβολὴ τῆς σύνθετης ἀντίστασεως Z μὲ τὴ συχνότητα, γύρω ἀπὸ τὸν συντονισμό.

συντελεστὴ Q , γίνεται πολὺ μικρὴ (ἀμελητέα) μπροστὰ στὴ διαφορὰ $\omega L - \frac{1}{\omega C}$. Ἐνα σχετικὸ παράδειγμα εἴδαμε στὴν ἀρχὴ τῆς

παραγράφου 6·4 για συχνότητα 800 kc/s. Έτσι, η έπιδραση του συντελεστή Q , άρκετά μακριά από το συντονισμό, γίνεται και αύτη άμελητέα.

Ένα άλλο σοβαρό γεγονός, παρ' όλο που δὲν φαίνεται από το σχήμα 6·6 α, είναι το έξης: "Εστω δια ό συχνότητα της πηγής είναι σημαντικά μικρότερη από τη συχνότητα συντονισμού. Σὲ τέτοιες σχετικὰ χαμηλές συχνότητες, η έπαγωγικὴ άντισταση



τοῦ πηγῶν θὰ είναι άρκετὰ μικρότερη απὸ τὴ χωρητικὴ ἀντί-

σταση τοῦ πυκνωτή. Τὸ κύκλωμα θὰ ἔχῃ, λοιπόν, ἐντονη χωρητικὴ συμπεριφορά. Εἰδαμε πραγματικά, στὴν ἀρχὴ τῆς παραγράφου 6·4, ὅτι γιὰ συχνότητα 800 kc/s ἔχομε $\omega L = 1005 \Omega$, ἐνῶ $1/\omega C = 1567$. Τὸ ἀντίθετο, βέβαια, συμβαίνει ὅταν ἡ συχνότητα τῆς πηγῆς εἶναι σημαντικὰ ἀνώτερη ἀπὸ τὴν συχνότητα συντονισμοῦ. Βγάζομε, λοιπόν, τὸ συμπέρασμα ὅτι : Πολὺ κάτω ἀπὸ τὸν συντονισμό, τὸ κύκλωμα ἴσοδυναμεῖ μὲ ἔνα πυκνωτή, ἀρα τὸ ρεῦμα προπορεύεται σχεδὸν 90° ὡς πρὸς τὴν τάση. Πολὺ πάνω ἀπὸ τὸ συντονισμό, τὸ κύκλωμα ἴσοδυναμεῖ μὲ ἔνα πηνίο καὶ τὸ ρεῦμα καθυστερεῖ σχεδὸν 90° ὡς πρὸς τὴν τάση. Ἡ διαφορὰ φάσεως μικραίνει ὅσο πλησιάζομε στὸ συντονισμό. "Οταν εἴμαστε ἀκριβῶς στὴ συχνότητα συντονισμοῦ, δπότε τὸ κύκλωμα δὲν ἀντιδρᾶ παρὰ μόνο μὲ τὴν ὀμικὴ ἀντισταση ἀπωλειῶν, τὸ ρεῦμα εὑρίσκεται σὲ φάση μὲ τὴν τάση τῆς πηγῆς. Αὐτὴ ἡ φασικὴ σύμπτωση εἶναι χαρακτηριστικὸ γνώρισμα τοῦ συντονισμοῦ.

"Ἄξ δοῦμε τώρα τὶς καμπύλες τοῦ ρεύματος (σχ. 6·7 β). Οἱ πληροφορίες ποὺ παίρνομε ἀπ' αὐτὲς εἶναι στὴν οὐσίᾳ οἱ ἰδιες. Καὶ τοῦτο παρ' δλο ὅτι ἐδῶ, ἀντὶ γιὰ ἔνα ἐλάχιστο ἀντιστάσεως, ἔχομε στὸ συντονισμὸ ἔνα μέγιστο ρεῦματος. Ὁ ρόλος δημιως τοῦ συντελεστῆ Q , ποὺ μᾶς ἐνδιαφέρει ἵδιατερα, μένει δ ἰδιος. Τὸ μέγιστο τοῦ ρεύματος εἶναι τόσο μεγαλύτερο, ὅσο τὸ Q εἶναι μεγαλύτερο. Ἡ πτώση τοῦ ρεύματος, ὅταν ἀπομακρυνόμαστε ἀπὸ τὸ συντονισμό, εἶναι τόσο πιὸ ἀπότομη ὅσο τὸ Q εἶναι μεγαλύτερο. Ἡ ἐπίδραση τοῦ Q γίνεται ἀμελητέα γιὰ μεγάλους ἀποσυντονισμούς.

Θὰ μπορούσαμε ἀκόμα νὰ χαράξωμε τὶς καμπύλες τῆς τάσεως στὰ ἄκρα τοῦ πηνίου σὲ σχέση μὲ τὴ συχνότητα τῆς πηγῆς. Θὰ τὶς εύρισκαμε πρακτικὰ ἰδιες μὲ τὶς καμπύλες τοῦ ρεύματος. "Ολες αὐτὲς τὶς καμπύλες ποὺ δείχνουν τὸ συντονισμὸ καὶ τὶς ἰδιότητές του, τὶς δυναμάζομε καμπύλες συντονισμοῦ. Στὰ παραπάνω παραδείγματα τὶς πήραμε μεταβάλλοντας τὴ συχνότητα τῆς

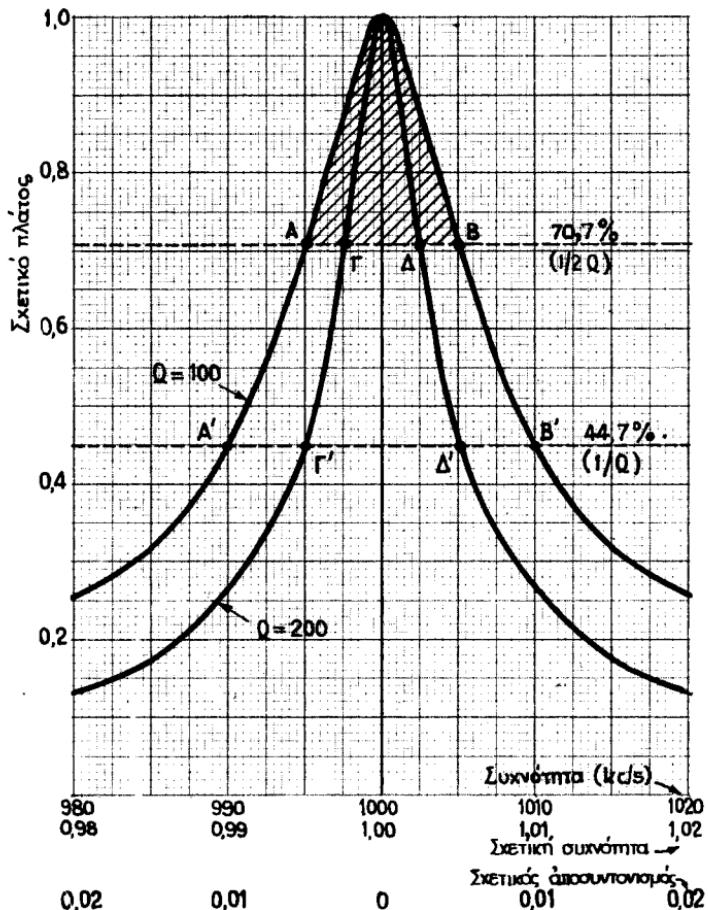
πηγής. Θὰ μπορούσαμε ώστόσο νὰ κρατήσωμε τὴ συχνότητα τῆς πηγῆς σταθερή καὶ νὰ μεταβάλωμε τὴ συχνότητα συντονισμοῦ τοῦ κυκλώματος, μεταβάλλοντας π.χ. τὸν πυκνωτή. Τὸ πράγμα θὰ ἦταν λίγο διαφορετικό, η οὐσία ὅμως δὲν θὰ ἀλλαζει σὲ τίποτα.

6.7 Επιλογή.

Ἐκεῖνο ποὺ μᾶς ἐνδιαφέρει συνήθως πιὸ πολὺ σὲ μιὰ καμπύλη συντονισμοῦ δὲν εἶναι ἡ τιμὴ τοῦ μέγιστου ἢ τοῦ ἐλάχιστου τῆς καμπύλης, ἀλλὰ ἡ μορφή της. "Οταν λέμε ἔδω μορφή, ἐννοοῦμε κυρίως κατὰ πόσο ἡ καμπύλη συντονισμοῦ εἶναι στενότερη ἢ πλατύτερη. Τὸ σχῆμα 6.6 β μᾶς δείχνει βέβαια, ὅτι ὅσο δ συντελεστής Q τοῦ κυκλώματος εἶναι ὑψηλότερος, τόσο ἡ καμπύλη συντονισμοῦ εἶναι στενότερη ἢ, δπως λέμε, δ συντονισμὸς εἶναι ὀξύτερος. 'Αλλ' αὐτὸ θὰ μπορούσαμε νὰ τὸ δοῦμε καλύτερα, ἀν φέρναμε τὶς κορυφὲς τῶν διαφέρων καμπύλων στὸ ἴδιο ὑψός.

Χρησιμοποιοῦμε γιὰ τὸν σκοπὸ αὐτὸν τὴν ἔξης μέθοδο, ποὺ τὴ συναντοῦμε ἀλλωστε συχνὰ στὴν ραδιοτεχνία. "Ας τὴν ἐφαρμόσωμε στὴν καμπύλη Q = 100 τοῦ σχήματος 6.6 β. Η μέγιστη τιμὴ τῆς καμπύλης ἀντιστοιχεῖ σὲ πλάτος ρεύματος 79,5 mA (1 βόλτη διὰ 12,566 Ω). Διαβάζομε τώρα πάνω στὸ σχῆμα τὶς τιμὲς ρεύματος ποὺ ἀντιστοιχοῦν στὶς διάφορες συχνότητες, π.χ. 55,2 mA γιὰ 995 kc/s, κλπ. Τὶς τιμὲς αὐτὲς τὶς διαιροῦμε μὲ τὴ μέγιστη τιμὴ (π.χ. γιὰ 995 kc/s, θὰ ἔχωμε 55,2/79,6 = 0,693, γιὰ 1 000 kc/s 79,6/79,6 = 1 κλπ.). "Ετσι, γιὰ κάθε συχνότητα, ἔχομε μιὰ νέα τιμὴ μικρότερη τοῦ 1, ποὺ παριστάνει τὸ σχετικὸ πλάτος τοῦ ρεύματος. Σχετικὸ σημαίνει σὲ σχέση μὲ τὴ μέγιστη τιμὴ τοῦ ρεύματος (π.χ. γιὰ 995 kc/s τὸ ρεῦμα εἶναι τὸ 0,693 τῆς μέγιστης τιμῆς, ἢ τὰ 69,3 % τῆς μέγιστης τιμῆς). Σχεδιάζομε, τέλος, ἓνα νέο σχῆμα (σχ. 6.7 α), δπου στὸν ὄριζόντιο ἀξονα γράφομε τὶς συχνότητες καὶ στὸν κατακόρυφο ἀξονα τὰ

σχετικά πλάτη του ρεύματος. Μὲ τὸν ἕδιο τρόπο ἐργαζόμαστε καὶ γιὰ τὴν καμπύλη $Q = 200$ τοῦ σχήματος 6·7 α. Εννοεῖται ὅτι, τότε, θὰ διαιροῦμε τὰ ρεύματα μὲ τὴ μέγιστη τιμὴ 159,2 mA, αὐτῆς τῆς καμπύλης.



Σχ. 6·7 α.

Ἐδῶ οἱ καμπύλες συντονισμοῦ εἰναι ἴδιες μ' αὐτὲς τοῦ σχήματος 6·6 β, ἔχουν δημοσίας χαραχθῆ μὲ τοὺς ἄξονες βαθμολογημένους σὲ σχετικοὺς ἀποιθμοὺς; (βλέπε ἐξήληση ὅτῳ κείμενο).

Τὸ νέο σχῆμα δείχνει τὴν καμπύλη $Q = 100$ πάνω ἀπὸ

τὴν καμπύλη $Q = 200$ (ἀντίθετα ἀπὸ δὲ τι συμβαίνει στὸ σχῆμα $6 \cdot 6\beta$). Αὐτὸς δημως δὲν ἔχει καμπιά σημασία. Ἡ οὖσα εἶναι δὲ τι καὶ στὸ νέο σχῆμα, δπως καὶ στὸ παληό, η καμπύλη $Q = 100$ εἶναι πλατύτερη ἀπὸ τὴν καμπύλη $Q = 200$.

"Αν ἐπαναλαμβάναμε τὴν ἥδια ἐργασία γιὰ τὶς καμπύλες τῆς τάσεως στὰ ἄκρα τοῦ πηγίου, θὰ ξαναθρίσκαμε πρακτικὰ τὶς ἥδιες καμπύλες τοῦ σχήματος $6 \cdot 7\alpha$ (τὲ σχετικὲς τιμές). Οἱ καμπύλες, λοιπόν, αὐτὲς ἔχουν κάποια γενικότερη σημασία. Μποροῦμε μάλιστα νὰ τὶς κάνωμε ἀκόμα λίγο γενικότερες, ἀν στὸν δριζόντιο ἀξονα δὲν παίρνωμε τὶς συχνότητες f (σὲ kc/s), ἀλλὰ τοὺς λόγους f/f_0 , δηλαδὴ τὶς διάφορες συχνότητες διαιρούμενες μὲ τὴ συχνότητα συντονισμοῦ. Στὴ θέση π.χ. 990 kc/s γράφομε $990/1000 = 0,990$, στὴ θέση 1000 kc/s γράφομε $1000/1000 = 1$, κλπ. Ο δριζόντιος ἀξονας βαθμολογεῖται ἔτσι καὶ αὐτὸς σὲ σχετικοὺς ἀριθμούς, σὲ σχετικὲς συχνότητες. Στὸ σχῆμα $6 \cdot 7\alpha$ ἔχομε γράψει τὶς σχετικὲς συχνότητες σὲ μιὰ δεύτερη δριζόντια γραμμή.

"Η σημασία ποὺ ἔχουν αὐτὲς οἱ γενικότερες καμπύλες φαίνεται ἀπὸ τὴν ἐπόμενη παρατήρηση: Στὸ σχῆμα $6 \cdot 7\alpha$, ἡς φέρωμε μιὰ δριζόντια γραμμὴ ποὺ νὰ ἀντιστοιχῇ στὰ $70,7\%$ τοῦ μέγιστου πλάτους. Η γραμμὴ αὐτὴ κόβει τὴν καμπύλη $Q = 100$ στὰ σημεῖα A καὶ B. Τὸ σημεῖο A ἀντιστοιχεῖ σὲ συχνότητα 995 kc/s ἢ σὲ σχετικὴ συχνότητα $0,995$. Η ἀπόσταση ἀπὸ τὴ συχνότητα συντονισμοῦ, δηλαδὴ ὁ ἀποσυντονισμός εἶναι $1000 - 995 = 5 \text{ kc/s}$. Η ἥδια ἀπόσταση σὲ σχετικὴ συχνότητα, δηλαδὴ ὁ σχετικὸς ἀποσυντονισμός εἶναι $1 - 0,995 = 0,005$ (ἢ $0,5\%$). Οἱ σχετικοὶ ἀποσυντονισμοὶ ἔχουν γραφῆ σὲ μιὰ τρίτη δριζόντια γραμμὴ στὸ σχῆμα $6 \cdot 7\alpha$. Τὸ σημεῖο B ἀντιστοιχεῖ στὸν ἥδιο ἀποσυντονισμὸν ($1005 - 1000 = 5 \text{ kc/s}$, δηλαδὴ σὲ σχετικὸς ἀποσυντονισμὸν $0,005$). Αὐτὸς συμβαίνει, γιατὶ η καμπύλη εἶναι συμμετρικὴ γύρω ἀπὸ τὸ συντονισμό. Αλλὰ δ ἀριθμὸς $0,005$ εἶναι ἵσος μὲ $1/2$ $Q = 1/2 \cdot 100 = 1/200 = 0,005$. Αρά: τὰ σημεῖα

μᾶς καμπύλης συντονισμοῦ, ποὺ βρίσκονται σὲ ύψος 70,7% τῆς μέγιστης τιμῆς, ἀντιστοιχοῦν σὲ σχετικὸ ἀποσυντονισμὸ ἵστο μὲ 1/2Q. Μπορεῖ συγχρόνως νὰ ἀποδειχθῇ δτι, στὰ σημεῖα αὐτά, ἡ διαφορὰ φάσεως ἀνάμεσα στὸ ρεῦμα καὶ στὴν τάση τῆς πηγῆς εἶναι 45°. Ἡ ἰδιότητα αὐτὴ τῶν καμπύλων συντονισμοῦ ἐνδέξ κυκλώματος LC εἶναι γενική. Ἐπαληθεύομε εὔκολα δτι τὸ ἴδιο συμβαίνει καὶ μὲ τὰ σημεῖα Γ καὶ Δ τῆς καμπύλης $Q = 200$.

Μιὰ παρόμοια ἔργασία μποροῦμε νὰ κάνωμε φέρνοντας τὴν ἔριζόντια γραμμὴ ποὺ ἀντιστοιχεῖ σὲ ύψος 44,7% τῆς μέγιστης τιμῆς. Βλέπομε τότε δτι τὰ σημεῖα τῆς καμπύλης συντονισμοῦ ποὺ εὑρίσκονται σ' αὐτὸ τὸ ύψος (Α' καὶ Β' γιὰ τὴν καμπύλη $Q = 100$, Γ' καὶ Δ' γιὰ τὴν $Q = 200$), ἀντιστοιχοῦν σὲ σχετικὸ ἀποσυντονισμὸ 1/Q (0,01 γιὰ τὴν καμπύλη $Q = 100$ καὶ 0,005 γιὰ τὴν $Q = 200$). Συγχρόνως, στὰ σημεῖα αὐτά, τὸ ρεῦμα ἔχει διαφορὰ φάσεως 63°,5 ὥς πρὸς τὴν τάση τῆς πηγῆς.

Οἱ γενικὲς αὐτὲς ἰδιότητες εἶναι ἔξαιρετικὰ χρήσιμες. Μποροῦμε π.χ. νὰ τὶς χρησιμοποιοῦμε, γιὰ νὰ χαράξωμε γρήγορα μιὰ καμπύλη συντονισμοῦ (σὲ σχετικὲς κλίμακες). Πραγματικά, οἱ ἰδιότητες αὐτὲς μᾶς δίνουν ἀμέσως 5 σημεῖα τῆς καμπύλης: τὸ μέγιστο τοῦ συντονισμοῦ σὲ ύψος 1 (ἢ 100%) γιὰ σχετικὸ ἀποσυντονισμὸ μηδέν, δύο σημεῖα σὲ ύψος 70,7% τοῦ μέγιστου γιὰ σχετικὸ ἀποσυντονισμὸ 1/2Q, καὶ δύο σημεῖα σὲ ύψος 44,7% γιὰ σχετικὸ ἀποσυντονισμὸ 1/Q. Τὸ πιὸ χρήσιμο δμως συμπέρασμα θὰ τὸ δοῦμε τώρα ἀμέσως.

‘Ανάμεσα σὲ δλες τὶς συχνότητες, ποὺ μπορεῖ νὰ δεχθῇ ἔνα συντονισμένο κύκλωμα, ἐκείνη ποὺ εύνοεῖται περισσότερο εἶναι, δπως ξέρομε, ἡ συχνότητα συντονισμοῦ. Τὸ ρεῦμα γίνεται τότε μέγιστο, τὸ ἴδιο καὶ ἡ τάση στὰ ἄκρα τοῦ πηνίου. Στὴ συχνότητα αὐτὴ λέμε δτι τὸ κύκλωμα δίνει τὴν μέγιστη ἀπόκριση (δηλαδὴ ἀπάντηση). Λέμε ἐπίσης δτι ἡ συχνότητα συντονισμοῦ εἶναι αὐτὴ ποὺ περνᾶ ἀπὸ τὸ κύκλωμα πιὸ εὔκολα ἀπὸ δλες τὶς ἄλλες.

"Οσο ἀπομακρυνόμαστε ἀπὸ τὸ συντονισμό, οἱ συχνότητες δύνουν δλο καὶ μικρότερη ἀπόκριση, περγοῦν ἔλο καὶ πιὸ δύσκολα. "Αν δημως δὲν ἀπομακρυνόμαστε πολὺ ἀπὸ τὸ συντονισμό, οἱ συχνότητες περγοῦν ἀκόμα ἀρκετὰ εὔκολα. "Οταν λέμε ἀρκετὰ εὔκολα ἐννοοῦμε ὅτι ἡ ἀπόκριση μένει μεγαλύτερη ἀπὸ 70,7 % τῆς μέγιστης τιμῆς. Στὸ σχῆμα 6 · 7 α, δλες οἱ συχνότητες ποὺ περνοῦν ἀρκετὰ εὔκολα, ἀντιστοιχοῦν στὸ διαγραμμισμένο κομμάτι τῆς καμπύλης συντονισμοῦ (παίρνομε γιὰ παράδειγμα τὴν καμπύλη $Q=100$). "Η πιὸ μικρὴ ἀπ' αὐτὲς τὶς συχνότητες ἀντιστοιχεῖ στὸ σημεῖο A τῆς καμπύλης, καὶ ἡ πιὸ μεγάλη στὸ σημεῖο B. "Ανάμεσά τους καθορίζεται μιὰ δλόκηρη ζώνη συχνοτήτων (στὸ παράδειγμα, δλες οἱ συχνότητες ἀπὸ 995 ḁς 1 005 kc/s). Τὴ ζώνη αὐτὴ τὴν δνομάζομε ζώνη συντονισμοῦ ἢ ζώνη ἀποκρίσεως ἢ ζώνη διαβάσεως τοῦ κυκλώματος.

Πόση εἶναι σὲ ἔκταση αὐτὴ ἡ ζώνη; "Οπως εἰδαμε, τὸ σημεῖο A ἀντιστοιχεῖ σὲ μιὰ συχνότητα f_1 ποὺ εὑρίσκεται σὲ σχετικὸ ἀποσυντονισμὸ

$$\frac{f_0 - f_1}{f_0} = \frac{1}{2Q}. \quad \text{Η συχνότητα } f_2 \text{ τοῦ σημείου}$$

$$\text{B εὑρίσκεται στὸν } \text{ἴδιο σχετικὸ ἀποσυντονισμὸ} \frac{f_2 - f_0}{f_0} = \frac{1}{2Q}.$$

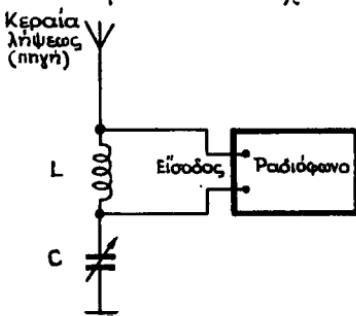
"Η ἀπόσταση ἐπομένως ἀνάμεσα στὰ σημεῖα A καὶ B εἶναι 2 φορὲς τὸ $1/2 Q$, δηλαδὴ $1/Q$. Αὐτὴ εἶναι ἡ σχετικὴ τιμὴ τῆς ζώνης διαβάσεως. "Εχομε, λοιπόν, ἀφήνοντας τὶς σχετικὲς τιμὲς καὶ ξαναγυρίζοντας σ' αὐτὲς τὶς ίδιες συχνότητες:

$$\text{ζώνη διαβάσεως } f_2 - f_1 = \frac{f_0}{Q} \quad (1)$$

Στὸ παράδειγμά μας, ἡ συχνότητα συντονισμοῦ εἶναι $f_0 = 1 000 \text{ kc/s}$ καὶ $Q = 100$. "Αρα, ἡ ζώνη διαβάσεως εἶναι $f_2 - f_1 = 1 000/100 = 10 \text{ kc/s}$. Τὸ ίδιο κύκλωμα, ἀλλὰ μὲ $Q = 200$, ἔχει ζώνη διαβάσεως $1 000/200 = 5 \text{ kc/s}$. Βλέπομε ὅτι ὅσο ὁ συντε-

λεστής ποιότητας γίνεται ύψηλότερος, τόσο ή ζώνη διαβάσεως γίνεται στενότερη, δηλαδή δυνατότερης γίνεται δξύτερος.

Τέ χρησιμεύουν τώρα άλλα αύτά; Τὸ πράγμα εἶναι φανερό. "Ας φαντασθούμε, ότι τὸ συντονισμένο κύκλωμα ἔχει συνδεθῆ κατὰ κάποιο τρόπο στὴν εἰσόδο ένδεικνυόμενον. "Ας θορυβήσωμε ότι αὐτὸ δέχεται γίνεται μὲ τὸν τρόπο ποὺ δείχνει τὸ σχῆμα 6.7β,



Σχ. 6.7β.

Τὴν ὁμικὴν ἀντίστασην ἀπωλειῶν τὴν θεωροῦμε ἐνσωματωμένη στὸ πηνίο. Τὸ κάτω ἄκρο τοῦ πυκνωτῆ καταλήγει στὴ «μάζα» ή «γῆ» τῆς συνδεσμολογίας (ἐξηγήσεις θὰ δώσωμε ἀργότερα).

Δηλαδὴ τὸ ραδιόφωνο ἔχει συνδεθῆ ἀπὸ εὐθείας στὰ ἄκρα τοῦ πηνίου. Αὐτὸ τὸ λέμε γιὰ παράδειγμα, γιατὶ στὴν πραγματικότητα ή σύνδεση εἶναι γενικὰ διαφορετική.

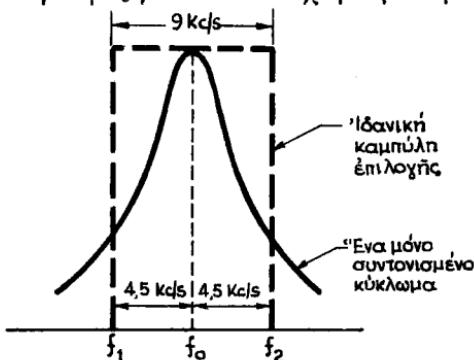
Στὴν κατάσταση αὐτῇ ή κεραία δέχεται τὶς συχνότητες ποὺ ἐκπέμπονται: ἀπὸ ἕνα πλήθος σταθμοὺς (βλέπε Κεφ. 1). "Αν, δĩμως, τὸ κύκλωμα εἰσόδου LC ἔχει συντονισθῆ στὴ συχνότητα 1 000 kc/s , τότε ή τάση στὴν εἰσόδο τοῦ ραδιόφωνου θὰ εἶναι σημαντικὴ μόνο γιὰ τὶς συχνότητες ποὺ εύρισκονται μέσα στὴ ζώνη διαβάσεως τοῦ κυκλώματος. "Ας ποῦμε, ότι τὸ συντονισμένο κύκλωμα ἔχει $Q = 100$. Η ζώνη διαβάσεως θὰ εἶναι 10 kc/s , θὰ περνοῦν δηλαδὴ πρὸς τὸ ραδιόφωνο μόνο οἱ συχνότητες ἀπὸ 995 μέχρι 1 005 kc/s (5 kc/s κάτω καὶ πάνω ἀπὸ τὸν ἀκριβῆ συντονισμό). "Ολες οἱ ἄλλες συχνότητες δὲν θὰ δίνουν μιὰ σημαντικὴ τά-

ση στήν είσοδο τοῦ ραδιοφώνου. Ό μόνος πομπὸς ποὺ θὰ μπορῇ νὰ ἀκουσθῇ στὸ ραδιόφωνο θὰ εἰναι ἐκεῖνος ποὺ θὰ ἐκπέμπῃ στοὺς 1 000 kc/s. "Ετοί, ἀνάμεσα σὲ δύο τοὺς πομποὺς ἔχομε διαλέξει ἔναν, ἔχομε ἐπιτύχει δηλαδὴ τὴν ἐπιλογή.

Γιατί ὅμως λέμε ὅτι ἔχομε διαλέξει ἔνα μόνο πομπό; Στὴν πραγματικότητα καὶ ἔνας ἄλλος πομπός, ποὺ θὰ ἐκπέμπῃ π. χ. στοὺς 1 001 kc/s θὰ μπορῇ νὰ ἀκουσθῇ. Ναί, ἀλλὰ ξεχνοῦμε ὅτι οἱ συχνότητες τῶν πομπῶν ἀπέχουν ὑποχρεωτικὰ μεταξύ τους κατὰ 9 περίπου kc/s. Αὐτὸ τὸ ἐξηγήσαμε ἀρκετὰ στὴν παρ. 2·5. Εἴπαμε ἐκεῖ ὅτι ἔνας πομπὸς γιὰ νὰ μπορῇ νὰ μεταδώσῃ τὴν διμιλία ἢ τὴ μουσική, ἐκπέμπει μιὰ δλόκληρη ζώνη ἢ φάσμα συχνοτήτων καὶ ὅτι τὸ φάσμα αὐτὸ ἐκτείνεται κάπου 4,5 kc/s κάτω καὶ 4,5 kc/s πάνω ἀπὸ τὴν κεντρικὴ (δινομαστικὴ) συχνότητα ἐκπομπῆς. "Ακόμη, στὴν παράγραφο 2·6, εἴχαμε ἐξηγήσει ὅτι ἡ ἐπιλογὴ τοῦ ραδιοφώνου πρέπει νὰ εἰναι τέτοια, ὥστε νὰ ἀφήνῃ νὰ περνᾶ ἐλεύθερα δλόκληρο τὸ φάσμα τοῦ πομποῦ. Τώρα βλέπομε μὲ ποιὸ τρόπο τὸ συντονισμένο κύκλωμα κάνει δυνατὴ ἀυτὴν τὴν ἐπιλογή.

"Η ἐπιλογὴ ὅμως ποὺ μπορεῖ νὰ ἔξασφαλίσῃ ἔνα συντονισμένο κύκλωμα εἰναι ἀραγε ἀρκετὰ καλή; "Ας ξανακοιτάξωμε τὸ σχῆμα 6·7 α ποὺ δίνει τὶς καμπύλες συντονισμοῦ ἢ, δπως λέμε, ἐπίσης τὶς καμπύλες ἐπιλογῆς. "Ας πάρωμε τὴν καμπύλη ἐπιλογῆς μὲ $Q = 100$. Οἱ συχνότητες ποὺ εὑρίσκονται μέσα στὴν ζώνη διαβάσεως A·B περνοῦν, δπως εἴπαμε, ἀρκετὰ εὔκολα, δὲν περνοῦν δμῶς μὲ τὴν εύκολία, ποὺ περνᾶ ἢ κεντρικὴ συχνότητα συντονισμοῦ. Αὐτὸ εἰναι κι' ὅλας ἔνα μειονέκτημα. "Ενα ἄλλο σοβαρώτερο μειονέκτημα εἰναι ὅτι οἱ συχνότητες ποὺ εὑρίσκονται ἔξω ἀπὸ τὴ ζώνη διαβάσεως δίνουν, βέβαια, μειωμένη ἀπόκριση, ἔξακολουθοῦν ὅμως νὰ δίνουν μιὰ κάποια ἀπόκριση. "Αν ἔνας πομπὸς ἔκανε ἐκπομπή, π. χ. στοὺς 990 kc/s, τὸ συντονισμένο κύκλωμα δὲν θὰ ἔξασθενιζε ἀρκετὰ τὸ πάνω μέρος τοῦ φάσματός του, ποὺ

φθάνει ως τὸ σημεῖο Α. Ἡ ἴδαικὴ καμπύλη ἐπιλογῆς θὰ ἔπρεπε, λοιπόν, νὰ εἰχε τὴν δρθιογώνια μορφὴ τοῦ σχήματος 6·7 γ. Τότε, τὸ φάσμα τοῦ ἐπιθυμητοῦ πομποῦ θὰ περνοῦσε δλόκληρο μὲ τὴν ἔδια εὐκολία, ἐνῶ συγχρόνως ἡ ἔξασθένηση κάθε ἀλλῆς ξένης συχνότητας θὰ ἥταν ἀπότομη καὶ δραστική. Τὸ ἀποτέλεσμα αὐτὸ μποροῦμε στὴν πράξη νὰ τὸ ἐπιτύχωμε μὲ ἀρκετὴ προσέγγι-



Σχ. 6·7 γ.
Ίδαικὴ καμπύλη ἐπιλογῆς.

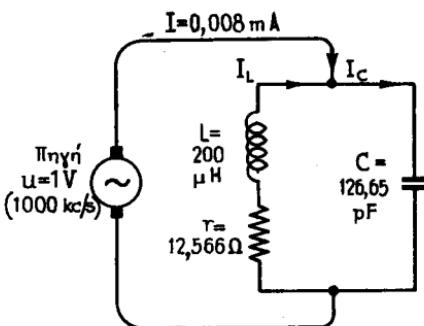
ση. "Οχι δμως μὲ ἕνα μόνο συντονισμένο κύκλωμα, ἀλλὰ μὲ πιὸ πολύπλοκα συντονισμένα κυκλώματα. Θὰ ξαναγυρίσωμε στὸ ζήτημα αὐτό. Στὸ μεταξὺ μᾶς περιμένει ἡ μελέτη ἐνδὸς ἀλλου τρόπου συνδεσμολογίας τοῦ ἀπλοῦ συντονισμένου κυκλώματος, ποὺ εἶναι μάλιστα στὴν πράξη ἡ πιὸ συνηθισμένη συνδεσμολογία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΠΑΡΑΛΛΗΛΟΣ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ

7.1 Πάραλληλος συντονισμός.

Στὸ προηγούμενο Κεφάλαιο, ἡ πηγὴ εἶχε συνδεθῆ σὲ σειρὰ μὲ τὸ συντονισμένο κύκλωμα (σχ. 6.4 α). Εἶναι ὅμως φανερὸ δτὶ: ἡ πηγὴ μπορεῖ νὰ συνδεθῇ καὶ παράλληλα, μὲ τὸν τρόπο ποὺ δείχνει τὸ σχῆμα 7.1 α. Αὐτὸς διαφορετικὸς τρόπος τροφοδοτήσεως τοῦ κυκλώματος ἀπὸ τὴν πηγὴ ἀλλάζει ἀραγε πολὺ δσα εἴπαμε γιὰ τὸ κύκλωμα σειρᾶς; Θὰ δοῦμε δτὶ ἡ οὐσία μένει κατὰ βάθος ἡ ἔδια, μόνο ποὺ τὰ πράγματα φανερώνονται. τώρα μὲ ἐναντίον τρόπο ἀντίστροφο.



Σχ. 7. 1α.

Παράλληλη τροφοδότηση τοῦ κυκλώματος LC.

Θὰ πάρωμε καὶ πάλι τὸ ἔδιο παράδειγμα μὲ $L = 200 \mu\text{H}$ καὶ $C = 126,65 \text{ pF}$. Τὴν ὡμικὴ ἀντίσταση θὰ τὴν θεωρήσωμε καὶ ἐδῶ συγκεντρωμένη στὸν κλάδο τοῦ πηγίου. Ἡ τιμὴ της ἔξι εἶναι $12,566 \Omega$ σὲ τρόπο, ὥστε δ συντελεστὴς ποιότητας τοῦ κυκλώματος νὰ εἶναι πάλι $Q = 100$. Ἡ πηγὴ ἔστω δτὶ ἐξακολουθεῖ

νὰ τροφοδοτῇ τὸ κύκλωμα μὲ τάση $U = 1\text{ V}$, σταθερὴ γιὰ δποια-
δήποτε συχνότητα.

"Ἄς ὑποθέσωμε δτὶς ἡ συχνότητα τῆς πηγῆς εἰναι, στὴν ἀρ-
χή, ἀρκετὰ χαμηλή. Σ' αὐτὲς τὶς σχετικὰ πολὺ χαμηλὲς συχνό-
τητες, τὸ πηνίο παρουσιάζει μιὰ μικρὴ ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση, ἐνῶ
ἡ χωρητικὴ ἀντίσταση τοῦ πυκνωτῆ ἔχουν συνδεθῆ παράλληλα, ἡ ἴσοδύναμη
σύνθετη ἀντίσταση τοῦ συνόλου θὰ ἐπηρεάζεται λίγο ἀπὸ τὴν με-
γάλη χωρητικὴ ἀντίσταση τοῦ πυκνωτῆ. Τὸ κύκλωμα, λοιπόν, θὰ
κυριαρχῆται ἀπὸ τὸ πηνίο, θὰ ἔχῃ μιὰ σχετικὰ μικρὴ ἐπαγωγι-
κὴ ἀντίσταση καὶ ἡ συμπεριφορά του θὰ εἰναι ἐπαγωγικὴ (τὸ συ-
νολικὸ ρεῦμα I θὰ καθυστερῇ περίπου 90° ὡς πρὸς τὴν τάση τῆς
πηγῆς).

"Ἐστω π.χ. δτὶς ἡ συχνότητα τῆς πηγῆς εἰναι 400 kc/s . Θὰ
ἔχωμε, κάνοντας τὶς πράξεις ἡ χρησιμοποιώντας τὸ σχῆμα 6.4 γ:
 $\omega L = 503\Omega$ καὶ $1/\omega C = 3\,134\Omega$. "Ἄν παραλείψωμε τὴν ὡμικὴ
ἀντίσταση ἀπωλεῖῶν, μποροῦμε, ὅπως ξέρομε, νὰ συνθέσωμε τὶς
παράλληλες ἀντιστάσεις ωL καὶ $1/\omega C$ σὰν νὰ ἦταν ἀντιστάσεις
τῆς ἵδιας φύσεως, ἀρκεῖ μόνο τὴν χωρητικὴ ἀντίσταση νὰ τὴν πά-
ρωμε σὰν ἀρνητική. "Ἄρα, ἡ ἴσοδύναμη ἀντίσταση τοῦ κυκλώμα-
τος εἰναι $\frac{503 \cdot (-3\,134)}{503 - 3\,134} = 599\Omega$ (σχετικὰ μικρὴ ἐπαγωγικὴ ἀντί-
σταση). Τὸ συνολικὸ ρεῦμα τῆς πηγῆς εἰναι $1/599\text{ A}$ ἢ $1,67\text{ mA}$
(σὲ καθυστέρηση περίπου 90° ὡς πρὸς τὴν τάση τῆς πηγῆς).

"Τὸ ἀντίθετο, βέβαια, συμβαίνει στὶς σχετικὰ ὑψηλὲς συχνότη-
τες. Η.χ. γιὰ $1\,600\text{ kc/s}$, ἔχομε $\omega L = 2\,010\Omega$ καὶ $1/\omega C = 783\Omega$.
Παραλείποντας πάλι τὴν ὡμικὴ ἀντίσταση ἀπωλεῖῶν, βρίσκο-
με ἴσοδύναμη ἀντίσταση — $1\,283\Omega$ (σχετικὰ μικρὴ χωρητικὴ
ἀντίσταση). Τὸ ρεῦμα τῆς πηγῆς θὰ εἰναι $1/1\,283\text{ A}$ ἢ $0,78\text{ mA}$
(σὲ προπορεία περίπου 90° ὡς πρὸς τὴν τάση τῆς πηγῆς).

"Ωστε, τὸ παράλληλο κύκλωμα ποὺ ἔξετάζομε ἔχει ἐπαγω-

γιακή συμπεριφορά στις σχετικά χαμηλές συχνότητες και χωρητική συμπεριφορά στις ύψηλές συχνότητες. Μὲ ἀλλα λόγια, τὸ παράλληλο κύκλωμα ἵσοδυναμεῖ πρακτικὰ μὲ ἔνα μόνο πηνίο στὶς χαμηλές, ἢ μὲ ἔνα μόνο πυκνωτὴ στὶς ύψηλές συχνότητες. Ἀκριβῶς τὸ ἀντίθετο ἀπὸ ἐκεῖνο ποὺ μάθαμε γιὰ τὸ κύκλωμα σὲ σειρά.

Τὶ θὰ γίνη τώρα, διταν ἡ πηγὴ ἔχη συχνότητα 1 000 kc/s, δηλαδὴ τὴ συχνότητα στὴν δροσία τὸ ἴδιο κύκλωμα σὲ σειρὰ εὑρίσκεται σὲ συντονισμό;

Τὸ χαρακτηριστικό, στὴ συχνότητα αὐτή, εἰναι δτι τὸ πηνίο καὶ δ πυκνωτὴς παρουσιάζουν, ὅπως ἔχομε πῆ, τὴν ἴδια ἀντίσταση, ἵση μὲ 1 257 Ω (ἄν ἀμελήσωμε τὸ ἀλγεβρικὸ σημεῖο). Κανένας ἀπὸ τοὺς δύο κλάδους τοῦ κυκλώματος δὲν παρουσιάζει πιὰ μιὰ σχετικὰ εὔκολη διάβαση στὸ ρεῦμα τῆς πηγῆς. Πρέπει, λοιπόν, νὰ περιμένωμε δτι, στὴ συχνότητα αὐτῇ, ἡ ἵσοδύναμη ἀντίσταση τοῦ κυκλώματος γίνεται μέγιστη καὶ τὸ ρεῦμα ἐλάχιστο.

Πόση εἰναι αὐτὴ ἡ ἵσοδύναμη ἀντίσταση; "Αν ἔξακολουθούσαμε νὰ παραλείπωμε τὴν ώμικὴ ἀντίσταση ἀπωλειῶν, ἡ ἵσοδύ-

$$\text{ναμη } \text{ἀντίσταση } \theta \text{ ἡταν } \frac{1257 \cdot (-1257)}{1257 - 1257} = \frac{-(1257)^2}{0},$$

δηλαδὴ ἄπειρη (ἡ διαίρεση ὅποιουδήποτε ἀριθμοῦ μὲ τὸ μηδὲν δίνει ἄπειρο ἀποτέλεσμα). Τὸ ρεῦμα πάνω σὲ μιὰ ἄπειρη ἀντίσταση θὰ ἡταν, βέβαια, μηδέν.

Βλέπομε, λοιπόν, δτι δὲν ἔχομε πιὰ δικαιώματα νὰ παραλείπωμε τὴν ώμικὴ ἀντίσταση ἀπωλειῶν. "Αν ἡ τιμὴ τῆς εἰναι 12,566 Ω (σχ. 7.1 α), τότε ἀποδείχνεται δτι ἡ διαφορὰ 1 257—1 257 πρέπει νὰ ἀντικατασταθῇ μὲ τὴν τιμὴ αὐτή. Δηλαδὴ, ἡ ἵσοδύναμη ἀντίσταση τοῦ κυκλώματος θὰ εἰναι στὴν πραγματικότητα $(1257)^2 / 12,566 = 125\,700 \Omega$ (περίπου 126 kΩ). Τὸ ρεῦμα τῆς πηγῆς θὰ εἰναι $1/125\,700 \text{ A}$ ἢ περίπου 0,008 mA (γιὰ

τὴν ἀκρίβεια 7,958 μΑ, μικροαμπέρ). Τὸ ἐλάχιστο αὐτὸ ρεῦμα δὲν μπορεῖ νὰ εἶναι οὕτε σὲ φασικὴ καθυστέρηση, οὕτε σὲ προπορεία ὡς πρὸς τὴν τάση. Καὶ τοῦτο, γιατὶ τὸ πηγέο καὶ ὁ πυκτωτής ἔχουν ἀποκτήσει, στὴ συχνότητα ποὺ ἔξετάζομε, τὴν ἕδια ἀκριβῶς σπουδαιότητα. Τὸ ρεῦμα, λοιπόν, βρίσκεται σὲ φάση μὲ τὴν τάση πηγῆς. ("Ἄν εἴμαστε ἀκριβέστεροι, θὰ λέγαμε δτὶ δλα αὐτὰ εἶναι ἀλγήθεια μὲ κάπαια προσέγγιση, ποὺ δφείλεται στὸ δτὶ δεχθήκαμε τὴν ὡμικὴ ἀντίσταση ἀπωλειῶν συγκεντρωμένη δλόκληρη στὸν κλάδο τοῦ πηγίου, τὸ λάθος δμως εἶναι στὴν πράξη ἐντελῶς ἀσήμαντο, ἐκτὸς ἀπὸ δρισμένες σπάνιες περιπτώσεις").

Συμπέρασμα: "Οπως καὶ στὸ κύκλωμα σὲ σειρά, ὑπάρχει γιὰ τὸ παράλληλο κύκλωμα μιὰ δρισμένη συχνότητα ($f_0 = 1\,000$ kc/s στὸ παράδειγμα), δπου συμβαίνουν ἔξαιρετικὰ πράγματα. Μόνο ποὺ δσα συμβαίνουν ἔδῶ εἶναι ἀκριβῶς τὰ ἀντίθετα: ἡ ἴσοδύναμη ἀντίσταση τοῦ κυκλώματος γίνεται τώρα μέγιστη καὶ τὸ ρεῦμα ἐλάχιστο. Δὲν ἔχει σημασία, ἔχομε καὶ πάλι συντονισμό. 'Υπάρχει μάλιστα ἔνα πράγμα ποὺ μένει τὸ ἕδιο: Ἡ τάση καὶ τὸ παράλληλο κύκλωμα ἴσοδυναμεῖ στὸ συντονισμὸ μὲ μιὰ ὡμικὴ ἀντίσταση. Μὲ τὴ διαφορὰ δτὶ αὐτὴ ἡ ἴσοδύναμη ὡμικὴ ἀντίσταση δὲν εἶναι πιὰ ἡ ὡμικὴ ἀντίσταση ἀπωλειῶν (ποὺ εἶναι ἀλλωστε μικρή), ἀλλὰ μιὰ ἀλλη, μεγάλη ὡμικὴ ἀντίσταση. "Αδικα θὰ φάξωμες νὰ τὴν βροῦμε μέσα στὸ κύκλωμα. Εἶναι μιὰ ἀνύπαρκτη, μιὰ ἴσοδύναμη ὡμικὴ ἀντίσταση, ποὺ τὴ λέμε καὶ συναρμικὴ ὡμικὴ ἀντίσταση τοῦ παραλλήλου κυκλώματος στὸ συντονισμό.

"Ἡ συχνότητα τοῦ συντονισμοῦ εἶναι ἡ ἕδια, δπως καὶ στὸ κύκλωμα σειρᾶς. Τὴ λογαριάζομε γιὰ δποιοδήποτε L καὶ C μὲ τὸν ἕδιο τρόπο ποὺ ἔξεγγήσαμε στὴν παράγραφο 6·5.

"Ἡ ἰδιότητα τοῦ παραλλήλου κυκλώματος LC νὰ ἴσοδυναμῇ στὸ συντονισμὸ μὲ μιὰ μεγάλη ὡμικὴ ἀντίσταση εἶναι ἔξαιρε-

τικὰ χρήσιμη. Καὶ τοῦτο, γιατί οἱ ἡλεκτρονικὲς λυχνίες προσαρμόζονται πολὺ καλύτερα σὲ μιὰ τέτοια μεγάλη ὡμικὴ ἀντίσταση. Αὐτὸς εἶναι δὲ λόγος ποὺ τὸ παράλληλο κύκλωμα χρησιμοποιεῖται στὴν πράξη πολὺ πλατύτερα ἀπὸ ὅσο τὸ κύκλωμα σὲ σειρά.

7.2 Συμπληρώσεις.

Πόση εἶναι, γιὰ δύοιοιδή ποτε L καὶ C , ἡ ἴσοδύναμη ἢ δυναμικὴ ὡμικὴ ἀντίσταση R_{π} τοῦ παραλλήλου κυκλώματος στὸ συντονισμό; Ἐνας ἀπλὸς ὑπολογισμὸς καταλήγει στοὺς ἐπομένους τύπους:

$$R_{\pi} = \frac{(\omega_0 L)^2}{r} = (Q \cdot \omega_0 L) = \frac{L}{C r}. \quad (1)$$

Τὰ L καὶ C μετροῦνται ἔδω σὲ H (ἄνρυ) καὶ F (φαράντ), τὰ r (ὁμικὴ ἀντίσταση ἀπωλειῶν) καὶ R_{π} σὲ ὅμ. Τὸ ω_0 εἶναι $\omega_0 = 2\pi \cdot f_0 = 6,28 f_0$ μὲ τὴν συγχρόνητα συντονισμοῦ f_0 σὲ C/S. Τέλος, τὸ $Q = \omega_0 L / r$ εἶναι δὲ γνωστός μας συντελεστὴς ποιότητας τοῦ κυκλώματος. Στὸ παράδειγμά μας μὲ $r = 12,566 \Omega$ ἔχομε $Q = 100$, ἐνῶ $\omega_0 L = 1257 \Omega$. Η δυναμικὴ ἀντίσταση εἶναι λοιπὸν $R_{\pi} = Q \cdot (\omega_0 L) = 100 \cdot 1257 = 125700 \Omega$, ἢ περίπου $126 k\Omega$, δπως τὸ βρύκαμε καὶ πιὸ πάνω.

Οἱ προηγούμενοι τύποι μᾶς λένε δτὶ γενικὰ ἡ ἴσοδύναμη ὡμικὴ ἀντίσταση τοῦ παραλλήλου κυκλώματος στὸ συντονισμὸ εἶναι ἵση μὲ Q φορὲς τὴν ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση τοῦ πηνίου ($R_{\pi} = Q \cdot \omega_0 L$). Όσο τὸ Q τοῦ κυκλώματος εἶναι μεγαλύτερο, τόσο ἡ δυναμικὴ ἀντίσταση εἶναι μεγαλύτερη. Μᾶς λένε ἐπίσης ($R_{\pi} = L/Cr$) δτὶ γιὰ νὰ ἔχωμε τὴν πιὸ μεγάλη δυναμικὴ ἀντίσταση, τὸ πηνίο πρέπει νὰ ἔχῃ δσο γίνεται μεγαλύτερη αὐτεπαγωγὴ L καὶ δὲ πυκνωτὴς δσο γίνεται μικρότερη χωρητικότητα C . Δὲν πρέπει δμως νὰ ξεχνοῦμε δτὶ ἔνα μεγάλο πηνίο ἔχει αὐξημένη ὡμικὴ ἀντίσταση ἀπωλειῶν r , δηλαδὴ μειωμένο Q ,

ἄρα δὲν μᾶς συμφέρει νὰ μεγαλώσωμε πάρα πολὺ τὸ πηγής. Δὲν μποροῦμε ἐπίσης νὰ μικρύνωμε πάρα πολὺ τὸν πυκνωτή, γιατὶ ὅσο καὶ νὰ τὸν μικρύνωμε, παραμένουν ώστόσο οἱ διάφορες παρασιτικὲς χωρητικότητες (σύρματα συνδέσεως κλπ. καὶ ἐπὶ πλέον οἱ κατανεμημένες χωρητικότητες ἀνάμεσα στὶς σπεῖρες τοῦ πηγήσ). Ήροςπαθοῦμε, λοιπόν, στὴν πράξῃ νὰ ἐπιτύχωμε τὸν εύνοϊκὸ ἔκεινο συνδυασμὸ πηγήσ οὐαὶ πυκνωτῆ, ποὺ δὲν εἰς πραγματικὰ τὴν μεγαλύτερη δυναμικὴ ἀντίσταση (ἐκτὸς ἂν αὐτό, δπως συμβαίνει καμμιά φορά, δὲν μᾶς ἐνδιαφέρει ἡ ἐπιδιώκωμε ἐναντὶ ἄλλο σκοποῦ).

Μιὰ συμπλήρωση πρέπει ἀκόμα νὰ γίνη γιὰ τὰ ρεύματα ποὺ κυκλοφοροῦν στὸ περάλληλο κύκλωμα. Τὸ συνολικὸ ρεῦμα τῆς πηγῆς στὸ συντονισμὸ εἶναι βέβαια $I_0 = U/R_x$ (στὸ παράδειγμά μας $I_0 = 0,008 \text{ mA}$ περίπου). Στοὺς δύο δμως παραλλήλους κλάδους τοῦ κυκλώματος (σχ. 7-1α) κυκλοφοροῦν δύο ἄλλα ρεύματα. "Αν παραλείψωμε τὴν ὀμικὴ ἀντίσταση ἀπωλειῶν, δ κλάδος τοῦ πηγήσ έχει ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση $\omega_0 L$ καὶ διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα $U/\omega_0 L = 1/1257 \text{ A}$ ή $0,8 \text{ mA}$ περίπου. Τὸ ἕδιο εύρισκομε καὶ γιὰ τὸ ρεῦμα ετῶν πυκνωτῆ (πάντοτε στὸ συντονισμό). Τὰ ρεύματα αὐτὰ εἶναι 100 φορὲς μεγαλύτερα ἀπὸ τὸ συνολικὸ ρεῦμα τῆς πηγῆς. Επειδὴ στὸ παράδειγμά μας ἔχομε πάρει $Q = 100$, βλέπομε ὅτι τὰ ξεχωριστὰ ρεύματα στοὺς κλάδους τοῦ πηγήσ οὐαὶ τὸν πυκνωτῆ εἶναι Q φορὲς μεγαλύτερα ἀπὸ τὸ συνολικὸ ρεῦμα τῆς πηγῆς. Αὐτὰ ἀποδεικνύεται ὅτι εἶναι γενικό. Στοὺς δύο κλάδους ἔχομε μιὰ ὑπερένταση τοῦ ρεύματος. Αὐτὰ δμως τὰ δύο σχετικὰ μεγάλα ρεύματα εὑρίσκονται μεταξύ τους σὲ φάσικὴ ἀντίθεση 180° (τὸ ἔνα καθυστερεῖ καὶ τὸ ἄλλο προηγγεῖται κατὰ 90° ὡς πρὸς τὴν τάση τῆς πηγῆς). "Οταν, λοιπόν, τὰ δύο αὐτὰ ρεύματα ἐνώνονται γιὰ νὰ κυκλοφορήσουν ἀπὸ τὴν πηγή, τότε ἀλληλοεξουδετερώνονται. "Αν ἡταν πραγματικὰ ἀκριβῶς ἵσα, τὸ συνολικὸ ρεῦμα τῆς πηγῆς θὰ ἡταν μηδέν. Τὰ ρεύματα δμως τῶν δύο κλάδων δὲν εἶναι στὴν πραγματικότητα ἀκριβῶς

λέσχη, ὅπως τὰ εύρήκαμε προηγουμένως, παραλείποντας τὴν ὀμικὴ ἀντίσταση ἀπωλειῶν. Εἶναι λίγο διαφορετικά. Ἡ διαφορά τους διφείλεται στὴν ὀμικὴ ἀντίσταση ἀπωλειῶν καὶ εἶναι ἵση μὲ τὸ συνολικὸ ρεῦμα τῆς πηγῆς.

Ἡ ὑπερένταση στὸ παράλληλο κύκλωμα εἶναι τὸ ἀνάλογο τῆς ὑπερτάσεως στὸ κύκλωμα σειρᾶς. Ἀπὸ πρακτικὴ ἀποφη, πρέπει νὰ θυμῷμαστε δtti τὸ πηγίο εύρίσκεται ἐδῶ σὲ ὑπερένταση, διαρρέεται δηλαδὴ ἀπὸ ἔνα αὐξημένο ρεῦμα, καὶ τὸ σύρμα του πρέπει νὰ εἶναι ἀρκετὰ χοντρὸ γιὰ μὴ καῆ.

7.3 Καμπύλες συντονισμοῦ — Ἐπιλογή.

Γιὰ νὰ δοῦμε καὶ ἐδῶ τὶ γίνεται γύρω ἀπὸ τὴν συχνότητα συντονισμοῦ, πρέπει νὰ ἔρωμε μὲ ποιὸ τρόπο ἡ σύνθετη ἀντίσταση τοῦ παραλλήλου κυκλώματος μεταβάλλεται, δταν ἡ συχνότητα ἀλλάζῃ. Ὁ ὑπολογισμὸς αὐτὸς εἶναι λίγο πολύπλοκος, γι' αὐτὸ θὰ δώσωμε ἀπ' εὐθείας τὸ ἀποτέλεσμα. Ἡ σύνθετη ἀντίσταση Z_{π} τοῦ παραλλήλου κυκλώματος σὲ ὅποιαδήποτε συχνότητα δίδεται ἀπὸ τὸν τύπο:

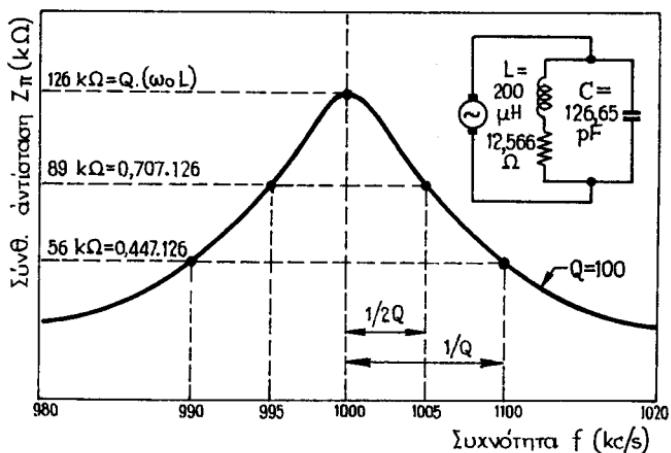
$$Z_{\pi} = \frac{(\omega_0 L)^2}{Z}, \quad (1)$$

ὅπου $\omega_0 L$ εἶναι ἡ ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση τοῦ πηγίου στὸ συντονισμὸ καὶ Z ἡ σύνθετη ἀντίσταση τοῦ ἴδιου κυκλώματος LrC σὲ σειρά, ὑπολογισμένη στὴν δομοιαδήποτε ἄλλη συχνότητα ποὺ θεωροῦμε (βλέπε τύπο 1 παρ. 6·4). Τὸ ἀποτέλεσμα αὐτὸ δὲν εἶναι ἀπολύτως ἀκριβές, τὸ λάθος δημως εἶναι πρακτικὰ ἐντελῶς ἀσήμαντο (ἀρκεῖ ἡ ποιότητα Q τοῦ κυκλώματος νὰ εἶναι μεγαλύτερη ἀπὸ 5 ἢ 10).

Ἄρα, ἡ σύνθετη ἀντίσταση Z_{π} τοῦ παραλλήλου κυκλώματος εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογη πρὸς τὴν σύνθετη ἀντίσταση Z τοῦ ἴδιου κυκλώματος σὲ σειρά. Ὑπάρχει, βέβαια, ἔνας συντελεστὴς

ἀναλογίας $(\omega_0 L)^2$; ἀλλὰ αὐτὸς εἶναι μιὰ σταθερὴ ποσότητα (1257^2 στὸ παράδειγμά μας).

Ἄσθενες συντονισμοῦ ἀκόμα ὅτι στὸ κύκλωμα σειρᾶς τὸ ρεῦμα ἔταν U/Z , δηλαδὴ ἀντιστρόφως ἀνάλογο πρὸς τὴ σύνθετη ἀντίσταση Z (μὲ σταθερὴ τὴν τάση U τῆς πηγῆς). Βλέπομε, λοιπόν, ὅτι ἡ σύνθετη ἀντίσταση Z_π τοῦ παραλλήλου κυκλώματος μεταβάλλεται μὲ τὴ συχνότητα ἀκριβῶς δπως τὸ ρεῦμα στὸ κύκλωμα σειρᾶς. Τὸ σχῆμα 7.3 α δείχνει αὐτὸν τὸν τρόπο μεταβολῆς. Ή οἱ καμπύλη ἔχει τὴν ἕδια μορφὴ μὲ τὴν καμπύλη τοῦ σχήματος 6.6 β. Μόνο ποὺ δικαίουρος ἔξονας ἔχει τώρα μιὰ ἀλλη βαθμολογία σὲ ὅμ. Ἀλλὰ καὶ αὐτὴ ἡ διαφορὰ ἔξαφαντεται, ἀν χρησιμοποιήσωμε σχετικὲς κλίμακες (παρ. 6.7).



Σχ. 7.3 α.

Σύνθετη ἀντίσταση Z_π τοῦ παραλλήλου κυκλώματος (οἱ σημειωμένες τιμές ἔχουν εὑρεθῆ μὲ τοὺς κανόνες τῶν σημείων 70,7% καὶ 44,7%).

Τότε, αὐτὲς οἱ ἕδιες οἱ καμπύλες τοῦ σχήματος 6.7 α παριστάνουν ἐξ ἵσου καλὰ τὴ μεταβολὴ τῆς σύνθετης ἀντιστάσεως τοῦ παραλλήλου κυκλώματος ὡς πρὸς τὴν συχνότητα. Ἐπίσης, δσα εἴπαμε γιὰ τὰ σημεῖα ποὺ εύρίσκονται σὲ ὅψος 70,7% καὶ 44,7%

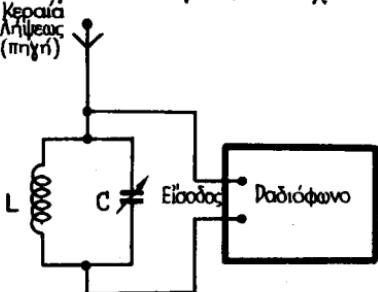
τῆς μέγιστης τιμῆς ἔξακολουθοῦν βέβαια νὰ ισχύουν (μόνο πού, δπως εἰδαμε, οἱ φάσεις εἶναι ἐδῶ ἀντίθετες). Στὸ σχῆμα 7·3 αἱχομε ἀκριβῶς ἐφαρμόσει τοὺς κανόνες γι' αὐτὰ τὰ σημεῖα.

Μένει νὰ δοῦμε πῶς μεταβάλλεται μὲ τὴ συχνότητα τὸ συνολικὸ ρεῦμα τῆς πηγῆς. Τὸ ρεῦμα τῆς πηγῆς εἶναι στὴν παράλληλη σύνδεση $I = U/Z_{\pi}$. Ἐπειδὴ τὸ ρεῦμα αὐτὸν εἶναι ἀντιστρόφως ἀνάλογο πρὸς τὴ σύνθετη ἀντίσταση Z_{π} τοῦ παραλλήλου κυκλώματος, θὰ εἶναι ἀνάλογο πρὸς τὴ σύνθετη ἀντίσταση Z τοῦ κυκλώματος σειρᾶς. Μὲ ἄλλα λόγια, τὸ ρεῦμα τῆς πηγῆς στὴν παράλληλη σύνδεση μεταβάλλεται μὲ τὴ συχνότητα, δπως ἡ σύνθετη ἀντίσταση τοῦ κυκλώματος σειρᾶς. Στὴ συχνότητα συντονισμοῦ, τὸ ρεῦμα εἶναι ἐλάχιστο καὶ ἵσο μὲ U/R_{π} . Γύρω ἀπὸ τὴ συχνότητα αὐτή, τὸ ρεῦμα αὐξάνει καὶ μεταβάλλεται μὲ τὸν ἵδιο τρόπο ποὺ δείχνει ἡ καμπύλη τοῦ σχήματος 6·6 α (μόνο ποὺ δ κατακόρυφος ἔξονας βαθμολογεῖται τώρα σὲ ἀμπέρ). Ἀρα, δὲν ὑπάρχει στὴν πραγματικότητα παρὰ μιὰ μόνο καμπύλη συντονισμοῦ, ποὺ τὴν βλέπουμε δημοσίᾳ διαφορετικὰ στὶς διάφορες περιπτώσεις.

Παρατηροῦμε πόσο στενὴ εἶναι ἡ συγγένεια ἀνάμεσα στὸ παράλληλο κύκλωμα καὶ στὸ κύκλωμα σειρᾶς. Αὐτὸν ἔπρεπε νὰ τὸ περιμένωμε, ἀφοῦ στὴν οὐσίᾳ πρόκειται γιὰ τὸ ἵδιο πράγμα, μὲ τὴ μόνη διαφορὰ ὅτι ἡ τροφοδότηση γίνεται μὲ ἄλλον τρόπο ἀπὸ τὴν πηγὴν. Τελικά, δταν καὶ στὶς δύο περιπτώσεις κρατοῦμε σταθερὴ τὴν τάση τῆς πηγῆς, δσα συμβαίνουν μὲ τὴ σύνθετη ἀντίσταση καὶ τὸ ρεῦμα στὸ κύκλωμα σειρᾶς, ἐπαναλαμβάνονται ἀντιστοίχως μὲ τὸ ρεῦμα καὶ τὴ σύνθετη ἀντίσταση στὸ παράλληλο κύκλωμα.

Φυσικά, ὅλα δσα εἴπαμε γιὰ τὴν ἐπιλογὴ στὸ κύκλωμα σειρᾶς δὲν ἀλλάζουν στὴν οὐσία καθόλου στὸ παράλληλο κύκλωμα. Οἱ ἰκανότητες ἐπιλογῆς τῶν δύο κυκλωμάτων ἔξετάζονται καὶ καθορίζονται ἀκριβῶς μὲ τὸν ἵδιο τρόπο. Δὲν ἔχομε, λοιπόν, νὰ προσθέσωμε τίποτα ἐδῶ. Τὸ παράλληλο κύκλωμα μπορεῖ νὰ

χρησιμοποιηθή σάν κύκλωμα ἐπιλογῆς στὴν εἰσόδο ἐνδέ ραδιοφώνου, δπως δείχνει τὸ σχῆμα 7·3 β. Τὸ κύκλωμα παρουσιάζει μιὰ σημαντικὴ ἀντίσταση καὶ δίνει μιὰ σημαντικὴ τάση στὴν εἰσόδο τοῦ ραδιοφώνου μόνο γιὰ τὸν πομπό, ποὺ ἔχει τὴν συχνότητα συ-



Σχ. 7·3 β.

Τὸ παράλληλο συντονισμένο κύκλωμα σάν κύκλωμα εἰσόδου ἐνδέ ραδιοφώνου.

τονισμοῦ τοῦ κυκλώματος. Οἱ συχνότητες δλων τῶν ἄλλων πομπῶν εὑρίσκουν στὸ κύκλωμα μικρὴ ἀντίσταση, δηλαδὴ πρακτικὰ βραχυκυλώνονται καὶ δίνουν ἀμελητέα τάση στὴν εἰσόδο τοῦ ραδιοφώνου. Μιὰ τέτοια συνδεσμολογία τοῦ κυκλώματος εἰσόδου μποροῦμε πραγματικὰ νὰ τὴν συναντήσωμε στὴν πράξη. Μόνο ποὺ στὴν πράξη τὰ κυκλώματα εἰσόδου είναι συνήθως, δπως εἴπαμε, πιὸ πολύπλοκα καὶ ἀποτελοῦνται ἀπὸ περισσότερα συντονισμένα κυκλώματα.

7·4 Ανακεφαλαίωση.

Στὰ δύο τελευταῖα Κεφάλαια, ἔξετάσαιμε τὰ ἀπλὰ συντονισμένα κυκλώματα ποὺ ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἕνα πηγνίο L καὶ ἕνα πυκνωτὴ C . Τὸ κύκλωμα σειρᾶς ἔχει προστάσεως ἔχει συνδεθῆ (σὲ σειρὰ μὲ τὸ τρόπο ποὺ ἡ πηγὴ τροφοδοτήσεως ἔχει συνδεθῆ (σὲ σειρὰ μὲ τὰ στοιχεῖα L καὶ C ἡ παράλληλα μὲ αὐτά)). Ο διαφορετικὸς τρόπος συνδέσεως τῆς πηγῆς ἀντιστρέφει τὶς ἰδιότητες τοῦ κυκλώματος καὶ στὶς δύο ὅμιλας περιπτώσεις ἔχομε ἐντελῶς ἀνά-

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 7.

Σύγκριση τοῦ συντονισμοῦ σὲ σειρὰ μὲ τὸν παράλληλο συντονισμό.
Τροφοδότηση ἀπὸ πηγῆ μὲ σταθερὴ τάση.

Τροφοδότηση σὲ σειρὰ	Παράλληλη τροφοδότηση
Σύνθετη ἀντίσταση τοῦ κυκλώματος στὴ συχνότητα συντονισμοῦ (ω_0) (δύναμική ἀντίσταση $\varphi = 0$)	ἰσοδύναμη ἡ δυναμική : $R_0 = \frac{(\omega_0 L)^2}{r} = \frac{L}{Cr} = 126 \text{ k}\Omega$ (μέγιστη)
ρεῦμα τῆς πηγῆς	$I_0 = U/r = 79,5 \text{ mA}$ (μέγιστο)
τάση στὰ ἄκρα τοῦ πηνίου (ἢ τοῦ πυκνωτῆ)	$U_L = Q \cdot U = 100 \text{ V}$ (ὑπέρταση)
ρεῦμα στὸ πηνίο (ἢ στὸν πυκνωτή)	$I_L = I_0 = 795, \text{ mA}$
Σύνθετη δύναμη τοῦ κυκλώματος σὲ τυχαία συχνότητα (ω)	$Z_\pi = (\omega_0 L)^2/Z$ (καμπύλη μεταβολῆς μὲ τὴ συχνότητα ὅπως γιὰ τὸ ρεῦμα στὸ κύκλωμα σειρᾶς)
ρεῦμα τῆς πηγῆς	$I = U/Z$
Συνθ. ἀντίσταση γιὰ συχνότητες πολὺ χαμηλότερες ἀπὸ τὴ συχνότητα συντονισμοῦ	τείνει στὸ $1/\omega_0 C$ (φ τείνει σὲ 90° , χωρητικὴ συμπεριφορὰ)
Συνθ. ἀντίσταση γιὰ συχνότητες πολὺ ὑψηλότερες ἀπὸ τὴ συχνότητα συντονισμοῦ	τείνει στὸ $\omega_0 L$ (φ τείνει σὲ 90° ἐπαγωγὴν τικὴ συμπεριφορὰ)
Ζώνη διαβάσεως $f_2 - f_1$ στὰ $70,7\%$ τῆς μέγιστης ἀποκρίσεως	$f_0/Q = 10 \text{ kc/s}$ (αὐτὸ εἶναι ὀλόκληρο τὸ πλάτος τῆς ζώνης ἀπὸ τὴ συχνότητα f_1 κάτω ἀπὸ τὸ συντονισμό, μέχρι f_2 , πάνω ἀπὸ τὸ συντονισμό, ($\varphi = 45^\circ$)
Ζώνη διαβάσεως $f_2 - f_1$ στὰ $44,7\%$ τῆς μέγιστης ἀποκρίσεως	$2f_0/Q = 20 \text{ kc/s}$ (αὐτὸ εἶναι ὀλόκληρο τὸ πλάτος τῆς ζώνης ἀπὸ τὴ συχνότητα f_1 κάτω ἀπὸ τὸ συντονισμό μέχρι f_2 , πάνω ἀπὸ τὸ συντονισμό), ($\varphi = 63^\circ, 5$)

Παράδειγμα πίν. 7: $L = 200 \mu H$, $r = 12,566 \Omega$, $C = 126,65 pF$,
 $Q = \frac{\omega_0 L}{r} = 100$, συχνότητα συντονισμοῦ $f_0 (kc/s) = \sqrt{\frac{159\,200}{L_{\mu H} C_{pf}}} = 1\,000$, kc/s τάση τής πηγής $1 V$ (σταθερή).

λογα φαινόμενα συντονισμοῦ. Καὶ στὶς δύο περιπτώσεις, δ ρόλος τῆς πηγῆς εἰναι νὰ ἔξισορροπῇ τὶς ἀπώλειες ἴσχυος καὶ νὰ συντηρῇ τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα ποὺ κυκλοφοροῦν στὸ κύκλωμα. Στὸ συντονισμό, ἔνα σημαντικὸ ποσὸ ἐνέργειας συγκεντρώνεται στὸ πηνίο καὶ στὸν πυκνωτή. Ή ἐνέργεια αὐτὴ συγκεντρώνεται περιοδικὰ μιὰ στὸ πηνίο καὶ μιὰ στὸν πυκνωτή. Αὐτὴ ἡ ταλάντωση ἡ κύμανση τῆς ἐνέργειας ἀνάμεσα στὴν μαγνητικὴ μορφὴ (πηνίο) καὶ τὴν ἡλεκτρικὴ μορφὴ (πυκνωτής) μοιάζει μὲ δ, τι γίνεται σὲ ἔνα ἐκκρεμές: ἡ ἐνέργεια τοῦ ἐκκρεμοῦς περνᾷ περιοδικὰ ἀπὸ τὴν κινητικὴ στὴ δυναμικὴ μορφή. Γι' αὐτὸ καὶ τὸ συντονισμένο κύκλωμα δύνομάζεται συχνὰ καὶ ταλαντευόμενο ἡ κυματισμένο κύκλωμα.

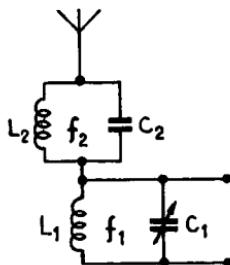
Ο Πίνακας 7 (σελ. 156) συνοψίζει τὶς ἰδιότητες τῶν ἀπλῶν συντονισμένων κυκλωμάτων καὶ μᾶς βοηθᾶ νὰ τὶς θυμόμαστε. Οἱ ἀριθμοὶ ἀναφέρονται στὸ παράδειγμα ποὺ ἔχομε χρησιμοποιήσει. Ή πηγὴ ὑποτίθεται δτὶ εἶχει στοὺς πόλους τῆς σταθερὴ τάση $U = 1V$ καὶ γιὰ τὶς δύο συνδεσμολογίες, σὲ σειρὰ ἡ παράλληλα (φ σημαίνει τὴ διαφορὰ φάσεως ἀνάμεσα στὸ ρεῦμα καὶ τὴν τάση τῆς πηγῆς).

7.5 Συντονισμένα κυκλώματα σε σύζευξη.

Οπως εἶδαμε, ἔνα ἀπλὸ συντονισμένο κύκλωμα δὲν φθάνει γιὰ νὰ ἔξασφαλίσῃ μιὰ καλὴ ἐπιλογὴ. Ή καμπύλη συντονισμοῦ ἡ ἐπιλογὴς τοῦ ἀπλοῦ συντονισμένου κυκλώματος ἀπέχει σημαντικὰ ἀπὸ τὴν ἰδανικὴ δρθογώνια καμπύλη ἐπιλογὴς τοῦ σχήματος 6. 7 γ. Γιὰ τὸ λόγο· αὐτό, ἀλλὰ καὶ γιὰ διαφορετικοὺς λό-

γους σὲ ἄλλες περιπτώσεις, ἀναγκαζόμαστε συχνὰ νὰ χρησιμοποιήσωμε περισσότερα συντονισμένα κυκλώματα, εἴτε ἀνεξάρτητα τὸ ἔνα ἀπὸ τὸ ἄλλο, εἴτε σὲ σύζευξη.

Ἄπλα ἀνεξάρτητα κυκλώματα μποροῦμε νὰ χρησιμοποιήσωμε κατὰ διαφόρους τρόπους, γιὰ διαφόρους σκοπούς. Θὰ δώσωμε δύο παραδείγματα. Ἔστω ὅτι θέλομε νὰ ἀκούσωμε στὸν δέκτη μας ἔνα σταθμὸ ποὺ ἐκπέμπει στὴ συχνότητα f_1 , δίπλα του δημιως ἔστω ὅτι ὑπάρχει ἔνας ἀρκετὰ λιχυρδὸς σταθμὸς ποὺ δουλεύει σὲ μιὰ γειτονικὴ συχνότητα f_2 . Ἡ ἐπιλογὴ τοῦ δέκτη δὲν εἶναι ἀρκετὴ γιὰ νὰ ἔξασθενήσῃ ὅσο χρειάζεται τὸν ἀνεπιθύμητο καὶ ἐνοχλητικὸ σταθμὸ f_2 . Μποροῦμε τότε νὰ συνδέσωμε στὸ κύκλωμα τῆς κεραίας τοῦ δέκτη ἔνα δεύτερο ἀνεξάρτητο κύκλωμα συντονισμένο στὴ συχνότητα f_2 (σχ. 7·5 α.). Τὸ δεύτερο αὐτὸ κύκλωμα θὰ προσβάλῃ μιὰ σημαντικὴ ἀντίσταση στὸν ἀνεπιθύμητο σταθμό, χωρὶς ὥστεσσο νὰ ἐμποδίζῃ τὴ λήψη τοῦ σταθμοῦ f_1 ποὺ μᾶς ἔνδιαφέρει.



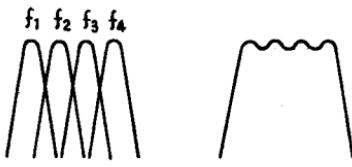
Σχ. 7·5 α.

Τὸ κύκλωμα L_2 , C_2 ἔξαλείφει πρακτικὰ τὸν ἀνεπιθύμητο σταθμὸ f_2 .

Ἔνα ἄλλο παράδειγμα εἶναι ἡ περίπτωση ὅπου θέλομε νὰ ἐπιτύχωμε μιὰ σχετικὰ πολὺ πλατειὰ ζώνη ἐπιλογῆς (ἢ περίπτωση αὐτὴ παρουσιάζεται στὴν τηλεόραση). Μποροῦμε τότε νὰ χρησιμοποιήσωμε μιὰ σειρὰ ἀπὸ ἀπλὰ συντονισμένα κυκλώματα μὲ συχνότητες συντονισμοῦ f_1 , f_2 , f_3 , μετατοπισμένες ἐλαφρά

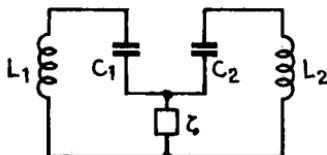
τη μία ώς πρὸς τὴν ἄλλη. Ἡ συνολικὴ καμπύλη ἐπιλογῆς ἀφήνει ἔτσι μιὰ πλατειὰ ζώνη διαβάσεως (σχ. 7·5 β).

Μένουν δημοσίους πληθυσμούς προβλήματα, ποὺ δὲν μποροῦν νὰ λυθοῦν μὲ ἀπλὰ ἀνεξάρτητα συντονισμένα κυκλώματα. Ἀναγκαῖδη μαστε τότε νὰ χρησιμοποιήσωμε κυκλώματα σὲ σύζευξη. Παίρνομε δηλαδὴ δύο ἀπλὰ συντονισμένα κυκλώματα $L_1 C_1$ καὶ $L_2 C_2$ (συχνὰ ὅμοια μεταξὺ τους, ἀλλὰ ὅχι πάντα) καὶ τὰ συνδέομε ἔτσι, ὥστε νὰ ἔχουν ἕνα κοινὸ τμῆμα κυκλώματος (σχ. 7·5 γ).



Σχ. 7·5 β.

Ἐνας τρόπος γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε μιὰ πλατειὰ ζώνη ἐπιλογῆς.



Σχ. 7·5 γ.

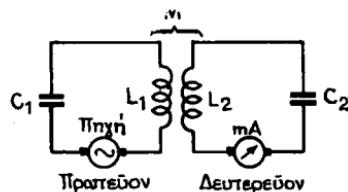
Κυκλώματα σὲ σύζευξη. Τὰ στοιχεῖα συζεύξεως ή μπορεῖ νὰ είναι ἕνας πυκνωτής, ἕνα πηνίο, μιὰ ἀντίσταση ή ἕνας συνδυασμός ἀπὸ αὐτά.

Μιὰ εἰδικὴ περίπτωση, ποὺ χρησιμοποιεῖται πάρα πολύ, είναι αὐτὴ ὅπου η σύζευξη ἀνάμεσα στὰ δύο συντονισμένα κυκλώματα, γίνεται μὲ τὴν ἀμοιβαία ἐπαγωγὴ μεταξὺ τῶν δύο πηνίων L_1 καὶ L_2 (σχ. 7·5 δ). Τὸ τί είναι η ἀμοιβαία ἐπαγωγὴ (ποὺ τὴν σημειώμομε μὲ M καὶ τὴ μετροῦμε σὲ ἀνρύ), τὸ εἴδαμε στὴν παράγραφο 4·2. Ἡ σύζευξη μὲ ἀμοιβαία ἐπαγωγὴ ὀνομάζεται μαγνητικὴ σύζευξη (ἢ ἐπαγωγικὴ σύζευξη). Πραγματοποιεῖται ἀπὸ τὸ μέρος ἐκεῖνο τοῦ μαγνητικοῦ πεδίου, ποὺ είναι κοινὸ στὰ δύο πηνία, χωρὶς νὰ μεσολαβῇ γιὰ τὴ σύζευξη κανένα εἰδικὸ στοιχεῖο κυκλώματος. Τὸ χαρακτηριστικὸ τῆς μαγνητικῆς συ-

ζεύξεως είναι ότι μπορεῖ νὰ μεταβάλλεται, ἀν ἀπλῶς πλησιάζωμε περισσότερο τὰ δύο πηγήα μεταξύ τους ή τὰ ἀπομακρύνωμε.

Δὲν θὰ κάνωμε ἐδῶ λεπτομερὴ μελέτη τῶν κυκλωμάτων σὲ σύζευξη. Θὰ ἀναφέρωμε μόνο δρισμένα συμπεράσματα, ποὺ εἰναι ἔξαιρετικὰ χρήσιμα στὴν πράξη.

"Ας κάνωμε, γιὰ τὴ μαγνητικὴ σύζευξη, τὸ ἔξῆς πείραμα: Ξεκινοῦμε μὲ δύο δμοια κυκλώματα L_1C_1 καὶ L_2C_2 , συντονισμένα στὴν ἵδια συχνότητα, π. χ. 1 000 kc/s. Τὸ πρωτεῦον L_1C_1 τροφοδοτεῖται ἀπὸ μιὰ πηγὴ σὲ σταθερὴ τάση καὶ μεταβλητὴ συχνότητα, ἐνῶ στὸ δευτερεῦον ὑπάρχει ἔνα μιλλιαμπερόμετρο. Στὴν ἀρχὴ, τοποθετοῦμε τὰ δύο κυκλώματα τόσο μακρὰ τὸ ἔνα ἀπὸ τὸ ἄλλο, ὡστε νὰ μὴν ὑπάρχῃ πρακτικὰ μεταξύ τους μαγνητικὴ σύζευξη. Τὸ ρεῦμα στὸ δευτερεῦον εἰναι μηδέν, γιὰ δποιαδήποτε συχνότητα τῆς πηγῆς. "Αν πλησιάσωμε τὰ πηγήα L_1 καὶ L_2 , ὡστε νὰ ὑπάρχῃ μεταξύ τους μιὰ χαλαρὴ μαγνητικὴ σύζευξη, τότε ἔχομε στὸ δευτερεῦον ἔνα ρεῦμα ἀπὸ ἐπαγωγῆ. Τὸ ρεῦμα γίνεται μέγιστο στὴ συχνότητα συντονισμοῦ. "Ο τρόπος ποὺ μεταβάλλεται τὸ ρεῦμα μὲ τὴ συχνότητα φαίνεται

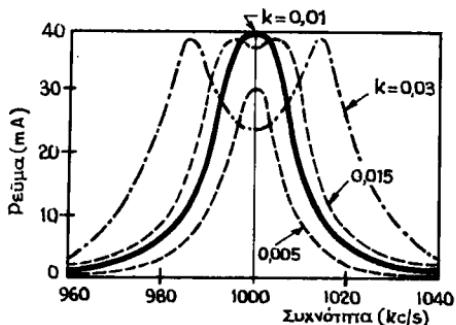


Σχ. 7.5 δ.
Κυκλώματα σὲ μαγνητικὴ σύζευξη.

ἀπὸ τὴν καμπύλη μὲ τὸν ἀριθμὸ 0,005 τοῦ σχήματος 7.5 ε, (οἱ παρόμιοιο ἀριθμοὶ τοῦ σχήματος εἰναι οἱ τιμὲς τοῦ συντελεστῆ συζεύξεως :

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$$

"Ας πλησιάσωμε κάπως περισσότερο τὰ πηγνία. Τὸ ρεῦμα στὸ δευτερεύον δυναμώνει καὶ μεταβάλλεται τώρα μὲ τὴ συχνότητα, μὲ τὸν τρόπο ποὺ δείχνει ἡ καμπύλη 0,01 τοῦ σχήματος 7-5ε. "Αν συνεχίσωμε νὰ πλησιάζωμε τὰ πηγνία, κάνοντας τὴ σύζευξη δὲ καὶ πιὸ στενή, τὸ ρεῦμα τοῦ δευτερεύοντος στὴ συχνότητα συντονισμοῦ ἀρχίζει νὰ ἔχει καμπύλην καὶ μάλιστα δὲ καὶ πιὸ πολὺ. Συγχρόνως, ἡ καμπύλη τοῦ ρεύματος παρουσιάζει δύο νέα μέγιστα ἀριστερὰ καὶ δεξιά, σὲ ἵσες ἀποστάσεις, ἀπὸ τὴ συχνότητα συντονισμοῦ (καμπύλες 0,015 καὶ 0,03 τοῦ σχήματος). Τὰ δύο μέγιστα ἔχουν πρακτικὰ τὸ ἕδιο ὑψος μὲ τὴν προηγούμενη καμπύλη (0,01). "Οσο ἡ σύζευξη γίνεται στενότερη, τὰ δύο μέγιστα ἀπομακρύνονται, διατηροῦν δὲ μιας πρακτικὰ τὸ ἕδιο ὑψος.



Σχ. 7-5ε.

Καμπύλες μεταβολῆς τοῦ ρεύματος στὸ δευτερεύον δύο κυκλωμάτων σὲ μαγνητική σύζευξη (τὰ δύο κυκλώματα ἀποτελοῦνται ἀπὸ τὰ στοιχεῖα: $L=200 \mu H$, $C=126,65 \mu F$, $r=12,566 \Omega$, καὶ ἔχουν $Q=100$, $f_0=1\,000 \text{ kc/s}$).

Τὸ πείραμα αὐτὸ μᾶς δείχνει πόσῳ σημαντικὴ εἶναι ἡ ἐπίδραση τῆς σύζευξεως. Μᾶς δείχνει ἀκόμα ὅτι ὑπάρχει μιὰ εἰδικὴ σύζευξη (ποὺ ἀντιστοιχεῖ στὸ συντελεστὴ 0,01 στὸ παράδειγμα), ὅπου συμβαίνουν ἀξιοπαρατήρητα πράγματα: τὸ ρεῦμα στὸ δευτερεύον παίρνει στὸ συντονισμὸ τὴν πιὸ μεγαλύτερη τιμὴ του, ἐνῶ συγχρόνως ἡ καμπύλη μεταβολῆς μὲ τὴ συχνότητα ἔχει κάπως

πλησιάζει στήν ίδανική μορφή της δρθιγώνιας καμπύλης έπιλογῆς. Τήν είδική αυτή σύζευξη τήν δινομάζομε κρίσιμη σύζευξη. Στή σύζευξη αύτή, τὰ δύο κυκλώματα ἐπιδροῦν ἔτσι τὸ ἔνα πάνω στὸ ἄλλο, ὥστε νὰ ἔχωμε τήν καλύτερη μεταβίβαση ἐνέργειας ἀπὸ τὸ πρωτεύον στὸ δευτερεύον. (΄Αποδεικνύεται διτὶ δικρίσιμος συντελεστὴς συζεύξεως εἶναι $k_{x_0} = 1/\sqrt{Q_1 Q_2}$, ὅπου Q_1 καὶ Q_2 οἱ συντελεστὲς ποιότητας τῶν δύο κυκλωμάτων, δηλαδὴ στὸ παράδειγμα $k = 0,01$).

Εἶναι φανερὸ διτὶ ἔχομε γενικὰ συμφέρον νὰ ρυθμίζωμε τὴ σύζευξη στήν κρίσιμη τιμή της (ἢ ἵσως λίγο παραπάνω). Έξασφαλίζομε τότε μιὰ καμπύλη ἐπιλογῆς ἀρκετὰ εύνοϊκὴ (τὸ συνολικὸ πλάτος της εἶναι ἵσο μὲ $k_{x_0} f_0$, δηλαδὴ στὸ παράδειγμα $0,01 \cdot 1\,000 = 10 \text{ kc/s}$). Ή τελικὴ ἐπιλογὴ τοῦ δέκτη μπορεῖ βέβαια νὰ καλυτερέψῃ ἀκόμα πιὸ πολύ, χρησιμοποιώντας περισσότερα κυκλώματα σὲ σύζευξη κατὰ διαδοχικὰ στάδια.

Κυκλώματα ἐπιλογῆς χρησιμοποιοῦνται πραγματικὰ δχι μόνον σὲ ἔνα, ἀλλὰ συνήθως σὲ περισσότερα διαδοχικὰ στάδια τοῦ δέκτη. Ήπάρχουν στὰ στάδια ὑψηλῆς συχνότητας, ἀμέσως μετὰ τήν κεραία, ὑπάρχουν ἐπίσης, ὅπως θὰ δούμε, πιὸ πέρα στή μεσαία συχνότητα (ἐκεῖ, τὰ κυκλώματα σὲ μαγνητικὴ σύζευξη δινομάζονται μετασχηματιστὲς μεσαίας συχνότητας). Στήν πρώτη περίπτωση (στήν Γ. Σ.) λειτουργοῦν μὲ μεταβλητὴ συχνότητα συντονισμοῦ, στή δεύτερη περίπτωση ἡ συχνότητα συντονισμοῦ εἶναι σταθερή. Ή ρύθμιση παρουσιάζει διάφορα προβλήματα. "Οταν ἡ συχνότητα εἶναι σταθερή, τὸ πράγμα δὲν εἶναι καὶ τόσο δύσκολο. Τὰ κυκλώματα ἔχουν ρυθμισθῆ ἀπὸ τὸν κατασκευαστὴν στήν κρίσιμη σύζευξη ἢ περίπου. Ή τεχνίτης μπορεῖ νὰ ἐπέμβῃ καὶ νὰ διορθώσῃ τὴ σύζευξη ἀλλάζοντας ἐλαφρὰ τὴ συχνότητα συντονισμοῦ τοῦ πρωτεύοντος ἢ τοῦ δευτερεύοντος (ὑπάρχει γι' αὐτὸν ἡ δυνατότητα ἐλαφρῆς μεταβολῆς τῶν πυκνωτῶν ἢ τῶν πηγίων). Πραγματικὰ ἔνας τέτοιος ἐλαφρὸς ἀποσυντονισμὸς ἰσοδυναμεῖ μὲ

αὕτηση τῆς συζεύξεως. Τὸ πρόσθλγμα ὅμως εἶναι διυσκολότερο, δταν στὰ στάδια ὑψηλῆς συχνότητας, ἢ συχνότητα συντονισμού μεταβάλλεται σὲ πλατείᾳ ὅρια (καὶ ἂς μὴ ἔχοντας δτι τὸ πλάτος τῆς ζώνης ἐπιλογῆς σὲ KC/S, ἔχοντας δπὸ τὴ συχνότητα συντονισμού, εἶναι μάλιστα ἀπ' εὐθείας ἀνάλογο πρὸς αὐτή, εἴτε πρόκειται γιὰ ἓνα ἀπλὸ κύκλωμα, εἴτε γιὰ κυκλώματα σὲ σύζευξη).

"Ἄς σγιμειώσωμε, τέλος, δτι τὰ συντονισμένα κυκλώματα (σὲ σύζευξη ἢ ὅχι) δὲν χρησιμοποιοῦνται μόνο γιὰ τὸ σκοπὸ τῆς ἐπιλογῆς. Τὰ χρησιμοποιοῦμε ἐπίσης κάθε φορὰ ποὺ θέλομε π. χ. νὰ εύνοήσωμε, νὰ ἀφήσωμε δηλαδὴ νὰ περάσῃ, μιὰ δρισμένη ζώνη συχνοτήτων καὶ συγχρόνως νὰ ἀποκλείσωμε τὶς συχνότητες ποὺ εύρισκονται ἔξω ἀπὸ τὴ ζώνη αὐτή. Τὰ κυκλώματα, λοιπόν, αὗτὰ εἶναι ἓνα εἰδος φίλτρου. Εἶναι εἰδικότερα φίλτρα ζώνης συχνοτήτων. Καὶ καταλαβαίνει κανεὶς πόσο ποικίλους καὶ σημαντικοὺς σκοποὺς μποροῦν νὰ ἔχουπηρετήσουν τέτοια φίλτρα.

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΛΥΧΝΙΕΣ ΚΑΙ ΟΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΟΥΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΛΥΧΝΙΕΣ

8.1 Εισαγωγή.

Οι φραδιώτεχνικές κατασκευές αποτελούνται, όπως γνωρίζομε, από κυκλώματα και ήλεκτρονικές λυχνίες. Με τὰ κυκλώματα (άντιστάσεις, πυκνωτές, πγνία καὶ συνδεσμολογίες τους) άσχοληθήκαμε στὸ Α' Μέρος τοῦ βιβλίου. Τώρα θὰ γνωρίσωμε τὶς ήλεκτρονικές λυχνίες καὶ τὶς βασικὲς λειτουργίες τους.

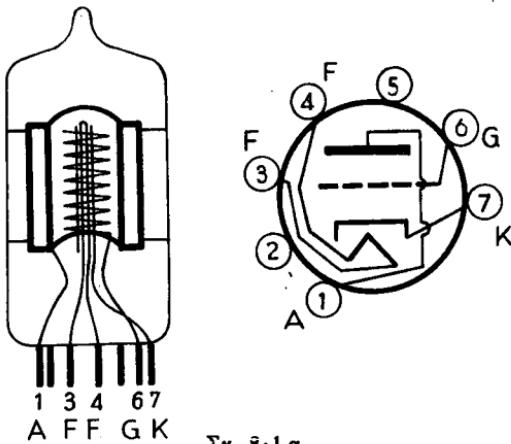
‘Η ήλεκτρονικὴ λυχνία εἰναι ἀσφαλῶς μιὰ ἀπὸ τὶς μεγαλύτερες ἀνακαλύψεις τοῦ αἰώνα μας. Τὴ λέμε λυχνία, παρ’ ὅλο ποὺ στὴν πραγματικότητα δὲν ἔχει νὰ κάνῃ τίποτα μὲ μιὰ συνηθισμένη λυχνία ἢ λάμπα, δὲν ἔχει δηλαδὴ καθόλου προορισμὸν νὰ φωτίζῃ. Τὴ λέμε, καὶ ηλεκτρονικὸ σωλήνα. Ἡ ὄνομασία αὐτὴ εἰναι ἐπίσης πιὸ δικαιολογημένη. Τὸ ὄνομα ὅμως « ηλεκτρονικὴ λυχνία » ἢ ἀπλῶς « λυχνία » ἔχει πιὰ ἐπικρατήσει στὴν Ἑλλάδα καὶ θὰ τὸ χρησιμοποιήσωμε καὶ ἔμεῖς ἀναγκαστικά.

Τὸ ἔξωτερικὸ μέρος μιᾶς ηλεκτρικῆς λυχνίας αποτελεῖται ἀπὸ ἓνα περίβλημα, συνήθως γυάλινο ἢ μεταλλικό. Τὸ περίβλημα ἔχει γενικὰ τὴ μορφὴ ἐνὸς σωλήνα. Ὁ ἀέρας ἔχει ἀφαιρεθῆ ἀπὸ τὸ ἔσωτερικὸ καὶ ὁ σωλήνας ἔχει σφραγισθῆ στεγανά. Ἔτοι, τὸ καλύτερο δυνατὸ κενὸ ἐπικρατεῖ στὸ ἔσωτερικὸ τῆς λυχνίας (ἐκτὸς ἀπὸ δρισμένες περιπτώσεις ποὺ εἰσάγομε σκόπιμα δρισμένα ἀέρια).

Μέσα στὸ περίβλημα, ἔχουν τοποθετηθῆ διάφορα ηλεκτρόδια. Ηλεκτρόδια λέγονται μεταλλικοὶ ἀγωγοί, πού, ἀνάλογα μὲ

τὴ λειτουργία τους, ἔχουν διαφορετική σύσταση καὶ μορφὴ (λεπτοὶ σωλῆνες, ἑλικοειδὴ ἢ δικτυωτὰ σύρματα, κυλινδρικὲς πλάκες, κλπ.). Τὰ ἡλεκτρόδια αὐτὰ ἐνώνονται μὲ σύρματα πρὸς τοὺς ἀκροδέκτες («ποδαράκια»), στὴ βάση τῆς λυχνίας. Ἀπὸ ἐκεῖ, τὰ ἡλεκτρόδια παίρνουν ἀπὸ τὶς ἔξωτερικὲς πηγὲς τὶς τάσεις ποὺ χρειάζονται γιὰ τὴ λειτουργία τους.

Κάθε ἡλεκτρόδιο ἔχει καὶ ἕνα εἰδικὸ ἔνομα. Τὰ λιγότερα ἡλεκτρόδια ποὺ μπορεῖ νὰ ἔχῃ, μιὰ λυχνία εἶναι δύο: ἡ κάθοδος καὶ ἡ ἄνοδος. Μιὰ λυχνία ποὺ ἔχει μόνο τὰ δύο αὐτὰ ἡλεκτρόδια δυομάζεται δίοδος. «Οταν ἀγαπεσά τους προσθέσωμε ἕνα τρίτο ἡλεκτρόδιο, ποὺ τὸ δυομάζομε πλέγμα, ἔχομε μιὰ τρίοδη λυχνία. Τὸ σχῆμα 8·1 α δίνει ἕνα παράδειγμα γιὰ τὴν κατασκευὴ



Σχ. 8·1 α.

Ἄριστερά, μιὰ τρίοδη λυχνία λήψεως (π.χ. ἡ ἀμερικανικὴ λυχνία 6AB4 ἢ ἡ ἴσοδύναμη εὐρωπαϊκὴ EC 92). Λεξιά, ἡ συμβολικὴ τῆς παράστασης. Οἱ ἀκροδέκτες ἀριθμοῦνται (1, 2, 3...) κρατώντας τὴ λυχνία ἀναποδογυφισμένη, ὥστε ἡ βάση τῆς νὰ βλέπῃ πρὸς ἐμάς. K = κάθοδος A = ἄνοδος, G = πλέγμα, F = νῆμα θερμάνσεως.

μιᾶς τέτοιας τρίοδης λυχνίας. Μποροῦμε τώρα νὰ προσθέσωμε καὶ ἕνα δεύτερο πλέγμα: «Ἔχομε τὴν τέτροδη. Μὲ ἕνα τρίτο πλέγμα, ἔχομε τὴν πέντοδη. Οἱ ἀριθμὸι τῶν ἡλεκτροδίων μπορεῖ

νὰ αὗξῃ θὴ μέχρι τὰ ὅκτον. Ὅπάρχουν ὥστός τοι καὶ πολλαπλὲς λυχνίες, ποὺ μέτα στὸ ἔδιο περίελημα περικλείουν δύο τρίσδες γῇ, μία τρίσδη καὶ μία πέντεδη, κλπ.

“Οπως θὰ δουλείης ἀμέσως, γῇ κάθηδος ἔχεις σὰν βασικὸ προσωπικό, νὰ ἐλευθερώνῃ, (νὰ ἐκπέμπῃ) ἀπὸ τὸ μεταλλό της ἡλεκτροδόμα. Τὰ ἡλεκτρόνια τραβήσοῦται (ἔλκονται) ἀπὸ τὴν ἄνοδο. Ἔτσι, ἀνάμεσα στὴν κάθηδο καὶ στὴν ἄνοδο σχηματίζεται ἔνα ρεῦμα ἡλεκτρογίαν, ἔνα ἡλεκτρονικὸ ρεῦμα. Αὐτὸς εἶναι ἔνα πραγματικὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα ποὺ κυκλοφορεῖ μέσα στὴν λυχνία, παρ’ ὅλο ὅτι στὴν λυχνία ἐπικρατεῖ κενὸς καὶ δὲν ὑπάρχει μεταλλικὴ, γῇ ἀλλαγὴ διλεικὴ σύνθεση, ἀνάμεσα στὴν κάθηδο καὶ στὴν ἄνοδο. Τὰ διάφορα πλέγματα γρηγοριεύουν γιὰ νὰ ρυθμίζουν αὐτὸς τὸ ἡλεκτρονικὸ ρεῦμα.

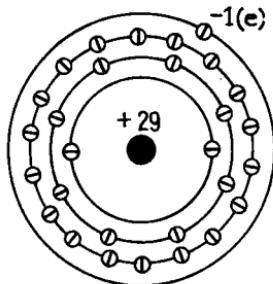
“Ἐνα ὅποιοιδήποτε ἡλεκτρόδοιο δὲν μπορεῖ νὰ κάνῃ τὴ δουλειά του, ἀν δὲν ἔχῃ τὴν τάση ποὺ τοῦ γρειάζεται. Ξέρομες διμος ὅτι μιὰ τάση, μετρεῖται ἀνάμεσα σὲ δύο σώματα. Καθὼς ἐδῶ μπορεῖ νὰ ἔχωμε πολλὰ ἡλεκτρόδια, πρέπει νὰ διαλέξωμε ἔνα ποὺ θὰ τὸ γρηγοριοποιοῦμε σὰν βάση γιὰ κάθε μέτρηση τάσεως στὴ λυχνία. Η βάση, γῇ γῇ ἀρχὴ γιὰ τὴ μέτρηση, τῶν τάσεων εἶναι συνήθως γῇ κάθηδος τῆς λυχνίας. Η τάση ὅποιουδήποτε ἀλλου ἡλεκτροδίου θὰ μετρήσῃ ἀνάμεσα σ’ αὐτὸς τὸ ἡλεκτρόδοιο καὶ στὴν κάθηδο. Τὶς τάσεις ποὺ τὶς μετροῦμε ἔτσι καὶ πρὸς μιὰ καθορισμένη ἀρχὴ (π. χ. καὶ πρὸς τὴν κάθηδο μιᾶς λυχνίας) τὶς λέμε καὶ δυναμικά.

“Ὕπάρχουν πλήθες ἡλεκτρονικὲς λυχνίες γιὰ διάφορες χρήσεις. Πολυσέλιδοι εἰδικοὶ κατάλογοι καὶ δλόκληρα βιβλία τὶς ἀπαριθμοῦν καὶ δίνουν τὶς κυριότερες χαρακτηριστικές τους ὕδιστρητες. Στὸ Κεφάλαιο αὐτὸς δὲν θὰ ἐπιμείνωμε στὶς λεπτομέρειες αὐτές. Ήτα ποῦμε τὰ βασικὰ κοινὰ γνωρίσματα τῆς κατασκευῆς καὶ τῆς λειτουργίας μιᾶς λυχνίας. Ας προσθέσωμε πάντως ἀπὸ τίμρα ὅτι οἱ ἡλεκτρονικὲς αὐτές λυχνίες δὲν εἶναι πιὰ μοναδικὲς

στὸ εἶδος τους. Τὶς ἕδιες βασικὲς λειτουργίες μποροῦμε, τὰ τελευταῖα χρόνια, νὰ τὶς ἐπιτύχωμε καὶ μὲ τὰ τραγῆστορες, ποὺ θὰ ἀσχοληθοῦμε ἀργότερα.

8·2 Ἡ κάθοδος - Θερμικὴ ἑκπομπὴ ἡλεκτρονίων.

Ἡ κάθοδος εἶναι τὸ σπουδαιότερο καὶ τὸ λεπτότερο μέρος μιᾶς λυχνίας. Γιὰ νὰ καταλάβωμε πῶς λειτουργεῖ, πρέπει νὰ θυμηθοῦμε ὅτι, ἐπως μάθαμε στὴ Φυσικὴ καὶ στὴ Χημεία, ὅλα τὰ ὄλικὰ ἀποτελοῦνται ἀπὸ μόρια καὶ ἀτομα. Τὰ ἀτομα, μὲ τὴ σειρά τους, ἀποτελοῦνται ἀπὸ ἕνα πυρήνα στὸ κέντρο καὶ ἀπὸ κάμποσα ἡλεκτρόνια ποὺ γυρίζουν γύρω ἀπ' αὐτόν, ἐπως περίπου οἱ πλανῆτες γύρῳ ἀπὸ τὸν γλυπτό (σχ. 8·2α). Τὰ ἀτομα δημιου



Σχ. 8·2 α.

Τὸ ἀτομο τοῦ χαλκοῦ. Τὰ ἡλεκτρόνια τὰ φανταζόμαστε ἔδω, γιὰ ἀπλότητα, σὰν μικρὲς σφαῖρες ποὺ κινοῦνται πάνω σὲ κύκλους μὲ κέντρο τὸν πυρήνα.

εἶναι πάρα πολὺ μικρὰ συγκροτήματα. Οἱ πυρήνας εἶναι σχετικὰ βαρύς, συγκεντρώνει πρακτικὰ ὅλη τὴν μάζα τοῦ ἀτόμου, καὶ εἶναι φορτισμένος μὲ θετικὸν ἡλεκτρισμό. Τὰ ἡλεκτρόνια, ἀντίθετα, εἶναι πολὺ ἐλαφρὰ καὶ εἶναι φορτισμένα μὲ ἀρνητικὸν ἡλεκτρισμό. Στὴ συγκρισμένη φυσικὴ κατάσταση, τοῦ ἀτόμου, τὸ θετικὸν ἡλεκτρικὸν φορτίο τοῦ πυρήνα εἶναι ἵσο καὶ ἀντίθετο μὲ τὸ ἀρνητικὸν φορτίο ὅλων μαζὶ τῶν ἡλεκτρονίων. Καθὼς τὰ ἀντίθετα αὐτὰ φορτία εἶναι πολὺ κοντά τὸ ἕνα μὲ τὸ ἄλλο, τὸ ὅτοιο φαίνεται ἐξωτερικὰ

σὰν νὰ μὴν ἔχῃ ἡλεκτρικὸ φορτίο, εἰναι: δηλαδὴ ἡλεκτρικὰ οὐδέτερο. Τὸ ἀτομο, ὅμιλος, μπορεῖ νὰ πάρῃ, ἀπὸ ἄλλα ἀτομα, ἐνα ἥ περισσότερα ἐπὶ πλέον ἡλεκτρόνια. Τότε, τὸ θετικὸ φορτίο τοῦ πυρήνα δὲν φθάνει γιὰ νὰ ἔξουδετερώσῃ, τὰ ἐπὶ πλέον ἡλεκτρόνια καὶ ἔχοιε ἐνα ἀτομο ἡλεκτρισμένο ἀρνητικά. "Ἐνα τέτοιο ἀτομο, ποὺ ἔχει πάρει ἐπὶ πλέον ἡλεκτρόνια, λέγεται ἀρνητικὸ ίόν." Αν, ἀντίθετα, τὸ ἀτομο χάσῃ ἐνα ἥ περισσότερα ἡλεκτρόνια, τότε ἐκδηλώνεται ἡλεκτρισμένο θετικά, γίνεται δηλαδὴ ἐνα θετικὸ ίόν.

Τὰ ἡλεκτρόνια, καθὼς στρέφονται γύρω ἀπὸ τὸν πυρήνα, τακτοποιοῦνται κατὰ στρώσεις, κατὰ φλοιοὺς (π.χ. τὸ σύδετερο ἀτομο τοῦ χαλκοῦ (σχ. 8·2α), ἥ ἐσωτερικὴ, στρώση, περιλαμβάνει 2 ἡλεκτρόνια, ἥ ἀμέσως ἐπόμενη 8, ἥ ἐπόμενη 18 καὶ ἥ τελευταία ἐξωτερικὴ στρώση 1 σὲ τρόπο, ὥστε νὰ ἔχωμε συνολικὰ 29 ἡλεκτρόνια). Ἐμάς μᾶς ἐνδιαφέρουν μόνο τὰ ἡλεκτρόνια ποὺ περιλαμβάνει ἥ ἐξωτερικὴ στρώση.

Πραγματικά, ὅλες οἱ ἡλεκτρικὲς (καθὼς καὶ οἱ χημικὲς) ἴδιότητες τῶν ἀτόμων διείλονται: σ' αὐτὰ τὰ ἐξωτερικὰ ἡλεκτρόνια. "Αν π.χ. ἐνα σῶμα (δπως ὁ χαλκός), ἀποτελήται ἀπὸ ἀτομα ποὺ τὰ ἐξωτερικά τους ἡλεκτρόνια εἰναι: ἀρκετὰ ἐλεύθερα, ὥστε νὰ μεταπγῆδοῦν καὶ νὰ κινοῦνται εύκολα ἀπὸ ἀτομο, τότε τὸ σῶμα εἰναι καλὸς ἀγωγὸς τοῦ ἡλεκτρισμοῦ." Αν, ἀντίθετα, τὰ ἐξωτερικὰ ἡλεκτρόνια εἰναι « δεμένα » σχετικὰ γερά στὰ ἀτομα καὶ στὰ μόρια ποὺ ἀνήκουν, τὸ σῶμα εἰναι μονωτικό.

Τὸ ρεῦμα, λοιπόν, ποὺ κυκλοφορεῖ μέσα σὲ ἐνα μεταλλικὸ ἀγωγό, διείλεται στὸ ὅτι μέσα στὸν ἀγωγὸ ὑπάρχει μεγάλο πλῆθος, σύννεφο δλόκληρο, ἀπὸ ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια. Τὸ σύννεφο αὐτὸ ἀναγκάζεται ἀπὸ τὴν πηγὴν τροφοδοτήσεως νὰ μετακινηθῇ σὰν σύνολο — καὶ ἔτοι σχηματίζεται τὸ ρεῦμα. Δὲν πρέπει ὅμιλος νὰ ἔχεινοῦμε ὅτι τὸ ρεῦμα σχηματίζεται καὶ κυκλοφορεῖ μέσα στὸν ἀγωγό. Τὰ ἡλεκτρόνια δὲν βγαίνουν ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ ἀγωγοῦ πρὸς τὰ ἔξω. Ή ἐλευθερία τους περισσεῖται μέ-

σα στὴ μᾶζα τοῦ ἀγωγοῦ. Αὐτὸς διφεύλεται στὸ δτὶ ἡ ἐπιφάνεια τοῦ ἀγωγοῦ ἐμποδίζει τὰ ἡλεκτρόνια νὰ ἐγκαταλείψουν τὸ μέταλλο ὅπου ἀνήκουν. Δὲν ὑπάρχει, ἄραγε, τρόπος νὰ νικήσωμε αὐτὸς τὸ ἐμπόδιο; Πολλὰ ἡλεκτρόνια θὰ μποροῦσαν πιὰ νὰ ξεφύγουν ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ μετάλλου, ἐντελῶς ἐλεύθερα στὸ γύρω χώρο.

Τὸ πάρχουν πραγματικὰ γι' αὐτὸς διάφοροι τρόποι. Η βάση εἶναι νὰ μπορέσωμε νὰ δώσωμε στὰ ἡλεκτρόνια μιὰ κάποια ποσότητα ἐνέργειας, ἀρκετὴ γιὰ νὰ τὰ κάνωμε νὰ ξεφύγουν ἀπὸ τὴν ἐπιφάνεια τοῦ μετάλλου. Έχομε τότε ἐκπομπὴ ἡλεκτρονίων. Γιὰ νὰ τὴν ἐπιτύχωμε, χρησιμοποιοῦμε ἐναν ἀπὸ τοὺς ἐπόμενους τρόπους:

1. Θερμαίνομε τὸ μέταλλο. Έχομε τότε θερμική έκπομπὴ ἡλεκτρονίων. Θὰ ἀσχοληθοῦμε μὲ αὐτὴ ἀμέσως πιὸ κάτω.

2. Βομβαρδίζομε τὸ μέταλλο μὲ ἡλεκτρόνια ἢ ἰόντα μὲ μεγάλη ταχύτητα. Τὰ ἡλεκτρόνια τοῦ μετάλλου δέχονται ἔτσι ἵσχυρὰ χτυπήματα (χρούσεις) καὶ μποροῦν νὰ πεταχθοῦν ἔξω ἀπὸ τὸ μέταλλο. Αὕτη εἶναι ἡ δευτερογενῆς έκπομπὴ ἡλεκτρονίων.

3. Φωτίζομε τὸ μέταλλο μὲ δρατὸς φῶς ἢ ἄλλη ἀκτινοβολία. Άν τὸ μέταλλο εἶναι κατάλληλο, μποροῦμε τότε νὰ ἔχωμε φωτοηλεκτρική έκπομπὴ ἡλεκτρονίων. Γι' αὗτοὺς τοὺς δύο τελευταίους τρόπους θὰ ξαναμιλήσωμε ἀργότερα.

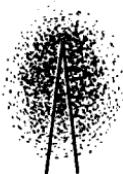
Θὰ περιορισθοῦμε ἐδῶ στὴ θερμικὴ έκπομπή, ποὺ εἶναι πρακτικὰ καὶ ἡ πιὸ σπουδαία. Ένα παράδειγμα θὰ μᾶς βοηθήσῃ νὰ τὴν καταλάβωμε καλύτερα. Εἴρομε ἀπὸ τὴν Φυσική, δτὶ ἡ θερμότητα ἐνὸς σώματος εἶναι μιὰ μορφὴ ἐνέργειας, ποὺ διφεύλεται στὸ δτὶ τὰ ἀτομά καὶ τὰ μόρια τοῦ σώματος εὑρίσκονται σὲ κίνηση. Η θερμικὴ αὐτὴ κίνηση εἶναι ἀτακτη, χωρὶς προσανατολισμό, πρὸς δλες τὶς κατεθύνσεις. Εἶναι μιὰ ἀτακτη θερμικὴ δύνηση. Όσο τὸ σῶμα παίρνει περισσότερη θερμότητα καὶ γίνεται θερμότερο, τόσο ἡ ἀτακτη θερμικὴ δύνηση γίνεται ἐντονώτερη.

Αύτὸν π.χ. συμβαίνει, όταν ζεσταίνωμε μιὰ ποσότητα νεροῦ. Τὸ νερὸν ζεσταίνεται καὶ ἡ θερμοκρασία του ἀνεβαίνει μέχρι τοὺς 100 βαθμούς. "Αν ἔξακολουθήσωμε τότε νὰ τὸ θερμαίνωμε, τὸ νερὸν βράζει, ἔξατμίζεται καὶ γίνεται ὑδρατμός. 'Η ἐξήγηση εἶναι διτι, στοὺς 100 βαθμούς, τὰ μόρια τοῦ νεροῦ ἔχουν ἀποκτήσει τόση κινητικὴν ἐνέργειαν, ὥστε νὰ μποροῦν νὰ ὑπερικήσουν τὶς δυνάμεις ποὺ τὰ συγκρατοῦν μέσα στὴ μάζα τοῦ ὑγροῦ, διότε τὸ ὑγρὸν μετατρέπεται σὲ ἀτμό. "Αν μάλιστα μετρούσαμε τὶς ἀρχικὲς ταχύτητες τῶν μορίων, δηλαδὴ τὶς ταχύτητες ἀκριβῶς τὴν στιγμὴν ποὺ τὰ μόρια ξεφεύγουν ἀπὸ τὸ ὑγρὸν πρὸς τὰ ἔξω, θὰ εὑρίσκαμε διτι οἱ ταχύτητες αὐτὲς δὲν εἶναι καθόλου ἵσες μεταξύ τους. Οἱ ἀρχικὲς ταχύτητες εἶναι ἀρκετὰ διαφορετικές ἢ μιὰ ἀπὸ τὴν ἄλλην.

Κάτι τὸν ἀνάλογο συμβαίνει μὲ τὰ ἡλεκτρόνια ἐνὸς μετάλλου, όταν τὸ θερμάνωμε ἀρκετά. Τὰ ἡλεκτρόνια ἔχουν καὶ αὐτὰ μιὰ θερμικὴν δόνηση, ποὺ μὲ τὴν θέρμανση μπορεῖ νὰ γίνῃ τόσο ἔντονη, ὥστε πολλὰ ἡλεκτρόνια νὰ μπορέσουν νὰ ὑπερικήσουν τὸ ἐμπόδιο τῆς ἐπιφάνειας τοῦ μετάλλου καὶ νὰ πετάχθοῦν πρὸς τὰ ἔξω (σχ. 8.2 β). Οἱ ἀρχικές τους ταχύτητες εἶναι ἐπίσης ἀρκετὰ διαφορετικές μεταξύ τους. "Εχομε δηλαδὴ ἕνα εἶδος βρασμοῦ τῶν ἡλεκτρονίων τοῦ μετάλλου, ποὺ ἔχει σὰν ἀποτέλεσμα τὴν θερμικὴν ἐκπομπὴν ἡλεκτρονίων. Τὸ γεγονός αὐτὸν τὸ δυνομάζομε καὶ φαινόμενο Edison.

Λέμε κάθιδος κάθε μεταλλικὸν ἀγωγὸν πού, μὲ δποιοδήποτε τρόπο, χρησιμοποιεῖται γιὰ νὰ ἐκπέμπῃ ἡλεκτρόνια. "Η κάθιδος δηλαδὴ εἶναι μιὰ πηγὴ ἡλεκτρονίων. "Αν τὰ ἡλεκτρόνια ἐκπέμπωνται μὲ θέρμανση τῆς καθέδου, λέμε διτι ἔχομε μιὰ θερμικάθιδο. Γιὰ νὰ μπορῇ ἡ κάθιδος νὰ ἐκπέμπῃ σημαντικὸν πλήθος ἀπὸ ἡλεκτρόνια, πρέπει ἡ θερμοκρασία τῆς νὰ φθάσῃ γύρω στοὺς 1 000 ὥς 2 000 βαθμούς, ἀνάλογα μὲ τὴν σύστασή της. Εἶναι ἀδιάφορο μὲ ποιὸ μέσο θερμαίνομε τὴν κάθιδο. Γενικά, δημοσ., ἡ θέρμανση γίνεται μὲ ἡλεκτρικὸν τρόπο, δηλαδὴ μὲ τὸ ρεῦμα μιᾶς

στήλης ἢ ἄλλης ἡλεκτρικῆς πηγῆς. "Οπως καὶ νὰ ἔχῃ τὸ πράγμα, ἐκεῖνο ποὺ ἔχει σημασία εἶναι δτὶ ἡ κάθοδος πρέπει νὰ θερμαίνεται στὴν κανονικὴ τῆς θερμοκρασία, οὔτε παραπάνω, οὔτε παρα-



Σχ. 8·2 β.

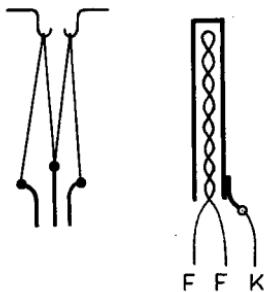
Ἐκπομπὴ ἡλεκτρονίων ἀπὸ ἕνα θερμὸ σύρμα.

κάτω. Διαφορετικὰ ἡ κάθοδος — καὶ δλόκληρη ἢ λυχνία δπου ἀνήκει — δὲν λειτουργεῖ καλὰ καὶ κινδυνεύει νὰ καταστραφῇ. Αὐτὸ σημαίνει δτὶ ἡ ἡλεκτρικὴ πηγὴ ποὺ δίνει τὸ ρεῦμα τῆς θερμάνσεως πρέπει ὅπωσδήποτε νὰ ἔχῃ τὴν κανονικὴ τάση ποὺ ἐπιθάλλει ὁ κατασκευαστής (π.χ. γιὰ μιὰ κάθοδο ποὺ θερμαίνεται κανονικὰ στὰ 6,3 βόλτ, δὲν πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμε πηγὴ θερμάνσεως μὲ τάση μικρότερη ἀπὸ 5,8 βόλτ ἢ μεγαλύτερη ἀπὸ 6,6 βόλτ περίπου). Εἶναι ἀνάγκη, στὴν πράξη, νὰ τὸ ἐλέγχωμε αὐτό. "Οταν μιὰ κάθοδος θερμαίνεται κανονικά, τότε παίρνει συγήθως ἔνα μᾶλλον βαθὺ κόκκινο χρῶμα.

Τύπαρχουν δύο εἴδη καθόδουν: ἀμέσου καὶ ἐμμέσου θερμάνσεως. Μιὰ κάθοδος ἀμέσου θερμάνσεως ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔνα λεπτὸ σύρμα (μεταλλικὸ νῆμα) κατασκευασμένο ἀπὸ βιολφράμιο ἢ φθοριωμένο βιολφράμιο (σχ. 8·2 γ, ἀριστερά). Τὸ ρεῦμα τῆς θερμάνσεως κυκλοφορεῖ μέσα σ' αὐτὸ τὸ ἴδιο τὸ νῆμα τῆς καθόδου. Λυχνίες μὲ καθόδους ἀμέσου θερμάνσεως χρησιμοποιοῦνται στοὺς δέκτες μὲ στήλες. Ἡ θέρμανση γίνεται λοιπὸν μὲ συνεχὲς ρεῦμα. Πραγματικά, ἂν τὸ ρεῦμα θερμάνσεως ἥταν ἐναλλασσόμενο, ἡ θερμοκρασία τῆς καθόδου θὰ ἀνεβοκατέβαινε σύμφωνα μὲ τὶς ἐναλλαγὲς τοῦ ρεύματος. Ἡ θερμικὴ ἐκπομπὴ ἡλεκτρονίων δὲν

Θὰ ἦταν ἔτσι δμαλή καὶ αὐτὸς θὰ ἔδινε μεγάλο θόρυβο στὸ μεγάφωνο. Λυχνίες ἀμέσου θερμάνσεως χρησιμοποιοῦνται καὶ στοὺς πομπούς. Οἱ λυχνίες δημώς ἐκπομπῆς εἰναι μεγάλες καὶ ἡ κάθοδος ἀπὸ σύρμα βολφραμίου γερή καὶ χοντρή. Ἡ θέρμανση μπορεῖ πιὰ νὰ γίνη καὶ μὲ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα. Ἐπειδὴ πραγματικὰ ἡ μάζα καὶ ἡ θερμικὴ χωρητικότητα τῆς καθόδου εἰναι πιὰ ἀρκετὰ μεγάλη, ἡ θερμοκρασία τῆς δὲν παρακολουθεῖ τὶς ἐναλλαγὲς τοῦ ρεύματος καὶ ἡ θερμικὴ ἐκπομπὴ εἰναι ἀρκετὰ δμαλή.

Μιὰ κάθοδος ἐμμέσου θερμάνσεως ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο



Σχ. 8·2γ.

Διάφοροι τύποι καθόδων. Ἀριστερά, ἀμέσου θερμάνσεως, δεξιά, ἐμμέσου θερμάνσεως (F = νῆμα θερμάνσεως, K = κάθοδος).

μέρη: τὸ νῆμα θερμάνσεως καὶ τὸ κύριο μέρος τῆς καθόδου (σχ. 8·2γ, δεξιά). Τὸ νῆμα θερμάνσεως σκοπὸς ἔχει μόνο καὶ μόνο νὰ θερμαίνῃ τὴν κύρια κάθοδο, σὰν ἔνα εἶδος καμινέτου. Δὲν ἔχει σκοπὸς νὰ ἐκπέμπῃ αὐτὸς τὸ ἔδιο ἡλεκτρόνια—καὶ οὕτε τὸ λογαριάζομε καθόλου σὰν ἡλεκτρόδιο τῆς λυχνίας. Τὰ ἡλεκτρόνια τὰ ἐκπέμπει ἡ κύρια κάθοδος, ποὺ ἀπλῶς θερμαίνεται ἀπὸ τὸ νῆμα θερμάνσεως, χωρὶς νὰ ἔχῃ καμιμὰ ἐπαφὴ ἢ σύνδεση μὲ αὐτό. Ἡ κύρια κάθοδος ἀποτελεῖται συνήθως ἀπὸ σχετικὰ λεπτὰ σωλήνα νικελίου, ποὺ εἶναι σκεπασμένος ἀπὸ δξείδια βαρίου καὶ στροντίου (κάθοδος μὲ δξείδια). Τὶς λάμπες ἐμμέσου θερμάνσεως μποροῦμε νὰ τὶς θερμαίνωμε εἴτε μὲ συνεχὲς εἴτε μὲ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα.

Είναι αύτές ποὺ χρησιμοποιοῦμε περισσότερο στις συνήθισμένες ραδιοτεχνικές κατασκευές.

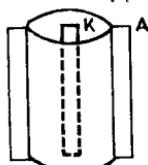
Τὰ ἡλεκτρόνια, ποὺ ἐκπέμπονται ἀπὸ τὴν κάθοδο, μποροῦν νὰ κινηθοῦν ἐλεύθερα μέσα στὸν κενὸ χῶρο τῆς λυχνίας. Καθὼς δημιώς τὰ ἡλεκτρόνια φεύγουν ἀπὸ τὴν κάθοδο, ἀφήνουν πίσω τους θετικὰ ίόντα. "Οσο, λοιπόν, τὰ ἡλεκτρόνια μένουν κοντά στὴν κάθοδο, ἔλκονται ἐλαφρὰ πρὸς αὐτήν. Ἐπὶ πλέον, κάθε νέο ἡλεκτρόνιο ποὺ ἐκπέμπεται εὑρίσκεται μπροστά σὲ ἕνα πλῆθος ἀπὸ ἄλλα ἡλεκτρόνια, ποὺ βγῆκαν ἀπὸ τὴν κάθοδο πρὶν ἀπὸ αὐτό. Ἐπειδὴ τὰ δύωνυμα ἡλεκτρικὰ φορτία τῶν ἡλεκτρονίων ἀπωθοῦνται, τὰ νέα ἡλεκτρόνια συγκεντρώνονται ἀκόμα περισσότερο κοντά στὴν κάθοδο. Τὸ ἀποτέλεσμα εἰναι τὴν κάθοδος νὰ χάνεται μέσα στὸ σύννεφο τῶν ἡλεκτρονίων ποὺ ἐκπέμπει (σχ. 8·2β). Ἀυτὶ γιὰ μιὰ συγκεκριμένη κάθοδο, ἔχομε στὴ θέση τῆς ἕναν ἀκαθόριστο χῶρο γεμάτο ἀπὸ ἀρνητικὰ ἡλεκτρόνια, ἕνα χῶρο ἀρνητικοῦ ἡλεκτρικοῦ φορτίου. "Ετοι, σχηματίζεται αὐτὸ ποὺ λέμε καθοδικὸ χωρικὸ φορτίο (ἀρνητικό).

'Απὸ δύο εἴπαμε, καταλαβαίνομε πόσο σπουδαῖο μέρος μιᾶς λυχνίας εἰναι τὴν κάθοδος. Ἀλλὰ συγχρόνως καὶ πόσο εὔκολα μπορεῖ νὰ καταστραφῇ: τὸ νῆμα θερμάνσεως μπορεῖ νὰ καῆ, ἐνῶ δποιαδήποτε ἀλλοίωση τῆς καθόδου μπορεῖ νὰ ἔξαντλήσῃ τὴν ἵκανότητά της νὰ ἐκπέμπῃ ἀρκετὰ ἡλεκτρόνια. Ὡστόσο, δὲν μποροῦμε νὰ ἀποφύγωμε τὴν ἀλλοίωση καὶ τὴν ἔξαντληση τῆς καθόδου μὲ τὸν καιρό. Ἡ ζωὴ μιᾶς λυχνίας ἔξαρτᾶται κυρίως ἀπὸ αὐτό. "Ετοι, ἂν τὴν καταστροφὴ δὲν γίνῃ ἀπὸ ἄλλη αἰτίᾳ, μιὰ λυχνία μπορεῖ νὰ δουλέψῃ τὸ πολὺ μερικές χιλιάδες ὥρες (περίπου 2 000 ὥρες γιὰ τὶς μεγάλες λυχνίες ἐκπομπῆς, κάπου 5 000 ὥρες στοὺς δέκτες).

8·3 Η δίοδη λυχνία.

'Η ἀνοδος μιᾶς λυχνίας ἀποτελεῖται ἀπὸ μιὰ μεταλλικὴ πλά-

κα, ποὺ παίρνει συνήθως κυλινδρική μορφή (σχ. 8·3 α). Γι' αύτό

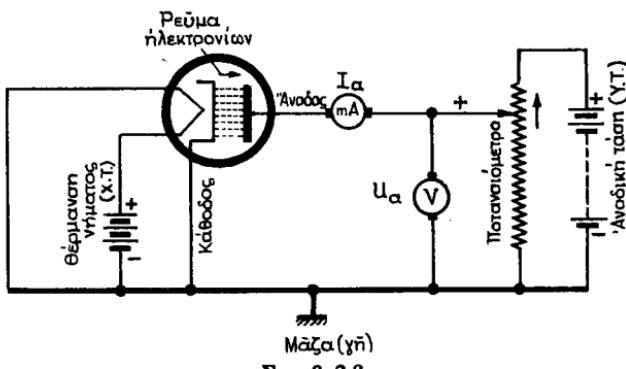


Σχ. 8·3 α.

"Ανοδος (Α) και κάθοδος (Κ) μιᾶς δίοδης λυχνίας.

καὶ ἡ ἀνοδος ὀνομάζεται ἐπίσης καὶ πλάκα (τὴ σημειώνομε μὲ Α = ἀνοδος, ἢ μὲ τὸ λατινικὸ γράμμα P = πλάκα). Κατὰ μῆκος τοῦ ἔξοντος τοῦ κυλίνδρου τῆς ἀνόδου, τοποθετεῖται ἡ κάθοδος (ἀμέσου ἢ ἐμμέσου θερμάνσεως). Σχηματίζεται ἔτσι ἡ ἀπλούστερη ηλεκτρονική λυχνία: ἡ δίοδη.

Τὸ σχῆμα 8·3 β δείχνει μὲ ποιὸ τρόπο συνδεσμολογεῖται



Σχ. 8·3 β.

Συνδεσμολογία μιᾶς δίοδης λυχνίας.

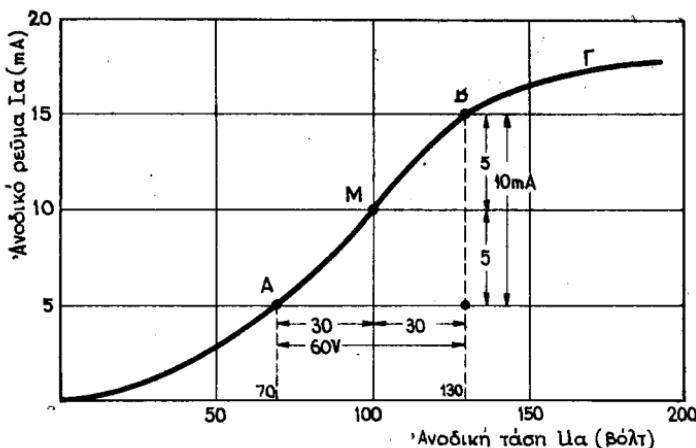
μιὰ δίοδη λυχνία πρὸς τὶς πηγὲς ποὺ τὴν τροφοδοτοῦν (ἡλεκτρικὲς στῆλες ἢ δρόμοι εσόδηποτε ἄλλες πηγές). Τὸ νῆμα θερμάνσεως τροφοδοτεῖται συνήθως ἀπὸ μιὰ πηγὴν χαμηλῆς τάσεως, π.χ. 6,3 V. Τὴν πηγὴν χαμηλῆς τάσεως τὴ σημειώνομε μὲ Χ.Τ. ἢ B.T. (Basse Tension) ἢ L.V. (Low Voltage). Ή ἀνοδος τροφοδοτεῖται ἀπὸ μιὰ πηγὴν ύψηλῆς τάσεως (Υ.Τ. ἢ H.T.=Haute Ten-

sion ή H.V. = High Voltage), ἀρκετὲς δεκάδες ή ἑκατοντάδες βόλτ. Τὸ ποτανισόμετρο, ποὺ φαίνεται στὸ σχῆμα, χρησιμεύει γιὰ νὰ μποροῦμε νὰ μεταβάλωμε, ἀν θέλωμε, τὴν τάση τῆς ἀνόδου. Τὸ ρεῦμα καὶ ἡ τάση τῆς ἀνόδου μποροῦν νὰ μετροῦνται μὲ ἔνα μιλλιαμπερόμετρο καὶ ἔνα βολτόμετρο. Οἱ τάσεις (ἢ δυναμικὰ) μετροῦνται, ὅπως εἰπαμε, ὡς πρὸς τὴν κάθοδο (ἢ ὡς πρὸς τὸν ἀρνητικὸ πόλο τῆς πηγῆς θερμάνσεως, ἀν ἡ κάθοδος εἰναι ἀμέσου θερμάνσεως). Οἱ κόμβοις ποὺ σχηματίζεται στὸ παράδειγμά μας, ἀπὸ τὴν κάθοδο καὶ τοὺς ἀρνητικοὺς πόλους τῶν πηγῶν, ἐνώνεται στὸ μεταλλικὸ σκελετὸ ποὺ πάνω του ἔχει πραγματοποιηθῆ ὅλη ἡ συνδεσμολογία (τὸ σασί). Τὸ σασί μπορεῖ, μὲ τὴ σειρά του, νὰ ἔχῃ συνδεθῆ μὲ μιὰ προσγείωση (μὲ τὴ γῆ), μπορεῖ δημοσίας καὶ νὰ μὴν ἔχῃ προσγειωθῆ. Ἀνεξάρτητα ἀπὸ αὐτό, τὸ σασί (καθὼς καὶ κάθε ἀγωγὸ ποὺ ἐνώνεται μὲ αὐτὸ) τὸ δυνομάζομε γενικὰ «μάζα» ἢ «γῆ» καὶ τὸ σημειώνομε στὰ σχέδια μὲ τὸ σύμβολο ποὺ φαίνεται στὸ σχῆμα 8·3β.

Ἄς φαντασθοῦμε δτι κινοῦμε τὸν δρομέα (μεσαῖο σημεῖο) τοῦ ποτανισόμετρου ἀπὸ κάτω πρὸς τὰ ἐπάνω, ὅπως δείχνει τὸ βέλος (σχ. 8·3β). Η τάση τῆς ἀνόδου (ἢ ἀνοδικὴ τάση) αὐξάνει τότε ἀπὸ μικρότερες πρὸς μεγαλύτερες τιμές. Ασχετα δημοσίας ἀπὸ αὐτό, ἡ ἀνοδος μένει πάντοτε, στὸ παράδειγμά μας, ἐνωμένη μὲ τὸ θετικὸ πόλο τῆς πηγῆς ποὺ τὴν τροφοδοτεῖ, ἔχει δηλαδὴ θετικὸ δυναμικὸ ὡς πρὸς τὴν κάθοδο. Εξ ἀλλου, τὰ ἡλεκτρόνια, ποὺ ἐκπέμπονται ἀπὸ τὴν κάθοδο, ἔχουν ἀρνητικὸ ἡλεκτρισμό. Επομένως, τὰ ἡλεκτρόνια ἔλκονται πρὸς τὴν ἀνοδο καὶ ἀναγκάζονται νὰ κινηθοῦν πρὸς αὐτή. Δημιουργεῖται ἔτσι ἔνα ρεῦμα ἡλεκτρονίων ἀπὸ τὴν κάθοδο πρὸς τὴν ἀνοδο, ἔνα ἀλγθινὸ ἡλεκτρικὸ ρεῦμα μέσα ἀπὸ τὸν κενὸ χῶρο τῆς λυχνίας. Τὸ ρεῦμα αὐτὸ τὸ δυνομάζομε ἀνοδικὸ ρεῦμα (ἢ ρεῦμα πλάκας). Φυσικά, τὰ ἡλεκτρόνια ποὺ φθάνουν καὶ κτυποῦν πάνω στὴν ἀνοδο συνεχίζουν τὸ δρόμο τους μέσα ἀπὸ τοὺς ἀγωγοὺς τῆς συνδεσμολογί-

ας πρὸς τὴν πηγὴν τῆς ἀνοδικῆς τάσεως. Συγχρόνως γὰρ κάθοδος ἐκπέμπει διαρκῶς καὶ καινούργια ἡλεκτρόνια. Ἐτοι, συντηρεῖται τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα σὰν ἔνα συνεχὲς ρεῦμα. Ἡ φορά του, γὰρ πραγματικὴ φορὰ τῶν ἡλεκτρονίων ποὺ τὸ σχηματίζουν, κατευθύνεται ἀπὸ τὴν κάθοδο πρὸς τὴν ἀνοδο (ἀπὸ τὸ πλήν — πρὸς τὸ σύν +). Ἡ συμβατική του φορὰ (δηλαδὴ γὰρ φεύτικη κατεύθυνση, ποὺ χρησιμοποιοῦμε ἀπὸ συνήθεια στὸν ἡλεκτρισμὸ) εἶναι ἀντίθετη: ἀπὸ τὴν ἀνοδο πρὸς τὴν κάθοδο (ἀπὸ τὸ + πρὸς τὸ —).

Τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα ἔξαρταται ἀπὸ τὴν ἀνοδικὴν τάση. Ὅσο αὐξάνομε τὴν ἀνοδικὴν τάση, κινώντας τὸ δρομέα τοῦ ποτανισιομέτρου πρὸς τὰ πάνω, τόσο τὸ μιλλιαμπερόμετρο δείχνει περισσότερο ἀνοδικὸ ρεῦμα. Ἀν σημειώσωμε τὶς ἀντίστοιχες ἀναγνώσεις τοῦ βολτόμετρου καὶ τοῦ ἀμπερομέτρου, μποροῦμε νὰ χαράξωμε τὴν καμπύλη τοῦ σχήματος 8·3 γ. Τὴν καμπύλη αὗτὴ τὴν ὀνομάζομε χαρακτηριστικὴ τῆς δίοδης λυχνίας.



Σχ. 8·3 γ.
Χαρακτηριστικὴ μιᾶς δίοδης λυχνίας.

Πάνω στὴ χαρακτηριστικὴ καμπύλη, μποροῦμε νὰ ξεχωρίσωμε τρία τμῆματα: τὰ OA, AB, καὶ BG. Στὸ πρῶτο τμῆμα OA,

τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα αὐξάνει σιγὰ ὅσο νὴ ἀνοδικὴ τάση μεγαλώνει. Τὰ ἡλεκτρόνια, ποὺ κινοῦνται πρὸς τὴν ἄνοδο, προέρχονται ἀπὸ τὸ καθοδικὸ χωρικὸ φορτίο, ποὺ περιβάλλει τὴν κάθοδο, καὶ ὅχι ἀπ' εὐθείας ἀπὸ τὴν κάθοδο. "Οπως ἔρομε, τὸ καθοδικὸ χωρικὸ φορτίο ἀπωθεῖ πρὸς τὰ ὅπισω τὰ ἡλεκτρόνια ποδὲ ἐκπέμπονται ἀπὸ τὴν κάθοδο, νὴ ἀπωση ὅμως αὐτὴ ἔξουδετερώνεται ἀπὸ τὴν ἔλξη τῆς θετικῆς ἀνόδου. Πάντως, τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα περιορίζεται ἀπὸ τὴν ὑπαρξή τοῦ καθοδικοῦ χωρικοῦ φορτίου.

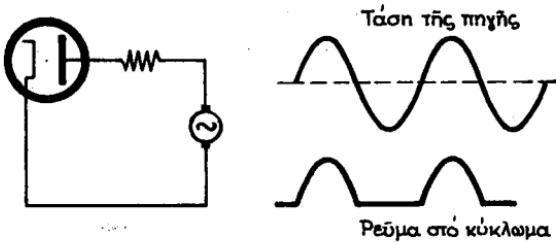
"Οταν νὴ ἀνοδικὴ τάση γίνη κάπως ὑψηλότερη, τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα αὐξάνει πιὸ γρήγορα. Περνοῦμε ἔτσι στὸ δεύτερο τμῆμα AB τῆς χαρακτηριστικῆς. Τὸ τμῆμα αὐτὸ εἶναι σχεδὸν εὐθύγραμμο, ἐνῶ τὸ πρῶτο κομμάτι OA εἶναι φανερὰ καμπύλο. Τὸ ἀνοδικὸ ὅμως ρεῦμα ἔξακολουθεῖ καὶ ἐδὼ νὰ περιορίζεται ἀπὸ τὸ καθοδικὸ χωρικὸ φορτίο.

Προχωρώντας πρὸς τὸ σημεῖο B καὶ πέρα ἀπ' αὐτὸ πρὸς τὸ Γ, βρίσκομε τὸ καμπύλο πάλι τμῆμα BG. Τώρα τὸ ρεῦμα αὐξάνει πιὰ ἐλάχιστα, ὅσο καὶ ἀν μεγαλώσωμε τὴν ἀνοδικὴ τάση. Αὐτὸ συμβαίνει, γιατὶ νὴ ἀνοδικὴ τάση εἶναι τώρα τόσο μεγάλη, ώστε δλα τὰ ἡλεκτρόνια ποὺ βγαίνουν ἀπὸ τὴν κάθοδο παίρνουν ἀπ' εὐθείας τὸ δρόμο πρὸς τὴν ἄνοδο. Ή κάθοδος δὲν προφθάνει πιὰ νὰ δίνῃ περισσότερα ἡλεκτρόνια, ἔστω καὶ ἀν αὐξάνωμε διαρκῶς τὴν ἀνοδικὴ τάση. Τὸ ρεῦμα περιορίζεται τώρα ὅχι ἀπὸ τὸ καθοδικὸ χωρικὸ φορτίο, ἀλλὰ ἀπὸ τὴν ἡλεκτρονικὴ ἐκπομπὴ τῆς καθόδου. Στὴν κατάσταση αὐτή, λέμε δτι εὑρισκόμαστε σὲ συνθῆκες κόρουν. Τὸ ρεῦμα κόρου εἶναι τὸ μεγαλύτερο ρεῦμα ποὺ μπορεῖ νὰ δώσῃ νὴ λυχνία, ἀνεξάρτητα ἀπὸ τὴν ἀνοδικὴ τάση. Ή τιμή του καθορίζεται ἀπὸ τὴ σύσταση καὶ τὴ θερμοκρασία τῆς καθόδου. Σὲ κανονικὲς συνθῆκες μόνιμης λειτουργίας, νὴ λυχνία πρέπει νὰ δουλεύῃ ἀρκετὰ μακριὰ ἀπὸ τὴν κατάσταση κόρου.

8.4 Χρησιμοποίηση, έσωτερη άντεσταση και ίσχυς της δύο δης λυχνίας.

Όλα αυτά είναι άληθινά δσο ή άνοδος εύρισκεται ένωμένη μὲ τὸ θετικὸ πόλο τῆς πηγῆς ποὺ τὴν τροφοδοτεῖ. Υπάρχει τότε τὸ άνοδικὸ ρεῦμα, γιὰ τὸ δόποιο μιλήσαμε. Τι θὰ γίνη ὅμως, ἐν ἀντιστρέψωμε τοὺς πόλους τῆς πηγῆς ὑψηλῆς τάσεως; Τότε προφανῶς η ἄνοδος θὰ είναι ἀρνητικὴ ὡς πρὸς τὴν κάθοδο. Τὰ γῆλεκτρόνια τοῦ χωρικοῦ φορτίου, ἀντὶ νὰ ἔλκωνται πρὸς τὴν ἄνοδο, θὰ ἀπωθοῦνται τώρα πρὸς τὴν κάθοδο. Δὲν θὰ ὑπάρχῃ, λοιπόν, άνοδικὸ ρεῦμα.

Ωστε, τὸ άνοδικὸ ρεῦμα μπορεῖ νὰ κυκλοφορῇ πρὸς μία μόνο κατεύθυνση: ἀπὸ τὴν κάθοδο πρὸς τὴν ἄνοδο (γιὰ τὴν πραγματικὴ φορὰ τῶν γῆλεκτρονίων). Η δύοδη λυχνία λειτουργεῖ ἔτσι ὡς πρὸς τὸ ρεῦμα σὰν ἔνας βαλβίδας, μιὰς βαλβίδας ποὺ ἀνοίγει πρὸς τὴν μία μόνο κατεύθυνση, ὅχι καὶ πρὸς τὴν ἄλλη. Η ἰδιότητα αὐτὴ τῆς δύοδης λυχνίας είναι βασική. Γιὰ νὰ καταλάβωμε τὴν σημασία της, ἀς φαντασθοῦμε ὅτι η ἄνοδος ἔχει συνδεθῆ πρὸς μιὰ πηγὴ ἐναλλασσομένου ρεύματος (σχ. 8.4 α.). "Οσο η τάση τῆς



Σχ. 8.4 α.

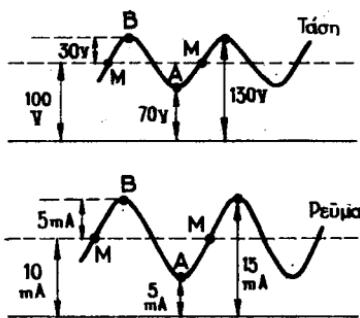
Ανόρθωση ἐναλλασσομένου ρεύματος.
(Τὸ κύκλωμα θερμάνσεως τῆς λυχνίας ἔχει παραλειφθῆ).

πηγῆς είναι θετική, η λυχνία είναι ἀγώγιμη καὶ τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ρεῦμα. Κατὰ τὴν ἀρνητικὴ ὅμως ἐναλλαγὴ τῆς τάσεως, η λυχνία ισοδυναμεῖ μὲ διακοπὴ καὶ τὸ ρεῦμα μηδενίζεται. Τὸ κύκλωμα, λοιπόν, διαρρέεται ἀπὸ ἕνα ρεῦμα ποὺ δὲν είναι

έναλλασσόμενο, όλλα δύοτελεῖται από θετικές μόνο έναλλαγές, πρὸς μία μόνο κατεύθυνση. Ή λειτουργία αὐτή τῆς δίοδης λυχνίας λέγεται άνόρθωση ή φώραση. Μιλοῦμε γιὰ άνόρθωση, όταν η πηγὴ έχῃ χαμηλή ή βιομηχανική συχνότητα Δέμε φώραση, όταν πρόκειται γιὰ εἰδικὰ κυκλώματα διφηλῆς συχνότητας. Θὰ μάθωμε ἀργότερα πιὸ πολλὰ γι' αὐτὲς τὶς λειτουργίες. Θὰ προσθέσωμε μόνο ἔδω ότι, ἂν στὸ κύκλωμα τῆς λυχνίας παρεμβάλωμε ἕνα κατάλληλο φίλτρο, τὸ κυματοειδὲς ἀνορθωμένο ρεῦμα μπορεῖ νὰ γίνῃ πρακτικὰ ἐντελῶς συνεχὲς (ὅπως τὸ ρεῦμα μιᾶς στήλης). Ή δίοδη λυχνία μπορεῖ, λοιπόν, νὰ μετατρέπη τὸ έναλλασσόμενο ρεῦμα σὲ συνεχές.

Όπως και νὰ έχῃ τὸ πράγμα, όταν μιὰ δίοδη λυχνία έχῃ συνδεθῆ σὲ ἕνα κύκλωμα ποὺ διαρρέεται απὸ ἕνα ρεῦμα, ή λυχνία ἰσοδύναμεῖ μὲ μιὰ ἀντίσταση. Άς υποθέσωμε, ότι η ἀνοδικὴ τάση εἶναι συνεχής (σχ. 8·3 β) και δὲς βροῦμε πόση εἶναι η ἰσοδύναμη ἀντίσταση τῆς λυχνίας. Στὸ σημεῖο A τῆς χαρακτηριστικῆς (σχ. 8·3 γ), η τάση εἶναι 70 βόλτα και τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα 5 mA. Άρα, η ἰσοδύναμη ἀντίσταση εἶναι τάση/ρεῦμα = $70/0,005 = 14\,000\ \Omega$. Στὸ σημεῖο M εὑρίσκομε, μὲ τὸν ἵδιο τρόπο, μιὰ ἰσοδύναμη ἀντίσταση $100/0,010 = 10\,000\ \Omega$. Και στὸ σημεῖο B $130/0,015 = 8\,700\ \Omega$. Δὲν ὑπάρχει λοιπὸν μία ἰσοδύναμη ἀντίσταση τῆς λυχνίας στὸ συνεχὲς ρεῦμα· ὑπάρχουν πολλές. Σὲ κάθε ἀνοδικὴ τάση έχομε και μιὰ διαφορετικὴ ἰσοδύναμη ἀντίσταση, δηλαδὴ διαφορετικὴ τιμὴ τοῦ λόγου τάση/ρεῦμα. Ό λόγος αὐτὸς δὲν εἶναι γιὰ τὴ λυχνία σταθερός, ἐνῶ γιὰ μιὰ συνηθισμένη ώμικὴ ἀντίσταση μένει σταθερός, σύμφωνα μὲ τὸ νόμο τοῦ "Ωμ. Τὸ συμπέρασμα εἶναι, ότι μιὰ ἡλεκτρονικὴ λυχνία δὲν ἀκολουθεῖ τὸ νόμο τοῦ "Ωμ. Γιὰ τὸν λόγον αὐτό, τὶς ἡλεκτρονικὲς λυχνίες τὶς λέμε μὴ ώμικὰ στοιχεῖα. Τὶς λέμε ἐπίσης μὴ γραμμικὰ στοιχεῖα και τοῦτο γιατὶ η χαρακτηριστικὴ τοῦ σχήματος 8·3 γ δὲν εἶναι μιὰ εὐθεία γραμμή, ἀφοῦ δὲ λόγος τάση/ρεῦμα δὲν εἶναι σταθερός.

Αύτά για τὴν ἴσοδύναμη ἀντίσταση στὸ συνεχὲς ρεῦμα. "Ας ὑποθέσωμε δῆμως τώρα, δτὶ ἐφαρμόζομε στὴν ἄνοδο μιὰ συνεχὴ τάση 100 βόλτ (σημεῖο M τῆς χαρακτηριστικῆς) καὶ δτὶ πάνω στὴ συνεχὴ αὐτὴ τάση ἐφαρμόζομε καὶ μιὰ δεύτερη ἐναλλασσόμενη τάση. "Αν τὸ πλάτος τῆς ἐναλλασσομένης τάσεως εἰναι 30 βόλτ, τότε ἡ συνολικὴ ἀνοδικὴ τάση θὰ μεταβάλλεται ἀπὸ 100 — 30 = 70 μέχρι $100 + 30 = 130$ βόλτ (σχ. 8·4β). Στὰ 70 V (σημεῖο A τῆς χαρακτηριστικῆς, σχ. 8·3γ) ἀντιστοιχεῖ ρεῦμα 5 mA, ἐνῶ στὰ 130 V (σημεῖο B) ἀντιστοιχοῦν 15 mA. Τὸ ρεῦμα θὰ μεταβάλλεται λοιπὸν ἀπὸ 5 μέχρι 15 mA καὶ τὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα στὸ κύκλωμα θὰ ἔχῃ πλάτος τὸ μισὸ τῆς διαφορᾶς $15 - 5$, δηλαδὴ $(1/2) \cdot 10 = 5$ mA (σχ. 8·4β) (βλ. καὶ παρ.



Σχ. 8·4β.

Ἐσωτερικὴ ἀντίσταση (στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα).
Τὸ σχῆμα μπορεῖ νὰ συγχριθῇ μὲ τὸ σχ. 8·3γ.

2·7). "Αν διαιρέσωμε τὴν ἐναλλασσόμενη τάση (30 V) μὲ τὸ ἀντίστοιχο ἐναλλασσόμενο ρεῦμα (5 mA), εὑρίσκομε μιὰ ἀντίσταση $30/0,005 = 6\,000$ Ω. Αύτὴ εἰναι ἡ ἴσοδύναμη ἀντίσταση τῆς λυχνίας στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα. Τὴν λέμε ἐσωτερικὴ ἀντίσταση τῆς λυχνίας καὶ τὴ σημειώνομε μὲ τὸ γράμμα r . 'Η ἐσωτερικὴ ἀντίσταση (στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα) εἰναι πρακτικὰ σταθερή, δηλαδὴ δὲν ἔξαρταται ἀπὸ τὴν ἐναλλασσόμενη ἀνοδι-

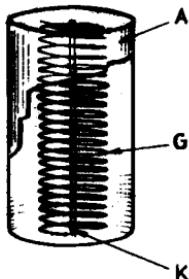
κή τάση, ύπό τὸν δρόμως δτι ή ἐναλλασσόμενη τάση εἶναι ἀρκετὰ μικρὴ (στὸ παράδειγμά μας, μικρότερη ἀπὸ 30 V πλάτος, σὲ τρόπο, ώστε η λυχνία νὰ δουλεύῃ στὸ εὐθύγραμμο τμῆμα AB τῆς χαρακτηριστικῆς της). Στὴν πράξη χρησιμοποιοῦμε μόνο τὴν ἐσωτερικὴν ἀντίσταση ρ στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα (καὶ ὅχι τὴν ισοδύναμην ἀντίσταση στὸ συνεχές ρεῦμα). Ἐπειδὴ η ἐσωτερικὴ ἀντίσταση ρ δρίζεται στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, τῇ λέμε καὶ δυναμικὴ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση τῆς λυχνίας.

Παρ’ ὅλο δτι η λυχνία δὲν εἶναι μιὰ συνηθισμένη ώμικη ἀντίσταση, προβάλλει ὡστόσο μιὰ ἀντίσταση στὸ ρεῦμα καὶ καταγαλώνει μιὰ δρισμένη ἰσχύ. Ἀπόδειξη εἶναι δτι η λυχνία, δταν δουλεύῃ, ζεσταίνεται. Αὐτὸ τὸ καταλαβαίνομε, ἂν σκεψθοῦμε μὲ τὸν ἔξτης τρόπο: ‘Η θετικὴ ἀνοδος ἔλκει τὰ ἡλεκτρόνια καὶ τὰ ἐπιταχύνει πρὸς αὐτή. Τὰ ἡλεκτρόνια ἀποκτοῦν μιὰ κινητικὴ ἐνέργεια. Ὁταν φθάσουν στὴν ἀνοδο, τὰ ἡλεκτρόνια κτυποῦν πάνω σ’ αὐτή καὶ η κινητική τους ἐνέργεια μετατρέπεται σὲ θερμότητα. Η ἡλεκτρικὴ ἰσχύς, ποὺ μετατρέπεται στὴν ἀνοδο σὲ θερμότητα, ισούται μὲ τὸ γινόμενο τῆς ἀνοδικῆς τάσεως ὡπὶ τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα ($U_a \cdot I_a$). Η ἰσχὺς αὐτὴ ὀνομάζεται ἀνοδικὴ κατανάλωση. Ὁταν χρησιμοποιοῦμε μιὰ λυχνία, πρέπει νὰ προσέχωμε νὰ μὴ ξεπερνοῦμε ποτὲ τὴν ἀνοδικὴν κατανάλωση, ποὺ καθορίζει δικασμενή της.

8·5 Ἡ τρίοδη λυχνία.

‘Αν στὴ δίοδη λυχνία, προσθέσωμε ἀνάμεσα στὴν κάθοδο καὶ στὴν ἀνοδο, ἵνα τρίτο ἡλεκτρόδιο (τὸ πλέγμα) σχηματίζομε μιὰ τρίοδη λυχνία. Τὸ πλέγμα κατασκευάζεται συχνὰ ἀπὸ ἕνα λεπτὸ μεταλλικὸ σύρμα τυλιγμένο σὲ ἔλικα γύρω ἀπὸ τὴν κάθοδο, χωρὶς μεταλλικὴ ἐπαφὴ οὔτε μὲ τὴν κάθοδο οὔτε μὲ τὴν ἀνοδο (σχ. 8·5 α), μπορεῖ δμως νὰ πάρῃ καὶ διάφορες διλλεις μορφές. Χρησιμεύει, δμως θὰ δοῦμε ἀμέσως, γιὰ τὸν ἔλεγχο (τὴν ρύθμιση)

τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος τῆς λυχνίας. Ή καταπληκτικὴ ἀνάπτυξη τῆς ραδιοτεχνίας καὶ τῶν ὑλεκτρονικῶν κατὰ τὰ τελευταῖα χρόνια ἔκεινα οὐσιαστικὰ ἀπὸ τὴν ἀνακάλυψη αὐτῆς τῆς ρυθμιστικῆς ἐνεργείας τοῦ πλέγματος (Lee de Forest, 1906).



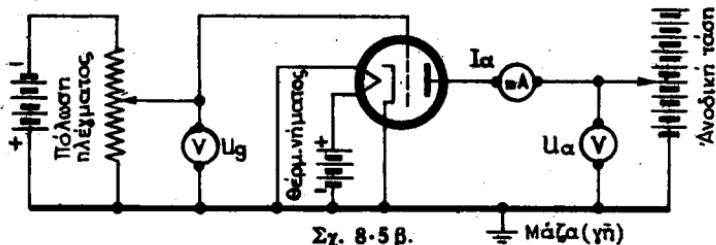
Σχ. 8·5 α.

A = ἄνοδος (κυλινδρική), K = κάθοδος, G = πλέγμα.

Ἡ ἔντονη ρυθμιστικὴ ἴκανότητα τοῦ πλέγματος διφείλεται οὐσιαστικὰ στὸ δτὶ τὸ πλέγμα εὑρίσκεται τοποθετημένο κοντύτερα στὴν κάθοδο ἀπὸ δ., τι ἡ ἄνοδος. Ἀρα, ἡ τάση (τὸ δυναμικὸ) τοῦ πλέγματος θὰ ἐπηρεάσῃ τὸ ρεῦμα τῆς λυχνίας περισσότερο ἀπὸ δ., τι ἡ ἀνοδικὴ τάση. Ἀν τὸ πλέγμα ἔχῃ θετικὴ τάση ὡς πρὸς τὴν κάθοδο, τότε θὰ ἔλκῃ καὶ αὐτό, ὅπως καὶ ἡ ἄνοδος, τὰ ὑλεκρόνια τοῦ καθοδικοῦ χωρικοῦ φορτίου καὶ τὸ ρεῦμα θὰ γίνεται πολὺ μεγαλύτερο. Ἀν, ἀντίθετα, τὸ πλέγμα εἰναι ἀρνητικό, τότε θὰ ἀπωθῇ τὰ ὑλεκτρόνια καὶ τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα θὰ μικραίνη. Συνήθως εὑρίσκομαστε στὴ δεύτερη περίπτωση, δηλαδὴ τὸ δυναμικὸ (ἡ τάση) τοῦ πλέγματος ὡς πρὸς τὴν κάθοδο εἰναι ἀρνητικὸ (ἐκτὸς ἀπὸ δρισμένες ἔξαιρετικὲς περιπτώσεις). Αὐτὸ δὲν ἐλαττώνει βέβαια καθόλου τὴν ρυθμιστικὴ ἴκανότητα τοῦ πλέγματος· τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα παραμένει ἔξαιρετικὰ εὐαίσθητο σὲ κάθε μεταβολὴ τῆς τάσεως τοῦ πλέγματος.

Γιὰ νὰ μελετήσωμε καλύτερα τὸ ρεῦμα τῆς λυχνίας, κάνομε τὴ συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 8·5 β. Ἡ συνδεσμολογία εἰναι

η ίδια μὲ έκείνη ποὺ εἰδόμεις γιὰ τὴ δίοδη λυχνία (σχ. 8·3 β), μόνο ποὺ τώρα προστίθεται τὸ κύκλωμα τοῦ πλέγματος, ποὺ ἐδῶ ἀποτελεῖται ἀπὸ μιὰ στήλη (ἢ ἄλλη πηγὴ) καὶ ἕνα ποτανιόμετρο. Δίνομε ἔτσι στὸ πλέγμα μιὰ συνεχὴ ἀρνητικὴ τάση, ποὺ μποροῦμε νὰ μεταβάλωμε τὴν τιμὴ της. Η συνεχῆς αὐτὴ τάση δύνομά ἔται εἰδικότερα πόλωση τοῦ πλέγματος.



Σχ. 8·5 β. Συνδεσμολογία μιᾶς τρίτης λυχνίας.

Δίνομε στὴν πόλωση τοῦ πλέγματος μιὰ δρισμένη τιμὴ, π.χ. μηδὲν βόλτ (δρομέας τοῦ ποτανιόμετρου πλέγματος ἐντελῶς πρὸς τὰ κάτω, στὴ «γῆ», δηλαδὴ στὴ περίπτωσή μας σὲ ἔνωση μὲ τὴν κάθοδο). Αφήνομε τὴν πόλωση αὐτὴ σταθερὴ καὶ μετροῦμε τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα γιὰ διαφορες τιμὲς τῆς ἀνοδικῆς τάσεως (διπλῶς σὲ μιὰ δίοδη). Μποροῦμε τότε νὰ χαράξωμε τὴν καμπύλη ποὺ εἶναι σημειωμένη μὲ $U_g = 0$ στὸ σχῆμα 8·5 γ. Υστερα, ἀνεβάζομε λίγο τὸν δρομέα τοῦ ποτανιόμετρου πλέγματος, ὥστε νὰ δώσωμε στὸ πλέγμα μιὰ ἄλλη πόλωση, π.χ. $U_g = -2$ βόλτ, ποὺ τὴν κρατοῦμε πάλι σταθερή. Χαράζομε τότε τὴν καμπύλη $U_g = -2 \text{ V}$ τοῦ σχήματος 8·5 γ. Μὲ τὸν ίδιο τρόπο χαράζομε καὶ τὶς ἄλλες καμπύλες $U_g = -4 \text{ V}, -6 \text{ V}, \dots$

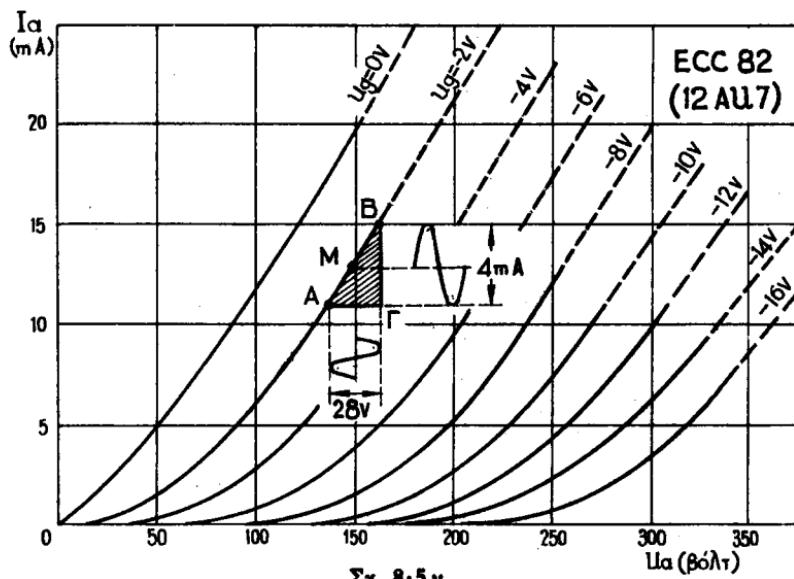
Παίρνομε ἔτσι μιὰ οἰκογένεια, ἕνα σμήνος, ἀπὸ καμπύλες (U_a, I_a), ποὺ κάθε μιὰ τους ἀντιστοιχεῖ σὲ μιὰ σταθερὴ πόλωση U_g . Αὕτη εἶναι τὸ σμήνος τῶν χαρακτηριστικῶν ἀνόδου ἢ σμήνος (U_a, I_a). Οἱ καμπύλες τοῦ σμήνους εἶναι σχετικὰ δμοιες μεταξύ τους, μὲ τὴ διαφορὰ δτὶ αὐτὲς ποὺ ἀντιστοιχοῦν σὲ ἀρνητι-

κότερες πολώσεις πλέγματος, ἀρα καὶ σὲ μεγαλύτερες ἀνοδικές τάσεις γιὰ τὸ ἕδιο ρεῦμα, εἶναι μετατοπισμένες πρὸς τὰ δεξιά. Ἔτσι, ἡ καμπύλη $U_g = -4\text{ V}$ εἶναι δεξιότερα ἀπὸ τὴν καμπύλη $U_g = -2\text{ V}$. Οἱ καμπύλες αὐτὲς μοιάζουν ἀλλωστε μὲ τὶς χαρακτηριστικὲς τῆς διόδης λυχνίας (σχ. 8·3γ). Ὑπάρχει δηλαδὴ καὶ ἐδῶ ἔνα καμπύλο τμῆμα πρὸς τὰ κάτω μέρος κάθε χαρακτηριστικῆς (πρὸς τὰ μικρὰ ρεύματα), ἔνα σχεδὸν εὐθύγραμμο τμῆμα στὸ μέσο καὶ ἔνα ἀλλο καμπύλο τμῆμα πρὸς τὰ μεγάλα ρεύματα (τὸ τελευταῖο δὲν φαίνεται στὸ σχῆμα). Ἡ καμπύλωση τοῦ τρίτου αὐτοῦ τμήματος διφείλεται στὸν κόρο τῆς λυχνίας. Δηλαδὴ, ὅπως καὶ στὴ διόδη, ἡ κάθοδος δὲν προφθάνει πιὰ νὰ ἐκπέμπῃ περισσότερα ἥλεκτρόνια καὶ τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα αὔξανει τότε ἐλάχιστα, δοσο καὶ ἀν αὐξήσωμε τὴν ἀνοδικὴ τάση.

“Οσον ἀφορᾶ στὴν πηγὴ ποὺ τροφοδοτεῖ τὴν ἀνοδο, ἡ τρίοδη λυχνία ἰσοδυναμεῖ καὶ πάλι μὲ μιὰ ἀντίσταση. Ἡ ἰσοδύναμη ἀντίσταση στὸ συνεχὲς ρεῦμα δὲν χρησιμεύει, ὅπως καὶ γιὰ τὴ διόδη, παρὰ γιὰ μᾶς δεῖξῃ ὅτι καὶ ἡ τρίοδη εἶναι ἔνα μὴ ὀμικὸ στοιχεῖο. Στὴν πράξη χρησιμοποιεῖται καὶ ἐδῶ μόνο ἡ δυναμικὴ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση τῆς λυχνίας στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα. Γιὰ νὰ τὴ βροῦμε, ἀς ὑποθέσωμε ὅτι ἡ ἀνοδος τροφοδοτεῖται μὲ συνεχὴ τάση 150 βόλτ (σημεῖο M τῆς χαρακτηριστικῆς $U_g = -2\text{ V}$, σχ. 8·5γ). Πάνω σ' αὐτὴ τὴ συνεχὴ τάση, προσθέτομε μιὰ ἐναλλασσόμενη τάση, ποὺ ἡ τιμὴ τῆς ἀπὸ κορυφὴ σὲ κορυφὴ εἶναι 28 βόλτ. Στὴν ἐναλλασσόμενη τάση, ἀντιστοιχεῖ ἔνα ἐναλλασσόμενο μέρος τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος μὲ τιμὴ 4 mA ἀπὸ κορυφὴ σὲ κορυφὴ (ἡ τιμὴ ἀπὸ κορυφὴ σὲ κορυφὴ εἶναι διπλάσια ἀπὸ τὸ πλάτος τοῦ ἐναλλασσομένου μεγέθους, βλ. καὶ παρ 2·7). Αὐτὰ φαίνονται πολὺ καθαρὰ στὸ σχῆμα 8·5γ. Ἀν διαιρέσωμε αὐτὲς τὶς ἐναλλασσόμενες τιμὲς τάσεως καὶ ρεύματος, θὰ βροῦμε βέβαια τὴ δυναμικὴ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση τῆς λυχνίας. Στὸ παράδειγμά μας εὑρίσκομε $\rho = 28/0,004 = 7\,000 \Omega$. Συνήθως ἡ ἐσωτερικὴ

άντισταση σημειώνεται μὲρος ρ , ἄλλοι δημοφούς τὴν γράφουν μὲρος R_A ή R_P .

Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση μιᾶς δρισμένης τρίοδης λυχνίας δὲν εἶναι ἐντελῶς σταθερή. Γιὰ μικρὰ ἀνοδικὰ ρεύματα εἶναι κάπως μεγαλύτερη, ἐνῶ γιὰ κανονικὰ ἀνοδικὰ ρεύματα εἶναι λίγο μικρότερη. Στὴν πρόσεξη, αὐτὸς δὲν ἔχει συνήθως σημασία: ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση τῆς λυχνίας μπορεῖ νὰ θεωρήται σταθερή.



Σχ. 8·5 γ.

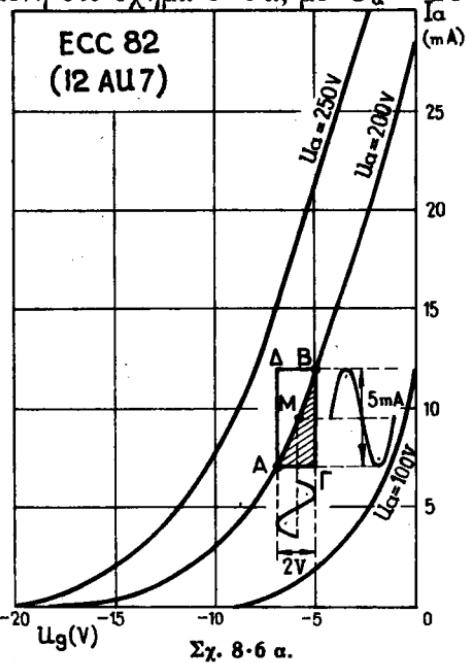
Χαρακτηριστικές ἀνόδου (U_a , I_a) μιᾶς τρίοδης λυχνίας (τῆς ECC82, ή 12AU7).

Οἱ διάφορες τρίοδες λυχνίες ἔχουν συνήθως ἐσωτερικὲς ἀντίστασεις, ποὺ κυμαίνονται ἀνάμεσα σὲ μερικὰ $k\Omega$ καὶ μερικὲς δεκάδες $k\Omega$.

8·6 Συντελεστής ένισχύσεως (μ).

" Ας ξαναγυρίσωμε στὴ συνδεσμολογίᾳ τοῦ σχήματος 8·5 β. Καθορίζομε μιὰ δρισμένη ἀνοδικὴ τάση, π.χ. $U_a = 100$ βόλτα, ποὺ τὴν κρατοῦμε στὴ συνέχεια σταθερή. " Αν μεταβάλωμε τὴν

πδλωση τοῦ πλέγματος, τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα μεταβάλλεται. Μετρώντας τὶς ἀντίστοιχες τιμὲς πολώσεως καὶ ἀνοδικοῦ ρεύματος, μποροῦμε νὰ χαράξωμε τὴν χαρακτηριστικὴ καμπύλη (U_g , I_a), ποὺ εἶναι σημειωμένη στὸ σχῆμα 8.6 α, μὲ $U_a = 100$ V. Κατὰ τὸν



Χαρακτηριστικὲς πλέγματος (U_g , I_a) μιᾶς τρίοδης λυχνίας (τῆς ECC82, ή 12AU7).

ἴδιο τρόπο χαράζονται καὶ οἱ ἄλλες χαρακτηριστικὲς ποὺ σημειώνονται στὸ σχῆμα μὲ $U_a = 200$ V, 250 V, ... (σὲ κάθε καμπύλη ἀντιστοιχεῖ μιὰ σταθερὴ τιμὴ τῆς ἀνοδικῆς τάσεως). Παίρνομε ἔτοι τὸ συμῆνος χαρακτηριστικῶν πλέγματος τῆς τρίοδης λυχνίας ἢ συμῆνος (U_g , I_a). Ή μορφὴ του εἶναι κάπως διαφορετικὴ ἀπὸ τὸ συμῆνος χαρακτηριστικῶν ἀνόδου τοῦ σχήματος 8.5 γ. Τὰ δύο συμῆνη (ἀνόδου καὶ πλέγματος) καθορίζουν ἐντελῶς τὴν λειτουργία καὶ τὶς ἴδιότητες τῆς λυχνίας.

"Ενα καινούργιο χαρακτηριστικό μέγεθος μπορεῖ νὰ καθορισθῇ μὲ τὴ βοήθεια τοῦ σμήνους πλέγματος (παρ' ὅλο ποὺ θὰ μπορούσαμε τὸ ἵδιο καλὰ νὰ ἀναφερθοῦμε στὸ σμῆνος ἀνόδου). "Εστω ὅτι ἡ ἀνοδικὴ τάση εἶναι 200 βόλτα καὶ ἡ πόλωση — 5 βόλτα, σὲ τρόπο ὥστε τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα νὰ εἶναι 11,7 mA (σημεῖο B τοῦ σχ. 8·6 α). "Αν κάνωμε τὴν πόλωση πιὸ ἀρνητική, π.χ. — 7 βόλτα, τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα θὰ μικρύνῃ (σημεῖο A), μποροῦμε διμως νὰ τὸ ξαναφέρωμε στὴν ἀρχικὴ του τιμὴ αὐξάνοντας τὴν ἀνοδικὴ τάση (σημεῖο Δ). "Η ἀνοδικὴ τάση πρέπει νὰ περάσῃ γι' αὐτὸ ἀπὸ 200 σὲ 235 βόλτα, δηλαδὴ νὰ αὐξηθῇ κατὰ 35 βόλτα. "Οταν, λοιπόν, ἡ πόλωση γίνη ἀρνητικότερη κατὰ 2 βόλτα, τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα μπορεῖ νὰ διατηρηθῇ σταθερό, ἀν ἡ ἀνοδικὴ τάση αὐξηθῇ κατὰ 35 βόλτα. Μὲ δὲλλα λόγια, μιὰ μεταβολὴ τάσεως 2 βόλτα στὸ πλέγμα ἔξισορροπεῖται (ἀντισταθμίζεται) ἀπὸ μιὰ ἀντίθετη μεταβολὴ τάσεως 35 βόλτα στὴν ἀνοδὸ καὶ τὸ ἀποτέλεσμα εἶναι νὰ μένῃ σταθερὸ τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα.

"Επομένως, μεταβολὴ ἑνὸς βόλτη στὴν τάση τοῦ πλέγματος ἰσοδυναμεῖ μὲ $35/2 = 17,5$ βόλτη μεταβολὴ στὴν ἀνοδικὴ τάση. Εὑρίσκομε ἔτσι ἔνα συντελεστή, στὸ παράδειγμά μας ἵσσο μὲ τὸν ἀριθμὸ 17,5, ποὺ τὸν δύνομάζομε συντελεστὴ ἔνισχύσεως τῆς λυχνίας καὶ τὸν σημειώνομε μὲ τὸ γράμμα μ (ἢ, σπανιότερα, μὲ τὸ γράμμα K).

Τὸ νόημα τοῦ συντελεστῆ ἔνισχύσεως θὰ τὸ καταλάβωμε ἀργότερα μὲ περισσότερη ἀκρίβεια. Βλέπομε διμως ἀπὸ τώρα τὴ σημασία του: Μιὰ μικρὴ μεταβολὴ τῆς πολώσεως τοῦ πλέγματος ἀντισταθμίζεται ἀπὸ μ φορὲς μεγαλύτερη μεταβολὴ τῆς ἀνοδικῆς τάσεως καὶ τελικὰ ἡ λυχνία μπορεῖ νὰ πολλαπλασιάζῃ (νὰ ἔνισχύῃ κάθε μεταβαλλόμενη τάση ποὺ ἐφαρμόζεται στὸ πλέγμα της. Ξαναδρίσκομε ἔτσι τὸ γεγονός ὅτι ἡ λυχνία εἶναι πολὺ πιὸ εὐαίσθητη, «ἀκούει» δπως λέμε, περισσότερο στὸ πλέγμα της παρὰ στὴν ἀνοδὸ της.

Ο συντελεστής ένισχύσεως είναι ένας πρακτικά σταθερός άριθμός για κάθε λυχνία (οί μεταβολές του μὲ τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα εἰναι συνήθως ἀσήμαντες στὴν πράξη). Ή τιμή του ἐξαρτᾶται βασικὰ ἀπὸ τὴ γεωμετρία τῆς κατασκευῆς τῆς λυχνίας (μορφή, μέγεθος, ἀποστάσεις τῶν ἡλεκτροδίων). Οἱ συνηθισμένες τιμὲς τοῦ συντελεστῆ ένισχύσεως γιὰ τὶς τρίοδες λυχνίες λήψεως κυμαίνονται ἀπὸ 10 ḥως 30.

Οταν ἡ ἀνοδικὴ τάση μένη σταθερή, ἐνῶ ἡ πόλωση τοῦ πλέγματος γίνεται δλο καὶ πιὸ ἀρνητική, τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα, ὅπως ἔρομε, ἐλαττώνεται. Γιὰ κάθε, λοιπόν, ἀνοδικὴ τάση U_a θὰ ὑπάρχῃ μιὰ ἀρκετὰ μεγάλη πόλωση πλέγματος U_{go} γιὰ τὴν δποία τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα θὰ γίνεται μηδέν, θὰ ἀποκόβεται. Τὴν εἰδικὴν αὐτὴν πόλωσην U_{go} τὴν δονομάζομε πόλωση ἀποκοπῆς ἢ ἀπλῶς ἀποκοπὴ τῆς λυχνίας. Απὸ δσα εἴπαμε προηγούμενα, μποροῦμε νὰ βροῦμε δτι ἡ πόλωση ἀποκοπῆς εἰναι $U_{go} = - U_a / \mu$. Επομένως, στὸ παράδειγμά μας, γιὰ ἀνοδικὴ τάση $U_a = 200$ V, τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα ἀποκόβεται (μηδενίζεται) γιὰ πόλωση $U_{go} = - 200 / 17,5 = - 11,4$ βόλτ (στὴν πραγματικότητα ἔνα μικρὸ ρεῦμα ὑπάρχει καὶ λίγο πέρα ἀπὸ τὴν πόλωση αὐτῆ).

8.7 Διαγωγιμότητα ἢ κλίση (g).

Τὸ σμῆνος χαρακτηριστικῶν πλέγματος μᾶς χρησιμεύει ἐπίσης γιὰ νὰ καθορίσωμε ἔνα τρίτο χαρακτηριστικὸ μέγεθος τῆς τρίοδης λυχνίας. Μιὰ μόνη ἀπὸ τὶς καμπύλες τοῦ σμήνους ἀρκεῖ γι' αὐτὸ τὸ σκοπό. Ας πάρωμε π.χ. τὴν καμπύλην (U_g , I_a) ποὺ ἀντιστοιχεῖ σὲ (σταθερὴ) ἀνοδικὴ τάση $U_a = 200$ βόλτ (σχ. 8.6 α.). Εστω δτι στὸ πλέγμα ἔχει ἐφαρμοσθῆ, ἀπὸ μιὰ πηγὴ συνεχοῦς τάσεως, μιὰ μόνιμη πόλωση — 6 βόλτ, δπότε τὸ ἀντίστοιχο ἀνοδικὸ ρεῦμα εἰναι 9,2 mA. Ή λειτουργία τῆς λυχνίας παριστάνεται τότε ἀπὸ τὸ σημεῖο M τῆς χαρακτηριστικῆς καμπύλης.

Στὴν κατάσταση αὐτῇ, ἀς ἐφαρμόσωμε στὸ πλέγμα μιὰ δεύ-

τερη μικρή έναλλασσόμενη τάση, που ή τιμή της, από κορυφή σε κορυφή, δείναι π.χ. 2 βόλτ. Τότε, δύναμικό ρεῦμα θά κυμαίνεται τότε, δύναμεσα στις τιμές 11,7 mA (σημείο B) και 6,7 mA (σημείο A). Με άλλα λόγια, τότε άνοδικό ρεῦμα τῆς λυχνίας θά αποτελήσται από ένα συνεχές ρεῦμα 9,2 mA και από ένα έναλλασσόμενο ρεῦμα 5 mA (από κορυφή σε κορυφή). "Αν διαιρέσωμε τότε έναλλασσόμενο άνοδικό ρεῦμα μὲ τὴν ἀντίστοιχη έναλλασσόμενη τάση πλέγματος, θά ἔχωμε:

$$\frac{5}{2} = 2,5 \frac{\text{mA}}{\text{V}}.$$

Τί σημαίνει αὐτὸν τὸ ἀποτέλεσμα;

Ξέρομε δτι, δταν διαιροῦμε μία τάση μὲ ένα ρεῦμα, εὑρίσκομε μιὰ ἀντίσταση, (ἔτσι π.χ. καθορίσαμε τὴν ἐσωτερικὴν δυναμικὴν ἀντίσταση τῆς λυχνίας από τὶς χαρακτηριστικὲς ἀνόδου, βλέπε παρ. 8·5). Ἐδῶ δύμως διαιροῦμε ένα ρεῦμα μὲ μία τάση. Θὰ βροῦμε λοιπὸν ένα μέγεθος ἀντίστροφο από τὴν ἀντίσταση πού, δύως ξέρομε από τὴν παρ. 3·2, τὸ δυνομάζομε ἀγωγμότητα. Στὴν περίπτωση πού ἔξετάξομε ἑδῶ, ἔχομε νὰ κάνωμε μὲ ένα εἶδος ἀγωγιμότητας ἀνάμεσα στὸ πλέγμα καὶ τὴν ἀνοδο τῆς λυχνίας, δηλαδὴ ἀνάμεσα σὲ δύο διαφορετικὰ ἡλεκτρόδια. Τὴν ἀγωγιμότητα αὐτὴν τὴν δυνομάζομε εἰδικότερα διαγωγιμότητα τῆς τροιδῆς λυχνίας καὶ τὴν σημειώνομε μὲ τὸ γράμμα g (ἢ gm η S). Στὸ παράδειγμά μας, ἔχομε διαγωγιμότητα $g = 2,5 \text{ mA/V}$. Αὐτὸν σημαίνει δτι, κάθε μεταβολὴ ἑνὸς βόλτη στὴν πόλωση τοῦ πλέγματος ἔχει σὰν ἀποτέλεσμα μιὰ μεταβολὴ 2,5 mA στὸ άνοδικὸ ρεῦμα. Εἶναι φανερὸ δτι, ἀν ἡ χαρακτηριστικὴ (U_g , I_a) ἦταν πιὸ κατακόρυφη, ἀν δηλαδὴ ἡ χαρακτηριστικὴ εἴχε μεγαλύτερη κλίση, ἡ μεταβολὴ τοῦ άνοδικοῦ ρεύματος θὰ ἦταν μεγαλύτερη. Ἡ διαγωγιμότητα μετρᾶ λοιπὸν στὴν οὖσα τὴν κλίση τῆς χαρακτηριστικῆς πλέγματος. Γι: αὐτὸν τὴν διαγωγιμότητα τὴν δυνομάζομε ἐπίσης καὶ κλίση τῆς τροιδῆς λυχνίας.

"Αν μετρήσωμε τὴν διαγωγιμότητα γιὰ διάφορα ἀνοδικὰ ρεύματα, θὰ βροῦμε ὅτι ἡ διαγωγιμότητα μεγαλώνει ἐλαφρὰ ὅσο τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα αὐξάνει. Οἱ ἀλλαγὲς ὅμως αὐτὲς δὲν ἔχουν μεγάλη σημασία στὴν πρᾶξη, ἀρκεῖ ἡ λυχνία νὰ μὴ δουλεύῃ πρὸς τὰ πολὺ καμπύλα τμῆματα τῶν χαρακτηριστικῶν καμπύλων της. Ὅπος τὸν ὅρο αὐτό, τὰ τρία χαρακτηριστικὰ μεγέθη ποὺ συναντήσαμε (δηλαδὴ ἡ ἑσωτερικὴ ἀντίσταση ρ , δ συντελεστὴς ἐνισχύσεως μ καὶ ἡ διαγωγιμότητα g), μποροῦν νὰ περιγράψουν μὲ ἀρκετὴ πληρότητα τὴ λειτουργία τῆς λυχνίας, χωρὶς πιὰ νὰ ἔχωμε ἀνάγκη νὰ χρησιμοποιήσωμε αὐτὲς τὶς ἕδιες χαρακτηριστικὲς καμπύλες (ἐκτὸς ἀπὸ ὅρισμένες περιπτώσεις, ποὺ τὸ εἶδος τῆς μελέτης τὸ ἐπιβάλλει). Τὰ τρία αὐτὰ μεγέθη ὀνομάζονται σταθερὲς ἢ παράμετροι τῆς τρίοδης λυχνίας. Μεταξύ τους ὑπάρχει μιὰ σχέση, πολὺ χρήσιμη στὴν πρᾶξη. Ἡ σχέση αὐτή, ποὺ ὀνομάζεται σχέση τοῦ Barkhausen, δείχνει ὅτι δ συντελεστὴς ἐνισχύσεως μ ἰσοῦται μὲ τὸ γινόμενο τῆς ἑσωτερικῆς ἀντίστασεως ἐπὶ τὴν διαγωγιμότητα:

$$\mu = \rho \cdot g. \quad (1)$$

Δὲν εἶναι λοιπὸν ἀνάγκη νὰ μᾶς δίνωνται καὶ οἱ τρεῖς παράμετροι τῆς λυχνίας. Φθάνει νὰ ἔρωμε τὶς δύο, ὅπότε τὴν τρίτη τὴν εὑρίσκομε ἀπὸ τὴν παραπάνω σχέση. "Αν $\pi \cdot \chi$., δπως στὸ παράδειγμά μας, ἡ ἑσωτερικὴ ἀντίσταση εἶναι $\rho = 7 \text{ k}\Omega$ καὶ ἡ διαγωγιμότητα $g = 2,5 \text{ mA/V}$, θὰ ἔχωμε συντελεστὴ ἐνισχύσεως:

$$\mu = 7 \cdot 2,5 = 17,5$$

(δ τύπος πρέπει νὰ ἐφαρμόζεται σὲ $\text{k}\Omega$ γιὰ τὴν ἑσωτερικὴ ἀντίσταση καὶ σὲ mA/V γιὰ τὴ διαγωγιμότητα).

8.8 Η τέτροδη λυχνία.

Τὸ πλέγμα καὶ ἡ ἀνοδος μιᾶς τρίοδης λυχνίας ἀποτελοῦν στὴν πραγματικότητα δύο ἀγωγοὺς (μὲ κυλινδρική, συνήθως, μορφὴ) ποὺ εἶναι μονωμένοι μεταξύ τους. Τὰ δύο αὐτὰ ἥλεκτρόδια ἀποτελοῦν, λοιπόν, τοὺς δπλισμοὺς ἐνὸς μικροῦ πυκνωτῆ (βλ.

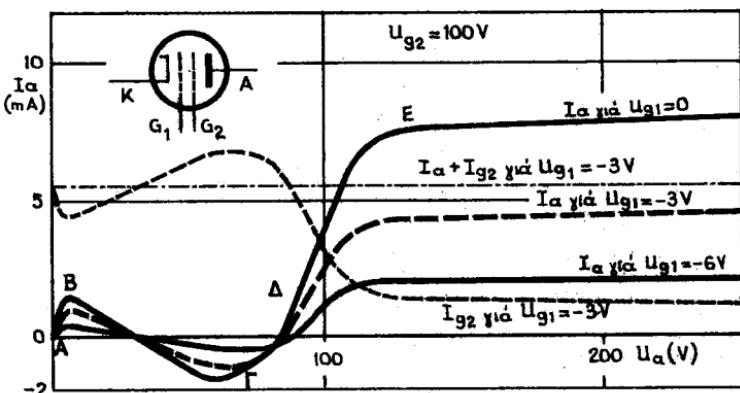
παρ. 5·1). Ή χωρητικότητα αύτοῦ τοῦ πυκνωτή εἶναι, βέβαια, μικρή (λίγα pF), θά δοῦμε διμος ἀργότερα δια μπορεῖ νὰ γίνη πάρα πολὺ ἐνοχλητική (κυρίως δταν ἡ λυχνία ἐργάζεται σὰν ἐνισχύτρια ἢ ταλαντώτρια σὲ δψηλὲς συχνότητες).

Ἐνας τρόπος γιὰ νὰ ἐλαττώσωμε ἀποτελεσματικὰ τὴν παράσιτη χωρητικότητα πλέγματος - ἀνδρὸς εἶναι νὰ τοποθετήσωμε μεταξύ τους ἔνα ἄλλο ἡλεκτρόδιο. Τὸ καινούργιο ἡλεκτρόδιο εἶναι ἔνα δεύτερο πλέγμα, ποὺ ἔχει δυὸς ἰδιότητες: α) ἀφήνει τὰ ἡλεκτρόνια νὰ περνοῦν ἀρκετὰ ἐλεύθερα ἀπὸ τὶς τρύπες του, καὶ ἀπὸ τὴν ἄλλη μεριά β) ἐλαττώνει κατὰ 100 φορὲς περίπου τὴν ἀρχικὴ παράσιτη χωρητικότητα. Πραγματικά, τὸ δεύτερο πλέγμα διαχωρίζει (θωρακίζει, προστατεύει) τὴν ἀνοδὸ ἀπὸ τὰ ὑπόλοιπα ἡλεκτρόδια τῆς λυχνίας. Γι' αὐτὸ τὸ δνομάζομε καὶ προστατευτικὸ πλέγμα, ἐνῶ τὸ ἀρχικὸ πλέγμα τὸ δνομάζομε πρῶτο ἡ κύριο ἢ ὁδηγὸ πλέγμα. Ἔτσι, σχηματίζεται ἡ τέτροδη λυχνία, ποὺ ἔχει τέσσερα ἡλεκτρόδια: τὴν κάθοδο (Κ), τὸ δδηγὸ πλέγμα (G_1), τὸ προστατευτικὸ πλέγμα (G_2) καὶ τὴν ἀνοδὸ (Α).

Στὸ προστατευτικὸ πλέγμα ἐφαρμόζομε μιὰ συνεχὴ θετικὴ τάση, ποὺ εἶναι συνήθως γειτονικὴ ἄλλὰ μικρότερη ἀπὸ τὴν τάση τῆς ἀνδρὸς. Κατὰ τὴ λειτουργία τῆς λυχνίας, ἡ τάση τοῦ προστατευτικοῦ πλέγματος κρατεῖται σταθερή. Πάντως, ἀφοῦ ἡ τάση αὐτὴ εἶναι θετική, τὸ προστατευτικὸ πλέγμα δέχεται καὶ αὐτό, δπως καὶ ἡ ἀνοδὸς, ἔνα δρισμένο πλήθος ἡλεκτρονίων. Δίπλα λοιπὸν στὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα I_a , ὑπάρχει τώρα καὶ ἔνα ρεῦμα προστατευτικοῦ πλέγματος I_{g2} . Τὸ ἀθροισμά τους $I_{ol} = I_a + I_{g2}$ ἀποτελεῖ τὸ δλικὸ ρεῦμα ποὺ κυκλοφορεῖ στὴ λυχνία καὶ κλείνει κύκλωμα μέσα ἀπὸ τὴν κάθοδο (δλικὸ ρεῦμα τῆς καθόδου). Καθὼς ἡ ἀνοδὸς εὑρίσκεται ἀρκετὰ ἔκομιμένη ἀπὸ τὸ ὑπόλοιπο μέρος τῆς λυχνίας, τὸ δλικὸ ρεῦμα καθορίζεται κυρίως ἀπὸ τὴν τάση U_{g2} τοῦ προστατευτικοῦ πλέγματος (ἔννοεῖται γιὰ μιὰ δρισμένη πόλωση τοῦ δδηγοῦ πλέγματος). Ή ἀνοδικὴ τάση δὲν ἐπηρεά-

ζει ούσιαστικά παρά τὸν τρόπο ποὺ τὸ συνολικὸ ρεῦμα μοιράζεται ἀνάμεσα στὴν ἀνόδο καὶ στὸ προστατευτικὸ πλέγμα.

Γιὰ νὰ δοῦμε κάπως καλύτερα τὰ πράγματα, ἀς ἐξετάσωμε τὸ συῆνος χαρακτηριστικῶν ἀνόδου μιᾶς τέτροδης λυχνίας (καμπύλες U_a , I_a ποὺ καθεμιά τους ἀντιστοιχεῖ σὲ μιὰ σταθερὴ πόλωση U_{g1} , σχ. 8·8 α.). Μιὰ πρώτη διαφορὰ ἀπὸ ἕνα παρόμοιο



Σχ. 8·8 α.

Χαρακτηριστικές ἀνόδου (U_a , I_a) μιᾶς τέτροδης λυχνίας. Η καμπύλη I_{g2} δείχνει τὸ ρεῦμα τοῦ προστατευτικοῦ πλέγματος γιὰ πόλωση $U_{g1} = -3V$. Τὸ συνολικὸ ρεῦμα $I_a + I_{g2}$ μένει πρακτικὰ σταθερό. Η τάση τοῦ προστατευτικοῦ πλέγματος κρατεῖται σταθερή καὶ ΐση μὲ 100 βόλτ.

συῆνος μιᾶς τρίοδης λυχνίας εἶναι ἡ φανερὴ ἀνωμαλία τῶν χαρακτηριστικῶν πρὸς τὶς χαμηλὲς ἀνοδικὲς τάσεις (πρὸς τὰ ἀριστερὰ τοῦ σχήματος). Γιὰ τὴν ἀνωμαλία δύμας αὐτὴ θὰ μιλήσωμε ἀμέσως παρακάτω. Μιὰ ἄλλη διαφορὰ εἶναι ὅτι, γιὰ μεγαλύτερες ἀνοδικὲς τάσεις (μεγαλύτερες ἀπὸ τὴν τάση τοῦ προστατευτικοῦ πλέγματος, ποὺ εἶναι ἑδῶ ΐση μὲ 100 V), οἱ χαρακτηριστικὲς καμπύλες γίνονται σχεδὸν δριζόντιες. Αὐτὸς σημαίνει ὅτι τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα τῆς τέτροδης λυχνίας αὐξάνει ἐλάχιστα δυο ἡ ἀνοδικὴ τάση γίνεται ὑψηλότερη. "Αρα, ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση μιᾶς

τέτροδης λυχνίας είναι πολὺ μεγαλύτερη από έκείνη μιᾶς παρόμοιας τρίοδης λυχνίας. Έτσι, στὸ παράδειγμα τοῦ σχήματος, π.χ. γιὰ τὴν καμπύλη $U_{g_1} = -3$ βόλτ, εὑρίσκομε δὲ τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα αὐξάνει κατὰ $0,25 \text{ mA}$, διανοοῦμε δὲ τὴν τάση αὐξηθῆ κατὰ $250 - 130 = 120$ βόλτ. Η ἐσωτερικὴ ἀντίσταση τῆς λυχνίας είναι λοιπὸν $r = 120/0,25 = 480 \text{ k}\Omega$.

Δὲν είναι δῆμος μονάχα ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση ποὺ γίνεται πολὺ μεγαλύτερη. Συγχρόνως, δὲ συντελεστὴς ἐνισχύσεως μ., ποὺ δρᾶται κατὰ τρόπο ἀνάλογο μὲ τὴν περίπτωση τῆς τρίοδης λυχνίας, μεγαλώνει σημαντικὰ καὶ γίνεται τώρα τῆς τάξεως τοῦ 1 000. Η διαγωγιμότητα, τέλος, τῆς λυχνίας $g = \mu/\rho$ διατηρεῖ μᾶλλον τὶς συνηθισμένες απὸ τὴν τρίοδη τιμές της. Ωστόσο, ἐπειδὴ δὲ συντελεστὴς ἐνισχύσεως αὐξάνει συχνὰ περισσότερο απὸ δ., τι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση, ἡ διαγωγιμότητα τῆς τέτροδης είναι συχνὰ μεγαλύτερη απὸ τὴ διαγωγιμότητα μιᾶς παρόμοιας τρίοδης. Εκτὸς απὸ αὐτὲς τὶς ἀλλαγές, πρέπει νὰ προσθέσωμε δὲ τοὺς παράμετροι τῆς τέτροδης λυχνίας ἔξαρτῶνται απὸ τὶς τάσεις ποὺ ἐφαρμόζονται στὰ ἡλεκτρόδια τῆς κατὰ τρόπο ἐντονώτερο απὸ δ., τι συμβαίνει στὴν τρίοδη.

Τὸ συμπέρασμα είναι δὲ τὴν τέτροδη λυχνία ἔχωρίζει απὸ τὴν τρίοδη: 1) απὸ τὴν μικρὴν χωρητικότητα ἀνάμεσα στὸ δδηγὸ πλέγμα καὶ τὴν ἀνοδο, καὶ 2) απὸ τὴν μεγάλην ἐσωτερικὴν ἀντίστασην καὶ τὸ μεγάλο συντελεστὴν ἐνισχύσεως.

Μένει τώρα νὰ ἔξετάσωμε τὴν ἀνωμαλία ποὺ δείχνουν οἱ χαρακτηριστικὲς πρὸς τὶς χαμηλὲς ἀνοδικὲς τάσεις, τὶς μικρότερες απὸ τὴν τάση τοῦ προστατευτικοῦ πλέγματος (σχ. 8·8 α). Ας παρακολουθήσωμε π.χ. τὴν χαρακτηριστικὴν καμπύλην $U_{g_1} = -3 \text{ V}$. Καθὼς ἡ ἀνοδικὴ τάση αὐξάνει, ἔκεινώντας απὸ τὸ μηδέν, βλέπομε δὲ τὴν ἀρχήν, τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα αὐξάνει καὶ αὐτὸ περίπου κανονικά. Κατόπιν, δῆμος, τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα μικραίνει, παρ’ ὅλον δὲ τὴν ἀνοδικὴν τάση ἔξακολουθεῖ νὰ αὐξάνῃ. Στὴν περιοχὴν αὐτὴν

(ἀπὸ 10 ἔως 8 βόλτ περίπου, στὸ παράδειγμά μας), ἡ χαρακτηριστικὴ παρουσιάζει ἔνα βύθισμα, μιὰ κατάδυση. Ἐπειδὴ ἐδῶ τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα ἐλαττώνεται δισὶ ἡ ἀνοδικὴ τάση αὐξάνει, ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση τῆς λυχνίας γίνεται ἀρνητική (ἄς μὴ ξεχνοῦμε ὅτι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση μιᾶς λυχνίας εἶναι μιὰ ισοδύναμη ἀντίσταση, καὶ ὅχι μιὰ πραγματικὴ ὡμικὴ ἀντίσταση). Πραγματικά, γιὰ κάθε συνηθισμένη (θετική) ἀντίσταση, τὸ ρεῦμα αὐξάνει μὲ τὴν τάση καὶ μάλιστα, ἐφ' ὅσον ἴσχύει δ νόμος τοῦ "Ο舅, σὲ εὐθέα ἀναλογία. Ἐδῶ, ὅχι μόνον δὲν ἴσχύει δ νόμος τοῦ "Ο舅, ἀλλὰ καὶ αὐτὴ ἡ ἵδια ἡ ἔννοια τῆς ἐξαρτήσεως ρεύματος καὶ τάσεως εἶναι ἀντίθετη. Ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση τῆς λυχνίας γίνεται λοιπόν, στὴν περιοχὴν αὐτὴν, ἀρνητική. Θὰ δοῦμε ἀργότερα ὅτι μποροῦμε νὰ ἔκμεταλλευθοῦμε τὴν ἀνωμαλία αὐτὴν σὲ ὄρισμένες περιπτώσεις (ὅταν θέλωμε νὰ λειτουργήσῃ ἡ λυχνία σὰν ταλαντώτρια). Γενικὰ ὅμως, ἀποφεύγομε αὐτὴν τὴν ἀνώμαλη περιοχὴν καὶ χρησιμοποιοῦμε κανονικὰ τὴν λυχνία μὲ ἀνοδικὲς τάσεις μεγαλύτερες ἀπὸ τὴν τάση τοῦ προστατευτικοῦ πλέγματος.

Ποὺ διφεύλεται ἡ ἀνωμαλία τῆς καταδύσεως; Ἡ ἐξήγηση εὑρίσκεται στὸ φαινόμενο τῆς δευτερογενοῦς ἐκπομπῆς ἡλεκτρονίων (παρ. 8·2). "Ἐνα ἡλεκτρόνιο, ποὺ βγαίνει ἀπὸ τὴν κάθοδο, ἐπιταχύνεται ἀρκετὰ ἀπὸ τὰ θετικὰ δυναμικὰ τοῦ προστατευτικοῦ πλέγματος καὶ τῆς ἀνόδου. "Οταν τὸ ἡλεκτρόνιο κτυπήσῃ ἔτσι μὲ δρμὴ πάνω σὲ ἔνα ἀπὸ τὰ ἡλεκτρόδια αὐτά, μπορεῖ νὰ ἔρειζώσῃ ἀπὸ τὸ μέταλλό τους ἔνα ἢ περισσότερα ἀλλα ἡλεκτρόνια. Τὸ ἡλεκτρόνιο ποὺ κτυπᾷ πάνω στὸ μεταλλικὸ ἡλεκτρόδιο λέγεται πρωτογενές, (ἢ πρωτεῦον) ἐνῶ τὰ νέα ἡλεκτρόνια, ποὺ ἐκβάλλονται ἀπὸ τὸ μέταλλο, λέγονται δευτερογενή (ἢ δευτερεύοντα) ἡλεκτρόνια.

Δευτερογενῆς ἐκπομπὴ γίνεται, βέβαια, καὶ ἀπὸ τὴν ἀνοδο μιᾶς τρίοδης λυχνίας. "Ομως, καθὼς ἡ ἀνοδος εἶναι τὸ μοναδικὸ θετικὸ ἡλεκτρόδιο τῆς τρίοδης λυχνίας, τὰ δευτερογενὴ ἡλεκτρό-

νικά έλκονται αμέσως πίσω πρὸς τὴν ἀνοδο. "Ετοι, τὸ φαινόμενο τῆς δευτερογενοῦς ἐκπομπῆς δὲν ἔχει καμμιὰ ἔξωτερηκή ἐκδήλωση.

"Η διαφορὰ εἶναι ὅτι στὴν τέτροδη λυχνία ὑπάρχουν δύο ἡλεκτρόδια μὲν ψυγλέσ θετικὲς τάσεις: τὸ προστατευτικὸ πλέγμα καὶ γί ἀνοδος. "Οσο ἡ τάση τῆς ἀνόδου εἶναι πολὺ χαμηλὴ (μικρότερη π.χ. ἀπὸ 15 V περίπου), δλόκληγη γί δευτερογενῆς ἐκπομπῆς προέρχεται ἀπὸ τὸ προστατευτικὸ πλέγμα. Τὸ προστατευτικὸ ὅμως πλέγμα εὑρίσκεται σὲ ψυγλότερο δυναμικὸ (π.χ. 100 V) καὶ ξαναιμαζεύει πρακτικὰ δλα τὰ δευτερεύοντα ἡλεκτρόνια. "Ετοι, τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα αὐξάνει στὴν ἀρχὴ κανονικά, ξεκινώντας ἀπὸ τὸ μηδέν.

Γιὰ λίγες μεγαλύτερες ἀνοδικὲς τάσεις (ἀπὸ 10 ἕως 80 βόλτ περίπου, στὸ παράδειγμά μας), γί δευτερογενῆς ἐκπομπῆς τῆς ἀνόδου γίνεται σγιμαντική. Τὸ προστατευτικὸ πλέγμα ὅμως διατηρεῖ, στὴν περιοχὴ χίνη, ψυγλότερη, θετικὴ τάση ἀπὸ 3, τι γί ἀνοδος. Τὰ δευτερεύοντα ἡλεκτρόνια τῆς ἀνόδου έλκονται λοιπὸν ισχυρότερα πρὸς τὸ προστατευτικὸ πλέγμα. Δημιουργεῖται ἔτσι ἔνα δευτερογενὲς ἡλεκτρόνικὸ ρεῦμα ἀπὸ τὴν ἀνοδο πρὸς τὸ προστατευτικὸ πλέγμα. Τὸ ρεῦμα αὐτὸ ἔχει φορὰ ἀντίθετη ἀπὸ τὴν κανονικὴ καὶ ἀφαιρεῖται ἀπὸ τὸ κανονικὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα. "Αρα, τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα ἐλαττώνεται. "Οσο μάλιστα γί ἀνοδικὴ τάση αὐξάνει, τέσσο γί δευτερογενῆς ἐκπομπῆς τῆς ἀνόδου γίνεται ἐντονότερη καὶ τέσσο τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα μικραίνει. "Έχομε ἔτσι τὴν κατάδυση τῆς χαρακτηριστικῆς καμπύλης καὶ τὴν ἐκδήλωση ἀρνητικῆς ἔσωτερηκῆς ἀντιστάσεως τῆς λυχνίας.

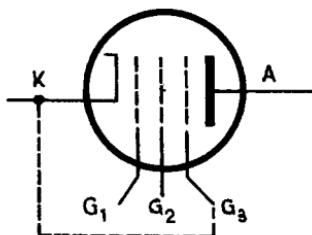
"Η ἀνωμαλία ἔξαφανίζεται ὅταν γί ἀνοδικὴ τάση ξεπεράσῃ ἀρκετὰ τὴν τάση τοῦ προστατευτικοῦ πλέγματος (π.χ. πάνω ἀπὸ 120 βόλτ). Τότε πιὸ τὰ ἡλεκτρόνια τῆς δευτερογενοῦς ἐκπομπῆς τῆς ἀνόδου ξαναιμαζεύονται ἀπὸ αὐτὴν τὴν ίδια τὴν ἀνοδο καὶ γί λειτουργία τῆς λυχνίας ξαναγίνεται κανονική.

Μποροῦμε νὰ ἀποφύγωμε τὴν ἐνοχλητικὴ ἀνωμαλία τῆς

καταδύσεως, όν δώσωμε στήν τέτροδη λυχνία μια δρισμένη είδική κατασκευή. Γιατί νά τὸ ἐπιτύχωμε αὐτό, αὐξάνουμε τὴν ἀπόσταση μεταξὺ προστατευτικοῦ πλέγματος καὶ ἀνόδου, δίνομε στὰ ἡλεκτρόδια εἰδικὲς γεωμετρικὲς μορφές, καὶ προσθέτομε δρισμένα ἑσωτερικὰ βογθητικὰ ἡλεκτρόδια ποὺ συγκεντρώνουν τὰ ἡλεκτρόνια σὲ κατάλληλες δέσμεις. Ετοι, κατασκευάζονται οἱ εἰδικὲς τέτροδες λυχνίες, ποὺ λέγονται λυχνίες κατευθυνομένης δέσμης (beam). Οἱ χαρακτηριστικές τους καὶ ἡ λειτουργία τους πλησιάζουν πάρα πολὺ πρὸς τὶς πέντοδες, ποὺ γι' αὐτὲς μιλοῦμε ἀμέσως.

8.9 Ή πέντοδη λυχνία.

Ἐνας ἄλλος τρόπος γιὰ νὰ ἀποφύγωμε τὶς ἐνοχλητικὲς συνέπειες τῆς δευτερογενοῦς ἐκπομπῆς εἶναι νὰ τοποθετήσωμε μεταξὺ προστατευτικοῦ πλέγματος καὶ ἀνόδου ἕνα τρίτο ἀραιὸ πλέγμα (G_3). Ετοι, σχηματίζεται ἡ λυχνία μὲ πέντε ἡλεκτρόδια, ἡ πέντοδη λυχνία (σχ. 8.9 α.).



Σχ. 8.9 α.
Ἡ πέντοδη λυχνία.

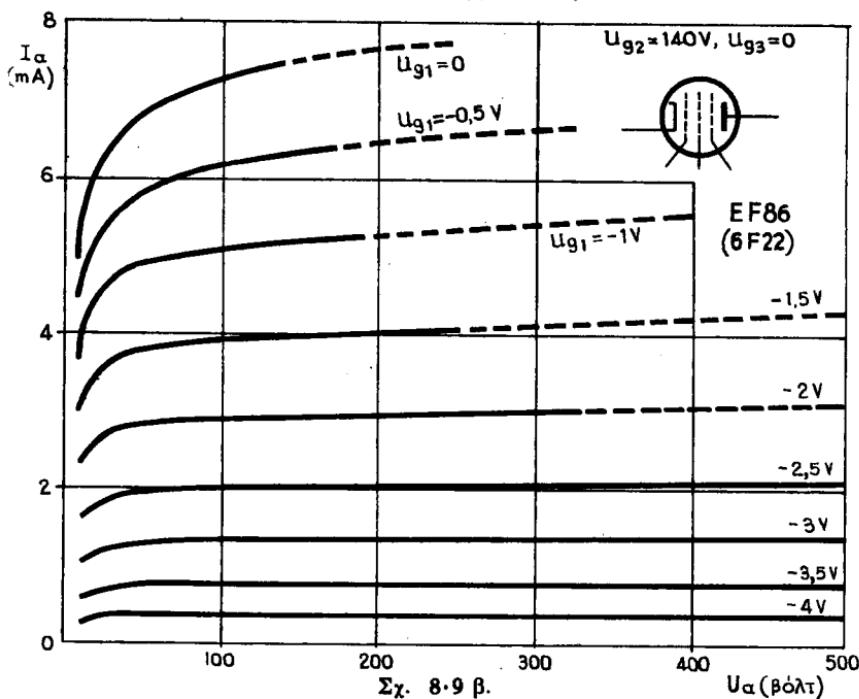
Τὸ τρίτο πλέγμα ἔνωνται συνήθως (στὸ ἑσωτερικὸ τῆς λυχνίας ἢ ἔξωτερικὰ) μὲ τὴν κάθοδο, παίρνει δηλαδὴ σταθερὰ τὸ δυναμικὸ μηδὲν τῆς καθόδου. Τὰ πρωτογενὴ ἡλεκτρόνια, ποὺ ἔρχονται ἀπὸ τὴν κάθοδο, ἐπιταχύνονται ἀρκετὰ ἀπὸ τὴν θετικὴν τάση τοῦ προστατευτικοῦ πλέγματος (G_2), ὥστε νὰ ξεπερνοῦν ἀρκετὰ εὔκολα τὸ νέο ἐμπόδιο τοῦ τρίτου πλέγματος καὶ νὰ φθά-

νουν μέχρι τὴν ἀνοδο. Στὸ μεταξύ, δημως, τὰ πρωτογενῆ ἡλεκτρόνια ἐπιβραδύνονται ἀπὸ τὸ τρίτο πλέγμα, που εύρισκεται στὸ δυναμικὸ μηδέν, καὶ κτυποῦν τὴν ἀνοδο μὲ μικρότερη ὅρμη. Ἡ δευτερογενῆς ἔκπομπή ἡλεκτρονίων ἀπὸ τὴν ἀνοδο εἰναι λοιπὸν ἀσθενέστερη. Καὶ δὲν συμβάνει μόνον αὐτό, ἀλλά, ἐπὶ πλέον, τὰ δευτερογενῆ ἡλεκτρόνια τῆς ἀνδρου ἐμποδίζονται ἀπὸ τὸ τρίτο πλέγμα νὰ γυρίσουν πίσω πρὸς τὸ προστατευτικὸ πλέγμα. Ἔτοι, τὸ τρίτο πλέγμα καταργεῖ (ἀναστέλλει) τὶς ἐνοχλητικὲς συνέπειες τῆς δευτερεύουσας ἔκπομπῆς. Γι' αὐτὸ καὶ δονομάζεται πλέγμα ἀναστολῆς.

Τὸ σχῆμα 8.9 β δείχνει τὸ σμήνος χαρακτηριστικῶν ἀνόδου μιᾶς πέντοδης λυχνίας. Βλέπομε δτι τώρα οἱ χαρακτηριστικὲς καμπύλες προεκτείνονται κανονικὰ πρὸς τὴν ἀριστερὴ περιοχὴ τῶν χαμηλῶν ἀνοδικῶν τάσεων (δὲν ὑπάρχει ἡ ἀνωμαλία τῆς καταδύσεως). Παρατηροῦμε ἀκόμα δτι, πρὸς τὶς ὑψηλότερες ἀνοδικὲς τάσεις, οἱ χαρακτηριστικὲς καμπύλες γίνονται πιὸ δριζόντιες ἀπὸ δτι σὲ μιὰ παρόμοια τέτροδη λυχνία. Αὐτὸ σημαίνει δτι τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα τῆς πέντοδης λυχνίας εἰναι ἀκόμα πιὸ ἀνεξάρτητο ἀπὸ τὴν ἀνοδικὴ τάση. Πραγματικά, ἡ προσθήκη τοῦ πλέγματος ἀναστολῆς διαχωρίζει ἀκόμα πιὸ πολὺ τὴν ἀνοδο ἀπὸ τὸ ὑπόλοιπο τῆς λυχνίας. Ἔτοι, μιὰ σημαντικὴ αὔξηση τῆς ἀνοδικῆς τάσεως φέρνει μιὰ πολὺ μικρὴ αὔξηση τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος, δηλαδή, μὲ ἀλλα λέγια, ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση εἰναι ἀκόμα μεγαλύτερη στὴν πέντοδη παρὰ στὴν τέτροδη λυχνία ($2500 \text{ k}\Omega$ ἢ $2,5 \text{ M}\Omega$ στὴν περίπτωση τοῦ σχ. 8.9 β). Ο συντελεστὴς ἐνισχύσεως γίνεται καὶ αὐτὸς ἀκόμα πιὸ μεγάλος ($\mu = 5000$ στὸ παράδειγμά μας).

Τελικά, ἡ πέντοδη λυχνία παρουσιάζεται σὰν ἔνας βελτιωμένος τύπος τέτροδης. Ἀν, ἀλλωστε, ἀντὶ νὰ συνδέσωμε τὸ πλέγμα ἀναστολῆς στὴν κάθοδο, τὸ ἐνώσωμε μὲ τὸ προστατευτικὸ πλέγμα, ξαναβρίσκομε μιὰ ἀληθινὴ τέτροδη. Μποροῦμε ἐπίσης,

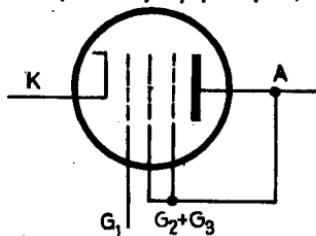
άν θέλωμε, τὰ δύο πλέγματα G_2 καὶ G_3 , ένωμένα, νὰ τὰ συνδέσωμε ἀπ' εὐθείας στὴν ἄνοδο. Ή πέντοδη λυχνία εὑρίσκεται τότε συνδεσμολογημένη κατὰ τρίοδη (σχ. 8·9 γ).



Σμήνος χαρακτηριστικῶν ἀνόδου μιᾶς πέντοδης λυχνίας (τῆς EF86, ἢ 6F22).

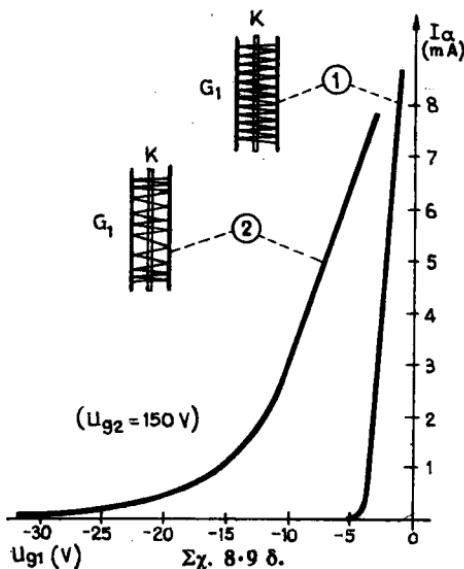
Θὰ προσθέσωμε ἐδῶ μιὰ λεπτομέρεια, που ἔφαρμόζεται στὴν πράξη: Ή χαρακτηριστικὴ πλέγματος (U_{g1}, I_a) μιᾶς συνηθισμένης πέντοδης λυχνίας ἔχει τὴν γωνιασμένη μορφὴν (1) τοῦ σχήματος 8·9 δ. Ή κλίση αὐτὴ τῆς χαρακτηριστικῆς, δηλαδὴ ἡ διαγωγιμότητα τῆς λυχνίας εἶναι περίπου σταθερὴ καὶ μηδενίζεται: ἀρκετὰ ἀπότομα γιὰ μιὰ σχετικὰ μικρὴ πόλωση ἀποκοπῆς (γύρω στὰ — 4 V, στὴν περίπτωση τοῦ σχήματος). Μιὰ τέτοια ἀπότομη ἀποκοπὴ σὲ σχετικὰ μικρὴ πόλωση εἶναι σὲ δρισμένες περι-

πτώσεις άνεπιθύμητη. Οι συνηθισμένες πέντοδες πού παρουσιάζουν μια τέτοια άπότομη άποκοπή δύνομάζονται πέντοδες μὲ σταθερή κλίση (ἢ μὲ σταθερή διαγωγιμότητα).



Σχ. 8.9 γ.

Πέντοδη συνδεσμολογημένη κατά τρίοδη.



Πέντοδη μὲ σταθερή κλίση (1) καὶ πέντοδη μὲ μεταβλητή κλίση (2).

Τηράρχουν όμως καὶ πέντοδες μὲ μεταβλητή κλίση (τὶς λέμε ἐπίσης καὶ πέντοδες μὲ μεταβλητὸ μ, ἐπειδὴ καὶ δ συντελεστὴς ἐνισχύσεως μεταβάλλεται, καὶ αὐτός, σὲ πλατειὰ σρια). Η καμπύλη (2) τοῦ σχήματος 8.9 δ δείχνει διτι σὲ μιὰ τέτοια πέν-

τοῦδη ή κλίση, δηλαδὴ ή διαγωγιμότητα τῆς λυχνίας, μικράνει προσδευτικά (ὅχι ἀπότομα) ὅσο ή πόλωση τοῦ ὁδηγοῦ πλέγματος γίνεται διαρκῶς καὶ πιὸ ἀρνητική. "Ετοι, ὅπως θὰ δοῦμε καὶ ἀργότερα, οἱ ἐνισχυτικὲς ἵκανότητες τῆς λυχνίας μποροῦν νὰ ρυθμισθοῦν προσδευτικά σὲ μεγάλη ἔκταση. Συγχρόνως, οἱ πολώσεις τοῦ ὁδηγοῦ πλέγματος μποροῦν ἐπίσης νὰ μεταβάλλωνται σὲ πλατύα ὅρια (μέχρι περίπου — 30 V, στὸ παράδειγμά μας).

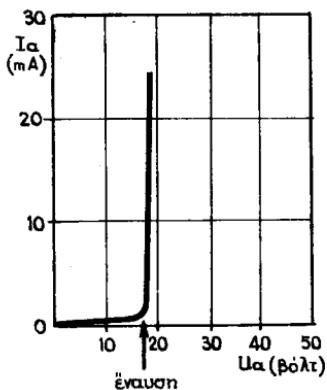
Τὸ ἀποτέλεσμα αὐτὸῦ μποροῦμε νὰ τὸ ἐπιτύχωμε μὲ μιὰ εἰδικὴ κατασκευὴ τοῦ ὁδηγοῦ πλέγματος. Στὶς συνηθισμένες πέντοδες μὲ σταθερὴ κλίση, τὸ δόηγὸν πλέγμα ἔχει μιὰ σταθερὴ ἐλεκτρικής. Γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε τὴ μεταβλητὴ κλίση, δίνομε στὴν ἐλεκτρικήν ἕνα βῆμα πυκνότερο πρὸς τὰ ἄκρα καὶ ἀρχιστέρο πρὸς τὸ μέσο τοῦ πλέγματος (σχ. 8.9 δ). Τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα ἀποκόπτεται ἔτοι: πρῶτα ἀπὸ τὰ ἄκρα τοῦ πλέγματος, συνεχίζει ὅμως νὰ περνᾷ ἀπὸ τὸ μέσο του ἀκόμα καὶ γιὰ πολὺ ἀρνητικὲς πολώσεις.

8.10 Λυχνίες μὲ σάριο.

Τώρα θὰ συμπληρώσωμε ἐδῶ, ὅσα εἴπαμε γιὰ τὶς λυχνίες, μὲ ὅρισμένες λυχνίες διαφορετικοῦ τύπου. "Ας γυρίσωμε γιὰ μιὰ στιγμὴ πίσω στὶς δύοδες λυχνίες. "Η λειτουργία μιᾶς δύοδης λυχνίας ἀλλάζει σημαντικά, ἀν προσθέσωμε μέσα στὸ περίβλημά της ἓνα ἀέριο σὲ χαμηλὴ πίεση (ἀτμοὺς ὑδραργύρου, ἀργόν, νέον, κλπ.). "Η χαρακτηριστικὴ καμπύλη (U_a , I_a) παίρνει τὴ μορφὴ τοῦ σχήματος 8.10 α, ποὺ εἶναι πολὺ διαφορετικὴ ἀπὸ τὴ χαρακτηριστικὴ μιᾶς δύοδης λυχνίας μὲ ὑψηλὸ κενὸ (σύγκρινε μὲ τὸ σχ. 8.3 γ). Στὴν ἀρχὴ τὸ ρεῦμα αὐξάνει σιγά - σιγά, μὲ κανονικὸ τρόπο. "Οταν ὅμως η ἀνοδικὴ τάση φθάσῃ μιὰ συγκεκριμένη τιμὴ (ἀνάμεσα στὰ 10 ἔως 20 βόλτ), τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα αὐξάνει ἀπότομα καὶ φθάνει μέχρι τὸν κόρο. Αὐτὴ η κρίσιμη ἀνοδικὴ τάση δυοιμάζεται τάση ἐναύσεως (ἐναύση θὰ πη ἀναμμά). "Η ἀκριβὴς τιμὴ της ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴ φύση τοῦ ἀερίου. Στὴν κατάστα-

ση αὐτή, ή ἐσωτερική ἀντίσταση τῆς λυχνίας γίνεται πολὺ μικρή.
"Αν μάλιστα δὲν ὑπάρχῃ στὸ ἐξωτερικὸ κύκλωμα τῆς λυχνίας μιὰ
ἀρκετὰ μεγάλη ἀντίσταση γιὰ νὰ περιορίσῃ τὸ ρεῦμα, τότε η λυ-
χνία καταστρέφεται πολὺ γρήγορα.

"Η ἀπότομη αὐξηση τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος διφείλεται στὸ
ἔξης φαινόμενο: Τὰ ἡλεκτρόνια, ποὺ βγαίνουν ἀπὸ τὴν κάθοδο,
ἐπιταχύνονται ἀπὸ τὴν ἀνοδικὴ τάση. Καθὼς κτυποῦν μὲ δρμὴ
πάνω στὰ μόρια τοῦ ἀερίου, μποροῦν νὰ ξεριζώσουν ἀπὸ αὐτὰ ἄλ-
λα, καινούργια ἡλεκτρόνια. "Ετσι, τὰ ἡλεκτρόνια γίνονται περισ-
στερα. Συγχρόνως, τὰ μόρια ποὺ ἔχασαν ἡλεκτρόνια, μένουν
φορτισμένα θετικά, γίνονται δηλαδὴ θετικὰ ιόντα (βλέπε παρ.



Σχ. 8·10 α.
Χαρακτηριστικὴ μᾶς δίοδης λυχνίας μὲ δέριο.

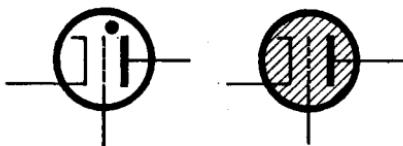
8·2). Τὰ θετικὰ ιόντα ἔλκονται πρὸς τὴν κάθοδο καὶ ἐκεῖ ἔξου-
δετερώνουν τὸ μεγαλύτερο μέρος ἀπὸ τὸ σύννεφο τῶν ἡλεκτρονίων
τῆς κάθοδου, αὐτὸ ποὺ δνομάσαμε καθοδικὸ χωρικὸ φορτίο στὴν
παράγραφο 8·2. Ή κάθοδος λοιπὸν μπορεῖ νὰ ἐκπέμπῃ τώρα
ἔλευθερα ἀκόμα πιὸ πολλὰ ἡλεκτρόνια. Γι' αὐτὸ καὶ τὸ ἀνοδικὸ
ρεῦμα αὐξάνει καὶ μάλιστα ἀπότομα. Τὸ ἀπότομο τῆς αὐξήσεως
τοῦ ρεύματος διφείλεται στὸ ὅτι ὁ σχηματισμὸς ιόντων, ὁ ιονι-

σμὸς τοῦ ἀερίου, προκαλεῖται ἀπότομα στὴν καθορισμένη τάση τῆς ἐναύσεως.

Τέτοιες δίοδες λυχνίες μὲ ἀέριο χρησιμοποιοῦνται σὰν ἀνορθωτὲς γιὰ μεγάλα ρεύματα (ἀπὸ κλάσμα τοῦ ἀμπέρ μέχρι πολλὰ ἀμπέρ). Παρ’ ὅλον δτὶ τὸ ρεῦμα εἶναι μεγάλο ἡ πτώση τάσεως στὴ λυχνία διατηρεῖται χαμηλή, ἵση περίπου μὲ τὴν τάση ἐναύσεως. "Ἄρι, ἡ ἀπώλεια ἰσχύος στὴ λυχνία μένει μικρή, πολὺ μικρότερη ἀπὸ ὅ, τι σὲ μιὰ ἀνάλογη λυχνία μὲ ὑψηλὸ κενό. Γι’ αὐτὸ καὶ βλέπομε ἀνορθώτριες λυχνίες μὲ ἀέριο νὰ εἶναι λίγο μόνο μεγαλύτερες ἀπὸ τὶς συνηθισμένες λυχνίες ραδιοφώνου, παρ’ ὅλη τὴ σχετικὰ μεγάλη ὥφελιμη ἰσχύ τους. Ἡ λειτουργία τους δμως ἀπαιτεῖ δρισμένες προφυλάξεις (π.χ. πρέπει συνήθως ἡ κάθοδος γὰ προσθερμαίνεται, δηλαδὴ ἡ τάση θερμάνσεως τοῦ νήματος τῆς καθόδου νὰ ἔφαρμδεται ἀρκετὰ πρὶν ἀπὸ τὴν ἀνοδικὴ τάση).

Ὑπάρχουν ἐπίσης καὶ τρίοδες λυχνίες μὲ ἀέριο σὲ χαμηλὴ πίεση. Τὶς δονομάζομε θύρατρον. Ἡ λειτουργία εἶναι παρόμοια μὲ τὴ λειτουργία μιᾶς δίοδης λυχνίας μὲ ἀέριο. Τὸ πλέγμα δμως χρησιμεύει τώρα γιὰ νὰ ρυθμίζωμε τὴν τάση ἐναύσεως. "Οσο ἀρνητικότερο εἶναι τὸ πλέγμα, τόσο ἡ ἀνοδικὴ τάση πρέπει νὰ εἶναι ὑψηλότερη γιὰ νὰ ἔσκινήσῃ ὁ ἴονισμὸς τοῦ ἀερίου καὶ νὰ ἔχωμε τὴν ἀπότομη αὔξηση τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος. "Οταν δμως αὐτὸ γίνη, τότε τὸ πλέγμα, ποὺ εἶναι ἀρνητικό, περιβάλλεται ἀπὸ ἕνα σύννεφο ἀπὸ θετικὰ ἰόντα καὶ παύει πιὰ νὰ ἔχῃ δποιαδήποτε ἐπίδραση πάνω στὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα. Τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα παύει πιὰ νὰ ἐλέγχεται ἀπὸ τὴν τάση τοῦ πλέγματος, δοσο καὶ ἀν αὐτὴ μεταβάλλεται. Γιὰ νὰ σταματήσωμε τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα, δὲν ὑπάρχει ἄλλος τρόπος παρὰ νὰ χαμηλώσωμε τὴν ἀνοδικὴ τάση κάτω ἀπὸ μιὰ δρισμένη τιμῇ. Τὴν τιμὴν αὐτὴν τὴ λέμε τάση σβέσεως. Κάτω ἀπὸ τὴν ἀνοδικὴ αὐτὴν τάση, ὁ ἴονισμὸς δὲν μπορεῖ πιὰ νὰ συντηρηθῇ καὶ τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα πέφτει ἀπότομα (πρακτικὰ ἀποκόπτεται). Οἱ λυχνίες θύρατρον εὑρίσκουν διάφορες ἔφαρμογές, ποὺ θὰ

τὶς συναντήσωμε ἀργότερα (ρελαί, παλμοκυκλώματα, κλπ.) Μιὰ λυχνία μὲ ἀέριο, τὴν σημειώνομε στὰ σχέδια μὲ μιὰ μαύρη τελεία ἢ μὲ διαγράμμιση (σχ. 8·10 β).



Σχ. 8·10 β.

Συμβολικές παραστάσεις μιᾶς λυχνίας μὲ ἀέριο.

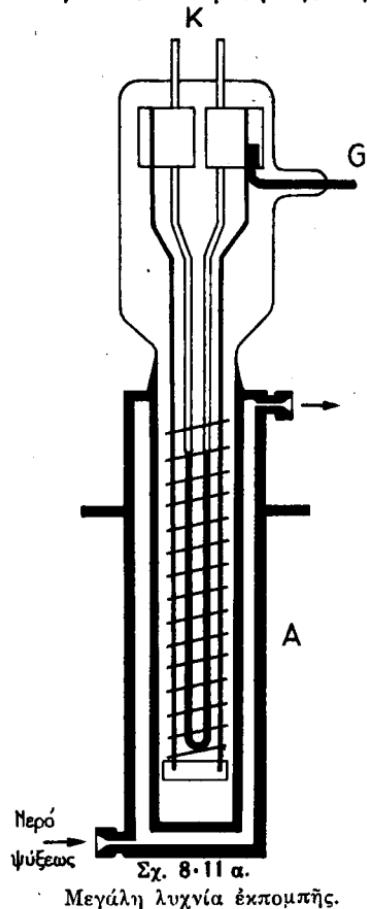
"Αλλου τύπου λυχνίες μὲ ἀέριο εἶναι οἱ λυχνίες μὲ ψυχρὴ κάθυστο. Στὶς λυχνίες αὗτές, ἡ κάθιστος (ἀπὸ δεξεῖδια) δὲν θερμαίνεται, δὲν ὑπάρχει κύκλωμα θερμάνσεως. Τὰ ιόντα ὅμως ποὺ σχηματίζονται μέσα στὴ λυχνία βομβαρδίζουν τὴν κάθιστο καὶ ξερίζουν ἀπὸ αὐτὴν ἡλεκτρόνια. "Ετοι, ἡ θερμικὴ έκπομπὴ ἀντικαθίσταται ἐδῶ ἀπὸ ἕνα εἰδος δευτερογενοῦς έκπομπῆς τῆς καθόδου.

8·11 Λυχνίες έκπομπῆς.

Οἱ λυχνίες έκπομπῆς δὲν διαφέρουν στὴν οὖσία, ἀπὸ τὴν ἀποψῃ, τῆς ἀρχῆς τῆς λειτουργίας τους, ἀπὸ τὶς συνηθισμένες λυχνίες ποὺ χρησιμοποιοῦνται στὴ ραδιοφωνικὴ λήψη. Γιὰ ίσχεῖς, ἄλλωστε, μέχρι λίγα βάπττ., οἱ ἔδιες λάμπες μπορεῖ νὰ χρησιμοποιοῦνται εἴτε στὴν έκπομπὴ εἴτε στὴ λήψη.

Σὲ κάπως μεγαλύτερους πομπούς, ἡ ωφέλιμη ίσχὺς ἀνεβαίνει σὲ μερικὰ κιλοσεάττ. Η ἀπώλεια ίσχύος στὴν ἀνοδο τῆς λυχνίας γίνεται, τότε, τῆς τάξεως τοῦ κιλοσεάττ. Αὐτὴ ἡ ἀπώλεια ίσχύος κινδυνεύει νὰ θερμαίνῃ ὑπερβολικὰ τὴ λυχνία, ἡ ψύξη τῆς ὅμως μπορεῖ ἀκόμα νὰ ἔξασφαλισθῇ χωρὶς ἄλλα εἰδικὰ μέσα (φυσικὴ ψύξη). Μόνο ποὺ ἡ κατασκευὴ τῆς λυχνίας τροποποιεῖται κατάλληλα καὶ οἱ διαστάσεις τῆς μεγαλώνουν. Οἱ λυχνίες αὗτες εἶναι τρίοδες ἢ πέντοδες.

Στους μεγάλους πομπούς, όπου η ώφελιμη ισχὺς φθάνει τὰ 100 κιλοβάττ, χρησιμοποιούνται τρίσδες λυχνίες άμεσου θερμάνσεως μὲ ἀρκετὰ διαφορετική κατασκευή (η ἀρχὴ δύνας τῆς λειτουργίας μένει πάντα ἡ ̄δια). Ή ψύξη τῆς λυχνίας γίνεται τώρα



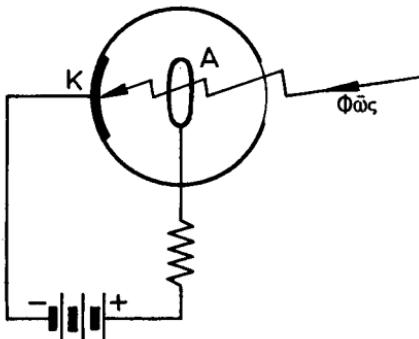
μὲ κυκλοφορία νεροῦ. Τὸ σχῆμα 8·11 α δείχνει τὰ κυριότερα μέρη μιᾶς τέτοιας μεγάλης λυχνίας έκπομπῆς. Ή ἀνοδος ἀποτελεῖται ἀπὸ ἕνα κούφιο χάλκινο κύλινδρο, που μέσα του κυκλοφορεῖ

στεγανὰ τὸ νερὸ τῆς ψύξεως. Ἐπειδὴ ἡ ἀνοδικὴ τάση μπορεῖ νὰ φθάσῃ μέχρι 20 000 βόλτ, τὸ νερὸ πρέπει νὰ ἔχῃ πολὺ καλὲς μονωτικὲς ἰδιότητες. Ἡ κάθοδος ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο παράλληλες ράβδους βιολφραμίου. Τὸ πλέγμα σχηματίζεται ἀπὸ μιὰ περιέλιξη ἀπὸ σύρμα μολυσθενίου καὶ ἡ περιέλιξη αὐτὴ στηρίζεται πάνω σὲ ράβδους μολυσθενίου, παράλληλες πρὸς τὸν ἄξονα τῆς λυχνίας. Οἱ διαβάσεις τῶν ἡλεκτροδίων πρὸς τὸν ἔξω χῶρο προστατεύονται ἀπὸ γυάλινο περίβλημα. Ἡ διατήρηση τοῦ κενοῦ μέσα σὲ τέτοιες μεγάλες λυχνίες παρουσιάζει δρισμένες δυσκολίες. Καὶ τοῦτο, γιατὶ τὰ ἡλεκτρόδια, ἀνάλογα μὲ τὴ θερμοκρασία τους, μποροῦν νὰ ἀναρροφοῦν ἢ νὰ ἀναδίνουν μερικὲς ποσότητες ἀερίων, ἀρκετὲς γιὰ νὰ ἐπηρεάσουν τὸ ὑψηλὸ κενό καὶ νὰ ἀλλοιώσουν τὴ λειτουργία τῆς λυχνίας.

8·12 Φωτοκύτταρα.

Στὴν παράγραφο 8·2 εἴχαμε πῇ ὅτι ἡλεκτρόνια μποροῦν νὰ ἀποδοθοῦν ἀπὸ μιὰ μεταλλικὴ ἐπιφάνεια, ὅταν τὸ μέταλλο φωτισθῇ ἀπὸ μιὰ δέσμη φωτὸς (φωτογλεκτρικὴ ἐκπομπὴ ἡλεκτρονίων). Ὁ ἀριθμὸς τῶν ἡλεκτρονίων, ποὺ ἐκπέμπονται μὲ τὸν τρόπο αὐτό, εἶναι ἀνάλογος πρὸς τὴν ἔνταση τῆς φωτεινῆς δέσμης καὶ ἔξαρτᾶται ἀπὸ τὸ χρῶμα (τὸ μῆκος κύματος) τοῦ φωτὸς καὶ ἀπὸ τὴν φύση τῆς μεταλλικῆς ἐπιφανείας. Ἡ φωτογλεκτρικὴ ἐκπομπὴ ἡλεκτρονίων χρησιμοποιεῖται στὰ φωτοκύτταρα (ἢ φωτοκυψέλες). Ἔνα φωτοκύτταρο μοιάζει μὲ μιὰ δίοδη λυχνία. Ἡ θερμὴ δμως κάθοδος ἔχει ἀντικατασταθῇ ἔδω ἀπὸ μιὰ μεταλλικὴ ἐπιφάνεια εὐαίσθητη στὸ φῶς. Ἡ κάθοδος ἀποτελεῖται, πραγματικά, ἀπὸ μιὰ ἐπίστρωση καλίου ἢ κεσίου, ποὺ καλύπτει ἕνα μέρος τῆς ἐσωτερικῆς ἐπιφανείας ἐνδὲ περιβλήματος, ἀπὸ δημοσίου ἔχει ἀφαιρεθῆ δ ἀέρας (σχ. 8·12 α). Ἡ ἀνοδος σχηματίζεται ἀπὸ ἕνα σύρμα βιολφραμίου, ποὺ παίρνει π.χ. τὴ μορφὴ ἐνδὲ δακτυλιδιοῦ. Τὸ περίβλημα εἶναι διαφανὲς μόνο σὲ ἕνα μέρος

του, άπεναντι στήγη κάθοδο. Ή φωτεινή δέσμη περνᾶ μέσα από τὸ διαφανὲς αὐτὸ μέρος τοῦ περιβλήματος καὶ μέσα από τὸ δακτυλίδι τῆς ἀνόδου καὶ, τέλος, κτυπᾶ πάνω στήγη κάθοδο. Τὰ ἡλεκτρόνια τῆς καθόδου (ποὺ τὰ λέμε καὶ φωτοηλεκτρόνια) ἔλκονται απὸ τὴ θετικὴ ἀνοδο καὶ ἔτσι σχηματίζεται τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα, ὅπως σὲ μιὰ δίσδη λυχνία. Τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα κυκλοφορεῖ μέσα σὲ μιὰ ἐξωτερικὴ ἀντίσταση, ποὺ κλείνει τὸ κύκλωμα τοῦ φωτοκυττάρου. Στήγη κατάσταση τοῦ κόρου, τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα είναι ἀνάλογο πρὸς τὴν ἔνταση τῆς φωτεινῆς δέσμης.



Σχ. 8·12 α.
Τὸ φωτοκύτταρο.

Τὰ ρεύματα ποὺ μπορεῖ νὰ δώσῃ ἐνα φωτοκύτταρο ὑψηλοῦ κενοῦ είναι: συνήθως πολὺ ἀσθενὴ (κάπου 10 ή 20 μικροαμπέρ γιὰ ἔνταση φωτεινῆς δέσμης ἐνὸς λοῦμεν). Γιὰ νὰ πάρωμε μεγαλύτερα ρεύματα, μποροῦμε νὰ εἰσάγωμε στὸ περίβλημα τοῦ φωτοκυττάρου μιὰ μικρὴ ποσότητα ἀερίου (ἀργόν, νέον κλπ.). Εἶχομε τότε ἐνα φωτοκύτταρο μὲ ἀέριο. Στήγη περίπτωση ὅμως αὐτή, οἱ μεταβολὲς τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος δὲν ἀκολουθοῦν ἀρκετὰ γρήγορα τὶς ἀντίστοιχες μεταβολὲς τῆς ἀνοδικῆς τάσεως (ὑπάρχει ἐνα εἶδος ἀδρανείας). Γι' αὐτό, τὰ φωτοκύτταρα μὲ ἀέριο δὲν μποροῦν νὰ χρησιμοποιηθοῦν γιὰ συχνότητες μεγαλύτερες απὸ 100 kc/s περίπου.

Τὰ φωτοκύτταρα μετατρέπουν τὸ φῶς σὲ γήλεκτρικὸ ρεῦμα, κατὰ ἕνα τρόπο ἀνάλογο ποὺ τὰ μικρόφωνα μετατρέπουν τὸν ἥχο σὲ γήλεκτρικὸ ρεῦμα. Ἔτσι τὰ φωτοκύτταρα εὑρίσκουν πολλὲς καὶ διάφορες ἐφαρμογὲς (φωτόμετρα, αὐτόματες διατάξεις, κινηματογράφος κλπ.).

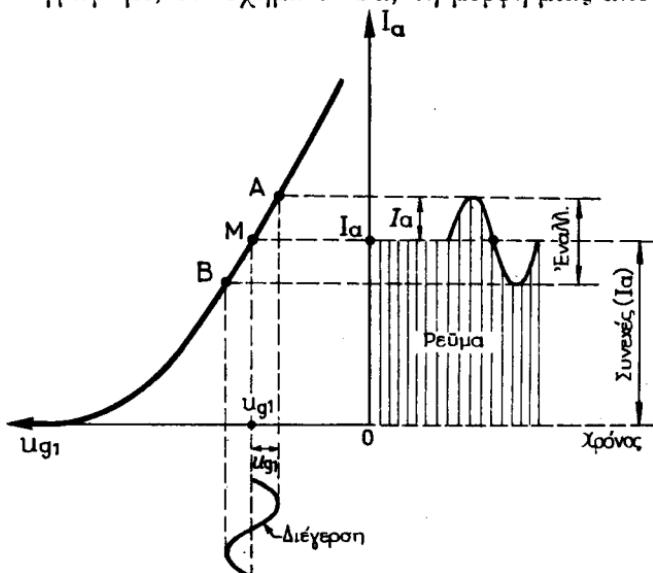
Γνωρίσαμε στὸ Κεφάλαιο αὐτὸ τὰ σπουδαιότερα εἰδη ἀπὸ τὶς γήλεκτρονικὲς λυχνίες ποὺ χρησιμοποιοῦνται πιὸ πολύ. Μένουν δημος ἀκόμα διάφορες ἄλλες εἰδικὲς λυχνίες. Δὲν μιλήσαμε ἐπίσης ἑδῶ γιὰ τὸν καθοδικὸ σωλήνα, ποὺ ἡ σημασία του εἶναι μεγάλη. Θὰ εὔρωμε τὴν εὐκαιρία νὰ κάνωμε τὶς συμπληρώσεις αὐτὲς σὲ ἄλλα μέρη τοῦ βιβλίου.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 9

ΕΝΙΣΧΥΣΗ

9.1 Είσαγωγή.

Στὸ προηγγούμενο Κεφάλαιο, διαπιστώσαμε τὰ ἔξῆς βασικὰ γεγονότα. "Εστω δτὶ ἔχομε μιὰ τρίσδη ἢ μιὰ πέντεδη λυχνία. "Ας ξαναγράψωμε, στὸ σχῆμα 9.1 α, τὴ μορφὴ μιᾶς ἀπὸ τὶς χα-



Σχ. 9.1 α.

Κατάσταση ἡρεμίας καὶ διέγερση μιᾶς λυχνίας.

ρακτηριστικὲς πλέγματος, π.χ. αὐτὴ ποὺ ἀντιστοιχεῖ σὲ σταθερὴ ἀνοδικὴ τάση $U_a = 150$ V. "Οταν ἡ πόλωση τοῦ δδηγοῦ πλέγματος ἔχῃ μιὰ δρισμένη συνεχὴ τιμὴ U_{g1} (ἀρνητική), τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα εἶναι συνεχὲς καὶ ἔχει μιὰ τιμὴ I_a . "Η κατάσταση αὐτὴ ἀντιστοιχεῖ στὸ σημεῖο M τῆς χαρακτηριστικῆς.

"Αν στὸ πλέγμα ἐφαρμόσωμε, ἐπὶ πλέον, μιὰ σχετικὰ μικρὴ

έναλλασσόμενη τάση U_{81} , τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα γίνεται μεταβαλλόμενο. Άποτελεῖται ἀπὸ ἕνα μέρος συνεχοῦς ρεύματος I_a καὶ ἀπὸ ἕνα μέρος ἐναλλασσομένου ρεύματος I_a .

Τώρα, γιὰ νὰ μὴ τὰ μπλέξωμε, πρέπει νὰ κάνωμε δρισμένες συμφωνίες καὶ νὰ δώσωμε μερικὰ δνόματα. Τὰ συνεχὴ μεγέθη (τάσεις ἢ ρεύματα) θὰ συμφωνήσωμε νὰ τὰ σημειώνωμε μὲ ὅρθια γράμματα (U, I). Τὰ ἐναλλασσόμενα μεγέθη θὰ τὰ γράψωμε μὲ πλάγια γράμματα (U, I), πὸ σημαίνοντας ἔνεργες ἢ μέγιστες τιμές τους (γιὰ τὶς στιγμαίες τιμὲς θὰ χρησιμοποιοῦμε τὰ μικρὰ γράμματα: u, i). Υπάρχουν καὶ ἄλλων εἰδῶν διακρίσεις πὸ χρησιμοποιοῦνται ἀπὸ ἄλλους συγγραφεῖς.

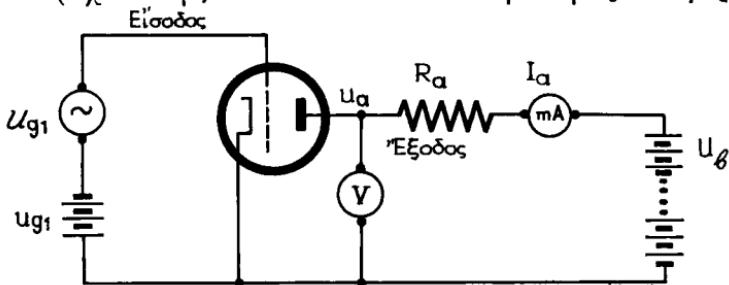
Όταν στὴ λυχνία ἔχουν ἐφαρμοσθῆ μόνο οἱ συνεχεῖς τάσεις της, θὰ λέμε ὅτι ἡ λυχνία εὑρίσκεται σὲ κατάσταση ἡρεμίας. Ή κατάσταση αὐτὴ ἀντιστοιχεῖ στὸ σημεῖο λειτουργίας (σημεῖο M τῆς ἀντίστοιχης χαρακτηριστικῆς). Τὸ ἀντίστοιχο συνεχὲς ἀνοδικὸ ρεῦμα I_a θὰ τὸ λέμε ρεῦμα ἡρεμίας.

Ἡ κατάσταση ἡρεμίας παύει, ὅταν στὸ δδηγὸ πλέγμα ἐφαρμοσθῆ μιὰ ἐναλλασσόμενη τάση, πὸ τὴν δνομάζομε διέγερση. "Όταν ὑπάρχῃ διέγερση, τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα εἶναι μεταβαλλόμενο.

Ἐκεῖνο πὸ μᾶς ἐνδιαφέρει πάνω ἀπ' δλα εἶναι, ὅπως θὰ καταλάβωμε καλύτερα στὴ συνέχεια, τὸ ἐναλλασσόμενο μέρος τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος. Μέχρις ἐδῶ ὅμως ἔχομε ὑποθέσει ὅτι χαράζοντας τὶς χαρακτηριστικὲς πλέγματος, ἡ ἀνοδικὴ τάση μένει σταθερή. Τέτοιες χαρακτηριστικὲς λέγονται στατικές. Αὐτὸς σημαίνει ὅτι ἡ ἀνοδος τῆς λυχνίας ἔχει συνδεθῆ ἀπ' εὐθείας μὲ μιὰ πηγὴ (π.χ. μιὰ στήλη), πὸ τὴν ἐσωτερικὴ τῆς ἀντίστασης ὑποτίθεται ἀμελητέα (ἢ γίνεται κατάλληλη διέρθωση). Τὸ ἐναλλασσόμενο ἀνοδικὸ ρεῦμα περνᾷ μέσα ἀπὸ μιὰ τέτοια πηγὴν χωρὶς αἰσθητὴ πτώση τάσεως. Μὲ ἄλλα λόγια, ὑπάρχει μὲν ἐναλλασσόμενο ἀνοδικὸ ρεῦμα καὶ μάλιστα ἀρκετὰ ισχυρό, ὅχι ὅμως καὶ ἐναλλασσόμενη ἀνοδικὴ τάση. Αὐτὸς εἶναι, βέβαια, ἕνα ἀχρηστὸ ἀποτέλε-

σιμα, όταν τούλάχιστο μάξιμης ένδιαιφέρη να ένισχυσωμε μιά τάση.

Η δυσκολία δὲν είναι καθόλου δξεπέραστη. Ξέρομε ότι, για να πάρωμε από το ρεύμα μιά πτώση τάσεως, φθάνει νὰ ἀναγκάσωμε τὸ ρεῦμα νὰ περάσῃ μέσα απὸ μιὰ ἀντίσταση (ώμικὴ ἢ ἄλλη σύνθετη ἀντίσταση). Φθάνει λοιπὸν νὰ συνδέσωμε μιὰ ἀντίσταση R_a ἀνάμεσα στὴν ἀνοδὸ τῆς λυχνίας καὶ τὴν πηγὴν ποὺ τὴν τροφοδοτεῖ (σχ. 9 · 1 β). Μιὰ τέτοια ἀντίσταση δνομάζεται φόρτος



Σχ. 9 · 1 β.

Λυχνία συνδεσμολογημένη σὲ ένισχυτρια τάσεως. (Η συνδεσμολογία είναι ἵδια μὲ τὸ σχ. 8 · 5 β, μόνο ποὺ προστέθηκε τὸ ἀνοδικὸ φορτίο R).

τῆς λυχνίας (ἐπειδὴ φορτώνει τὴν ἀνοδὸ τῆς). Η παρουσία τοῦ φόρτου (ἢ φορτίου) ἀλλάζει τὶς συνθῆκες λειτουργίας. Αὐτὸς θὰ τὸ ἔξετάσωμε στὶς ἐπόμενες παραγγάφους. Θὰ δοῦμε ότι ἡ λυχνία λειτουργεῖ τότε σὰν ένισχυτρια τάσεως. Η ἀσθενὴς ἐναλλασσόμενη τάση, ποὺ θέλομε νὰ ένισχυσωμε, ἐφαρμόζεται στὸ κύκλωμα τοῦ ὅδηγοῦ πλέγματος, ποὺ λέγεται καὶ κύκλωμα εἰσόδου (ἢ εἰσοδος). Η ἵδια τάση, ἀλλὰ σημαντικὰ ἴσχυρότερη, δηλαδὴ ένισχυμένη, παραλαμβάνεται πάνω στὸ φορτίο τοῦ ἀνοδικοῦ κυκλώματος, ποὺ ἀποτελεῖ ἕτοι τὸ κύκλωμα ἐξόδου τῆς λυχνίας.

9 · 2 Έπίδραση τοῦ ἀνοδικοῦ φορτίου – Εύθεια φόρτου.

Εἴπαμε ότι ἡ παρουσία τοῦ ἀνοδικοῦ φορτίου R_a (σχ. 9 · 1 β) τροποποιεῖ τὶς συνθῆκες λειτουργίας τῆς λυχνίας. Μὲ ποιό ἀκριβῶς τρόπο ἐκδηλώνεται ἡ ἐπίδραση αὐτή ;

"Αν δὲν ὑπῆρχε τὸ ἀνοδικὸ φορτίο, ή ἀνοδος τῆς λυχνίας θὰ δεχόταν ἀπ' εὐθείας δλόκληρη τὴν τάση τῆς πηγῆς τροφοδοτήσεως καὶ ή τάση αὐτὴ θὰ ἔμενε σταθερὴ γιὰ δποιοδήποτε ἀνοδικὸ ρεῦμα. Τὸ ἀνοδικὸ δμως φορτίο ἐπιβάλλει μιὰ πτώση τάσεως ἵση μὲ $R_a \cdot I_a$ (νόμος τοῦ "Ωμ"). Η πτώση αὐτὴ ἀφαιρεῖται ἀπὸ στὴν τάση τῆς πηγῆς καὶ στὴν ἀνοδο δὲν φθάνει παρὰ μόνο ή διαφορά.

Γιὰ νὰ εἴμαστε πιὸ συγκεκριμένοι, ἀς ὄνομάσωμε U_6 τὴν τάση τῆς πηγῆς τροφοδοτήσεως καὶ U_a τὴν ἀνοδικὴ τάση τῆς λυχνίας. Θὰ ἔχωμε τότε, σύμφωνα μὲ τὸν προηγούμενο συλλογισμό :

$$\text{ἀνοδικὴ τάση } U_a = U_6 - R_a I_a. \quad (1)$$

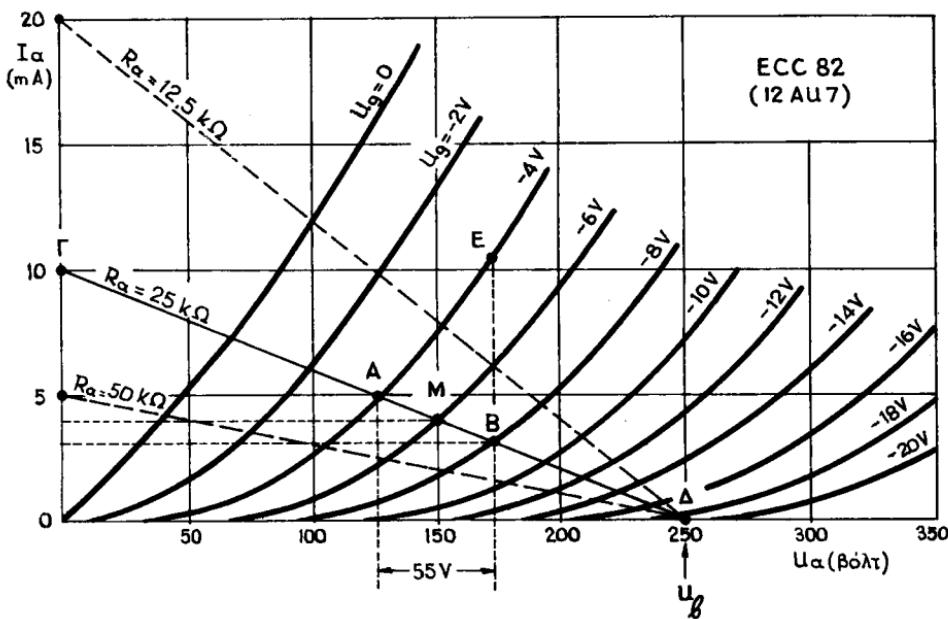
Τὸ ἀμεσο συμπέρασμα εἶναι ὅτι, ἐξ αἰτίας τῆς παρουσίας τοῦ φορτίου, ή ἀνοδικὴ τάση ἔξαρταται ἀπὸ τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα. "Οσο τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα εἶναι μεγαλύτερο, τόσο ή ἀνοδικὴ τάση μικραίνει. Τοῦτο βέβαια προϋποθέτει ὅτι ή τάση τῆς πηγῆς U_6 εἶναι δοσμένη καὶ σταθερή.

Μιὰ τέτοια ἔξαρτηση, ποὺ δὲν ὑπάρχει ὅταν ἔξαφανισθῇ (βραχυκυκλωθῇ) τὸ ἀνοδικὸ φορτίο, σημαίνει ὅτι ή ἀνοδικὴ τάση δὲν μπορεῖ πιὰ νὰ παίρνῃ δποιοδήποτε τιμὴ ἀνεξάρτητα ἀπὸ τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα, ἀρα ἀνεξάρτητα καὶ ἀπὸ τὴν πόλωση τῆς λυχνίας. Η παρουσία τοῦ φορτίου ἐπιβάλλει μιὰ καινούρια ἀλληλεξάρτηση ἀνάμεσα στὰ τρία μεγέθη U_a , I_a , U_6 .

Γιὰ νὰ δοῦμε τὸ πράγμα καλύτερα, ἀς ὑποθέσωμε ὅτι ή τάση τῆς πηγῆς εἶναι $U_6 = 250$ βὲλτ καὶ ὅτι τὸ ἀνοδικὸ φορτίο εἶναι $R_a = 25 \text{ k}\Omega$ (σχ. 9.2 α.). "Οταν $I_a = 0$, η προηγούμενη σχέση δίνει $U_a = U_6$, δηλαδὴ ή ἀνοδος δέχεται δλόκληρη τὴν τάση τῆς πηγῆς, ἀφοῦ δὲν ὑπάρχει ἀνοδικὸ ρεῦμα, ἀρα οὔτε ἀνοδικὴ πτώση τάσεως. Η κατάσταση αὐτὴ ἀντιστοιχεῖ στὸ σημεῖο Δ τοῦ σχήματος 9.2 α.

"Οταν, ἀντίθετα, τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα γίνη τόσο μεγάλο, ὥστε

ή πτώση τάσεως $R_a I_a$. να έξισωθη μὲ τὴν τάση τῆς πηγῆς U_e , σταν δηλαδὴ $U_e = R_a I_a$, τότε προφανῶς ή ἀνοδικὴ τάση τῆς λυχνίας γίνεται $U_a = 0$. Γιὰ νὰ ἔχωμε δημιουργικής $U_e = R_a I_a$, τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα πρέπει νὰ πάρῃ τὴν τιμὴν $I_a = U_e / R_a$. Στὸ παράδειγμά μας, ή τιμὴ αὐτὴ είναι $I_a = 250/25 = 10 \text{ mA}$. Καθορίζομε ἔτσι τὸ σημεῖο Γ τοῦ σχήματος 9.2 α.



Σχ. 9.2 α.
Εύθειες φόρτου γιὰ διάφορα ἀνοδικὰ φορτία.

Ἡ προηγούμενη σχέση (1) καθορίζει ὅτι δποιοδήποτε ἄλλο σημεῖο (U_a, I_a) δψεύλει νὰ εὑρίσκεται πάνω στὴν εὐθεία ΓΔ. Πραγματικά, γιὰ ἀνοδικὸ ρεῦμα π.χ. $I_a = 5 \text{ mA}$, ή ἀνοδικὴ τάση πρέπει νὰ είναι $U_a = 250 - 25 \cdot 5 = 125 \text{ βόλτα}$, πράγμα ποὺ ἀντιστοιχεῖ ἀκριβῶς στὸ σημεῖο Α τῆς εὐθείας ΓΔ.

Μιὰ τέτοια εὐθεία ΓΔ ὀνομάζεται εὐθεία φόρτου (ἢ δυναμικὴ χαρακτηριστικὴ ἀνόδου). Γιὰ νὰ τὴν χαράξωμε, ἀρκεῖ νὰ

προσδιορίσωμε, πάνω στὸν ἀξονα τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος I_a , τὸ σημεῖο Γ στὴ θέση $I_a = U_g / R_a$. Ἡ εὐθεία φόρτου περνᾶ ἀπ' αὐτὸ τὸ σημεῖο καὶ ἀπὸ τὸ σημεῖο U_B πάνω στὸν ἀξονα τῶν ἀνοδικῶν τάσεων (σημεῖο Δ). Μὲ τὸν τρόπο αὐτὸ χαράχθηκαν στὸ σχῆμα 9.2α καὶ οἱ δύο ἄλλες εὐθεῖες φόρτου, ποὺ ἀντιστοιχοῦν σὲ φορτία $R_a = 12,5 \text{ k}\Omega$ καὶ $R_a = 50 \text{ k}\Omega$. Βλέπομε δτὶ δόσο τὸ ἀνοδικὸ φορτίο αὐξάνει, τόσο οἱ εὐθεῖες φόρτου χαμηλώνουν, δηλαδὴ παρουσιάζουν μικρότερη κλίση.

Ἐὰν ξέρωμε τὴν εὐθεία φόρτου, π.χ. αὐτὴ ποὺ ἀντιστοιχεῖ σὲ ἀνοδικὸ φορτίο $R_a = 25 \text{ k}\Omega$ (σχ. 9.2α), οἱ συνθῆκες λειτουργίας τῆς λυχνίας καθορίζονται ἀμέσως, δταν δοθῆ ἔνα ἀπὸ τὰ τρία μεγέθη U_a , I_a , U_g . Π.χ. γιὰ $U_a = 150 \text{ βόλτ}$, ἡ λειτουργία τῆς λυχνίας ἀντιστοιχεῖ στὸ σημεῖο M . Τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα θὰ είναι λοιπὸν 4 mA . Αὐτὸ μᾶς δίνει ἡ εὐθεία φόρτου. Τὸ σημεῖο $Σ$ μερίσκεται συγχρόνως καὶ πάνω σὲ μιὰ (ἢ ἀνάμεσα σὲ δύο) ἀπὸ τὶς παλιὲς γνωστές μας χαρακτηριστικὲς καμπύλες, ποὺ τὶς δυνομάζομε τώρα γιὰ διάκριση στατικὲς χαρακτηριστικές. Ἡ στατικὴ χαρακτηριστική, ποὺ ἀντιστοιχεῖ στὸ σημεῖο M , δείχνει δτὶ ἡ πόλωση τῆς λυχνίας πρέπει νὰ είναι — 6 βόλτ . Ἡ λυχνία λοιπὸν λειτουργεῖ στὸ σημεῖο M μὲ $U_a = 150 \text{ V}$, $I_a = 4 \text{ mA}$ καὶ $U_g = -6 \text{ V}$.

Μποροῦμε νὰ ποῦμε γενικότερα δτὶ ἡ λυχνία δὲν μπορεῖ νὰ λειτουργήσῃ παρὰ στὰ σημεῖα ποὺ καθορίζονται ἀπὸ τὶς τομὲς ἀνάμεσα στὴν εὐθεία φόρτου καὶ στὶς στατικὲς χαρακτηριστικὲς καμπύλες. Θὰ δοῦμε ἀμέσως πόσο χρήσιμο είναι τὸ συμπέρασμα αὐτό.

9.3 Ένισχυση.

"Ας ξανάρθωμε στὴ γνωστή μας συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 9.1β. "Εστω δτὶ στὸ πλέγμα ἐφαρμόζεται μιὰ πόλωση (συνεχὴς τάση) $U_g = -6 \text{ V}$ καὶ μιὰ διέγερση (ἐναλλασσόμενη τά-

ση) μὲ πλάτος $U_g = 2V$. Ή τάση τῆς πηγῆς τροφοδοτήσεως ἀς είναι $U_b = 250V$ καὶ τὸ ἀνοδικὸ φορτίο $R_a = 25k\Omega$.

Απὸ τὴν ἀποψή τῶν συνεχῶν τάσεων, ἡ κατάσταση ἡρεμίας τῆς λυχνίας ἀντιστοιχεῖ στὸ σημεῖο λειτουργίας M τοῦ σχήματος $9 \cdot 2\alpha$. Τὸ ρεῦμα ἡρεμίας ισοῦται μὲ 4 mA.

Ἡ διέγερση κάνει ὥστε ἡ τάση τοῦ πλέγματος νὰ μεταβάλλεται ἀνάμεσα στὶς τιμὲς — 4 καὶ — 8 βόλτ. Στὶς ἀκραῖες αὐτὲς τιμές ἀντιστοιχοῦν τὰ σημεῖα A καὶ B τοῦ σχήματος $9 \cdot 2\alpha$. Τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα στὸ σημεῖο A είναι 5,1 mA, ἐνῶ τὸ ρεῦμα στὸ σημεῖο B είναι 2,9 mA. Ἐφα, τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα μεταβάλλεται κατὰ $5,1 - 2,9 = 2,2$ mA. Ομως αὐτὴ ἡ μεταβολὴ ρεύματος γίνεται μέσα ἀπὸ μιὰ ἀντίσταση $25k\Omega$ (τὸ ἀνοδικὸ φορτίο). Ἔχομε, λοιπόν, μιὰ ἀντίστοιχη μεταβολὴ τῆς ἀνοδικῆς τάσεως ίση μὲ $25 \cdot 2,2 = 55$ βόλτ.

Τὸ συμπέρασμα είναι ὅτι μιὰ διέγερση πλέγματος μὲ τιμὴ ἀπὸ κορυφὴ σὲ κορυφὴ ίση μὲ 4 βόλτ (δηλαδὴ ἀνάμεσα στὶς τιμὲς — 4 καὶ — 8 βόλτ) προκαλεῖ μιὰ ἀντίστοιχη ἐναλλασσόμενη ἀνοδικὴ τάση μὲ τιμὴ 55 βόλτ ἀπὸ κορυφὴ σὲ κορυφή. Ή διέγερση πολλαπλασιάζεται λοιπὸν μὲ ἔνα παράγοντα, ποὺ ἐδῶ είναι ίσος μὲ $55/4 = 13,7$. Κάθε βόλτ στὴν εἰσόδο τῆς λυχνίας (διέγερση) δίνει 13,7 βόλτ στὴν ἔξοδο (ἀνοδικὸ κύκλωμα).

Αντὶ νὰ λέμε ὅτι ἡ διέγερση πολλαπλασιάζεται μὲ ἔνα παράγοντα, λέμε ὅτι ἡ ἐναλλασσόμενη τάση εἰσόδου τῆς λυχνίας ἐνισχύεται. Ο παράγοντας πολλαπλασιασμοῦ (ίσος μὲ 13,7 στὸ παράδειγμά μας) ὀνομάζεται ἐνίσχυση ἢ ἀπολαβὴ. Τὴν ἐνίσχυση θὰ τὴν σημειώνωμε μὲ τὸ γράμμα A (π.χ. $A = 13,7$).

Μιὰ πολὺ σημαντικὴ παρατήρηση είναι ἡ ἔξης: "Οσο ἡ τάση τοῦ πλέγματος γίνεται λιγότερο ἀρνητική, δηλαδὴ ὅσο ἡ τάση τοῦ πλέγματος αὐξάνει (πέρασμα ἀπὸ τὸ σημεῖο M πρὸς τὸ σημεῖο A τοῦ σχήματος $9 \cdot 2\alpha$), τόσο αὐξάνει τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα καὶ ἡ πτώση τάσεως πάνω στὸ ἀνοδικὸ φορτίο καὶ, ἐπομένως, τόσο ἡ

ἀνοδικὴ τάση τῆς λυχνίας ἐλαττώνεται. Καὶ ἀντίστροφα, δέος ἡ τάση τοῦ πλέγματος ἐλαττώνεται (τὸ πλέγμα γίνεται πιὸ ἀρνητικό), τέσσος ἡ ἀνοδικὴ τάση αὐξάνει, ἀφοῦ ἡ πτώση τάσεως γίνεται μικρότερη. "Ωστε οἱ τάσεις στὸ πλέγμα καὶ στὴν ἀνοδο εὑρίσκονται σὲ ἀντίθεση μεταξύ τους: "Οσος ἡ μιὰ μεγαλώνει, τέσσος ἡ ἄλλη, μικραίνει." Αρα, ἔνας ἐνισχυτής, σὰν αὐτὸν ποὺ ἔξετάζειε εἰς ἕπεις, ἐνίσχυει ἄλλὰ καὶ συγχρόνως ἀντίστρέφει τὴν τάση ποὺ ἐφαρμόζεται στὴν εἰσόδο του. Οἱ τάσεις εἰσόδου καὶ ἔξόδου ἔχουν μεταξύ τους διαφορὰ φάσεως 180° , εὑρίσκονται δηλαδὴ σὲ πλήρη ἀντίφαση.

"Ας ἐπαναλάβωμε, τέλος, ὅτι, ἂν δὲν ὑπῆρχε τὸ ἀνοδικὸ φορτίο, ἡ ἐνίσχυση δὲν θὰ ἤταν δυνατή. Ή πηγὴ τροφοδοτήσεως, σὲ ἀπ' εὐθείας σύνδεση μὲ τὴν ἀνοδο, θὰ ἀπορροφοῦσε τὶς μεταβολές τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος χωρὶς νὰ δίνῃ καμμιὰ σημαντικὴ μεταβολὴ, τάσεως.

9.4 Ισοδύναμα κυκλώματα.

Μέχρις ἐδῶ μιλήσαμε καὶ ὑπολογίσαμε τὴν ἐνίσχυση μὲ τὴν βοήθεια τῶν χαρακτηριστικῶν καμπυλῶν τῆς λυχνίας. Τί γίνεται σημῶς ἂν δὲν ἔχωμε τὶς χαρακτηριστικὲς καὶ διαθέτωμε μονάχα τὶς παραμέτρους μ, ρ καὶ g; Θὰ δοῦμε ὅτι μποροῦμε καὶ πάλι νὰ ὑπολογίσωμε τὴν ἐνίσχυση, ἀρκεῖ νὰ γνωρίσωμε πρώτα αὐτὰ ποὺ λέμε ισοδύναμα κυκλώματα.

"Εχομεις μάθει τὴν ἔννοια τοῦ ισοδυνάμου κυκλώματος ἀπὸ προηγούμενα. Ξέρομε π.χ. ὅτι μιὰ συνδεσμολογία δύο ἀντίστασεων ισοδυναμεῖ μὲ μιὰ μόνη κατάλληλη, ἀντίσταση, ἥ ὅτι ἔνα συντονισμένο κύκλωμα ισοδυναμεῖ, στὸ συντονισμό, μὲ μιὰ ώμικη, ἀντίσταση. Κατὰ κάποιο παρόμοιο τρόπο, μιὰ λυχνία μπορεῖ νὰ ἀντικατασταθῇ ἀπὸ ἔνα ἀπλούστερο ισοδύναμο (ὑποθετικὸ) κύκλωμα, πράγμα ποὺ διευκολύνει πολὺ δρισμένους βασικοὺς ὑπολογισμούς.

"Ας πάρωμε πρώτα τὴν περίπτωση μιᾶς τρίοδης λυχνίας που είναι συνδεσμολογημένη σὲ ἐνισχύτρια σύμφωνα μὲ τὸ σχῆμα 9·1β. Ἡ συνδεσμολογία αὐτὴ μπορεῖ νὰ ἀντικατασταθῇ, σὲ ὅ,τι ἀφορᾶ στὸ ἀνοδικὸ κύκλωμα, μὲ τὸ ἰσοδύναμο κύκλωμα τοῦ σχήματος 9·4α. Στὸ ἰσοδύναμο κύκλωμα ἡ λυχνία ἔχει ἀντικατασταθῇ ἀπὸ μιὰ ἐναλλασσόμενη πηγὴ, μὲ γῆλεκτρεγερτικὴ δύναμη (τάση) — μὲ U_g σὲ σειρὰ μὲ τὴν ἐσωτερικὴ ἀντίσταση ρ τῆς λυχνίας.

'Οφείλομε νὰ δώσωμε μερικὲς ἔξι γήρασις γι' αὐτὴ τὴν ἰσοδύναμη τάση — μὲ U_g . Πρῶτα ἀπ' ὅλα U_g σημαίνει τὴν ἐναλλασσόμενη τάση τοῦ σήματος, που ἐφαρμόζεται στὴν εἰσόδο (στὸ κύκλωμα πλέγματος) τῆς λυχνίας. 'Ο παράγοντας μι μπαίνει γιατί, δπως ξέρομε, μεταβολὴ ἐνὸς βόλτη στὸ πλέγμα ἰσοδυναμεῖ μὲ μεταβολὴ μ βόλτη στὴν ἀνοδικὴ τάση (σὲ στατικὴ λειτουργία). Μένει, τέλος, τὸ ἀρνητικὸ σημεῖο «πλήν». Αὐτὸ δικαιολογεῖται ἀπὸ τὸ γεγονός δτι ἡ ἐνισχυμένη ἐναλλασσόμενη τάση στὸ ἀνοδικὸ κύκλωμα εὑρίσκεται σὲ ἀντίφαση μὲ τὴν τάση τοῦ σήματος στὴν εἰσόδο τῆς λυχνίας.

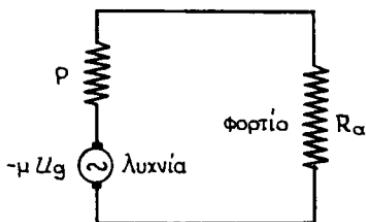
"Οταν τὸ γεγονός αὐτὸ δύπονοῦται, μποροῦμε νὰ παραλείπωμε τὸ σημεῖο «πλήν».

Τὸ ἰσοδύναμο κύκλωμα ἀναφέρεται ἀποκλειστικὰ στὰ ἐναλλασσόμενα (ἢ γενικότερα, μεταβαλλόμενα) μεγέθη, τάσεις καὶ ρεύματα. Δὲν ἔχει νὰ κάνῃ τίποτα μὲ τὰ συνεχὴ μεγέθη (πόλωση τοῦ πλέγματος, συνεχῆς ἀνοδικὴ τάση, ρεῦμα γῆρεμίας). Πραγματικά, τὰ συνεχὴ μεγέθη δὲν ἐμφανίζονται καθόλου στὸ ἰσοδύναμο κύκλωμα· δὲν πρέπει νὰ τὸ ξεχνοῦμε αὐτό.

"Ενα ἄλλο πράγμα που δὲν πρέπει νὰ ξεχνοῦμε είναι δτι τὸ ἰσοδύναμο κύκλωμα δὲν μπορεῖ νὰ χρησιμεύσῃ παρὰ γιὰ σχετικὰ μικρὰ πλάτη, τῶν ἐναλλασσόμενων μεγεθῶν. Πραγματικά, γιὰ μικρὰ πλάτη, οἱ χαρακτηριστικὲς καμπύλες τῆς λυχνίας μποροῦν νὰ ἔξοιλωνθοῦν τοπικὰ μὲ εὐθύγραμμα τμῆματα. Γιὰ μεγαλύτε-

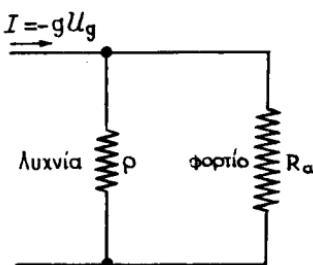
ρα πλάτη, ή λειτουργία ἐπηρεάζεται ἀπό τὴν καμπυλότητα τῶν χαρακτηριστικῶν καὶ τὸ ἀπλὸ ἴσοδύναμο κύκλωμα δὲν μπορεῖ πιὰ νὰ χρησιμοποιηθῇ. Ἡ μελέτη πρέπει τότε νὰ γίνεται ἀπ' εὐθείας πάνω στὶς χαρακτηριστικὲς καμπύλες.

Τὸ ἴσοδύναμο κύκλωμα τοῦ σχῆματος 9·4 α ἵσχει ὅχι μόνο γιὰ μιὰ τρίοδη, ἀλλὰ καὶ γιὰ μιὰ πέντοδη λυχνία. Στὴν περίπτωση δμως τῆς τέτροδης ἢ πέντοδης λυχνίας προτιμοῦμε τὴν παραλλαγὴ τοῦ ἴσοδύναμου κυκλώματος, ποὺ φαίνεται στὸ σχῆμα 9·4β. Αὐτὸ γίνεται γιατὶ ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση μιᾶς τέτροδης ἢ πέντοδης λυχνίας εἶναι σχετικὰ μεγάλη καὶ τὸ δεύτερο ἴσοδύναμο κύκλωμα προσφέρει, στὴν περίπτωση αὐτή, καλύτερες ὑπηρεσίες.



Σχ. 9·4 α.

Ίσοδύναμο κύκλωμα τρίοδης λυχνίας (κύκλωμα σταθερῆς τάσεως).



Σχ. 9·4 β.

Ίσοδύναμο κύκλωμα πέντοδης λυχνίας (κύκλωμα σταθεροῦ ρεύματος).

Τὸ δεύτερο ἴσοδύναμο κύκλωμα (σχ. 9·4β) ἀποτελεῖται καὶ πάλι ἀπὸ τὴν ἐσωτερικὴ ἀντίσταση τῆς λυχνίας καὶ ἀπὸ τὴν ἀντίσταση φόρτου (ώμικὴ ἢ σύνθετη), ποὺ τώρα δμως εἶναι συν-

δεσμολογημένες παράλληλα. Η παράλληλη αύτή συνδεσμολογία διαρρέεται: άπό τὸ ἐναλλασσόμενο ἀνοδικὸ ρεῦμα $I = -g U_g$, διόπου g εἶναι ἡ διαγωγιμότητα τῆς λυχνίας. Αὐτὸ τὸ ρεῦμα ἐπιθάλλεται άπό τὴ λυχνία, ἀνεξάρτητα άπό τὰ στοιχεῖα τοῦ κυκλώματος. Εἶναι δηλαδή, ἃς πούμε, ἐνα σταθερὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, δπως ἡταν σταθερὴ ἡ ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη — μU_g στὸ πρῶτο ἰσοδύναμο κύκλωμα. Γιὰ τὸ λόγο αὐτό, τὸ πρῶτο ἰσοδύναμο κύκλωμα τὸ λέμε *ἰσοδύναμο κύκλωμα σταθερῆς τάσεως*, ἐνῶ τὸ δεύτερο τὸ λέμε *ἰσοδύναμο κύκλωμα σταθεροῦ φεύματος*. Πάντως, καμμιαὶ οὖσιαστικὴ διαφορὰ δὲν διάρχει ἀνάμεσα στὰ δύο αὐτὰ εἰδῆ *ἰσοδυνάμων κυκλωμάτων*. Μόνο ποὺ ἄλλοτε μᾶς συμφέρει νὰ χρησιμοποιήσωμε τὸ ἔνα καὶ ἄλλοτε τὸ ἄλλο.

9.5. Υπολογισμὸς τῆς ἐνισχύσεως.

Τώρα ποὺ μάθαμε τὰ *ἰσοδύναμα κυκλώματα*, εἶναι εὕκολο νὰ *ὑπολογίσωμε τὴν ἐνισχυση μιᾶς λυχνίας*, χωρὶς νὰ χρησιμοποιήσωμε τὶς *χαρακτηριστικὲς καμπύλες τῆς*.

Ἐνισχυση δνομάζομε, σύμφωνα μὲ δσα ἔχομε μάθει, τὸν λόγο τῆς ἐναλλασσομένης τάσεως ἔξόδου πρὸς τὴν ἐναλλασσόμενη τάση εἰσόδου τῆς λυχνίας, δηλαδή:

$$\text{ἐνισχυση} \quad A = \frac{U_a}{U_g}. \quad (1)$$

Όμως ἡ τάση ἔξόδου εἶναι $U_a = R_a I_a$ (*νόμος τοῦ Ωμ*), δποι R_a τὸ ἀνοδικὸ φορτίο τῆς λυχνίας. *Άρα*

$$A = \frac{U_a}{U_g} = \frac{R_a I_a}{U_g}. \quad (2)$$

Τὸ πρόβλημα εἶναι λοιπὸν νὰ *ὑπολογίσωμε τὸ ἐναλλασσόμενο ἀνοδικὸ ρεῦμα I_a* . Θὰ χρησιμοποιήσωμε γι' αὐτὸ τὸ *ἰσοδύναμο κύκλωμα τοῦ σχῆματος 9.4 α* (*γιὰ τρίσδη λυχνία*). *Υποθέτομε* δτι τὸ ἀνοδικὸ φορτίο ἀποτελεῖται άπὸ μιὰ ωμικὴ ἀντίσταση καὶ ἐφαρμόζομε τὸ *νόμο τοῦ Ωμ* γιὰ τὸ πλήρες κύκλωμα.

Τὸ ρεῦμα θὰ ἰσοῦται μὲ τὴν ἡλεκτρεγερτικὴ δύναμη (τάση) τῆς πηγῆς διὰ τῆς συνολικῆς ἀντιστάσεως:

$$I_a = \frac{-\mu U_g}{\rho + R_a}. \quad (3)$$

"Αν στὴν προηγούμενη ἔξισωση (2) ἀντικαταστήσωμε τὸ ρεῦμα μὲ τὴν τιμὴ του καὶ ἀπλοποιήσωμε μὲ τὸ U_g , εὑρίσκομε:

$$\text{ἐνίσχυση } A = -\mu \frac{R_a}{\rho + R_a}. \quad (4)$$

Τὸ ἀρνητικὸ σημεῖο «πλὴν» δείχνει, ὅπως ξέρομε, ὅτι ἡ τάση, ἔξιδου τῆς λυχνίας εἶναι σὲ ἀντίφαση ὡς πρὸς τὴν τάση εἰσόδου. Κατὰ τὰ ἄλλα, ἡ ἐνίσχυση ἰσοῦται, σύμφωνα μὲ τὸν τύπο, ἵνε τὸ γινόμενο τοῦ συντελεστῆ ἐνισχύσεως μ τῆς λυχνίας ἐπὶ ἓνα κλάσμα $\frac{R_a}{\rho + R_a}$. Τὸ κλάσμα αὐτό, ποὺ ἔχει παρονομαστὴ μεγαλύτερο ἀπὸ τὸν ἀριθμητὴ του, εἶναι μικρότερο ἀπὸ τὴν μονάδα.

"Αρα, ἡ ἐνίσχυση A εἶναι πάντοτε μικρότερη ἀπὸ τὸν συντελεστὴν ἐνισχύσεως μ (δὲν πρέπει νὰ συγχέωμε τὴν ἐνίσχυση μὲ τὸν συντελεστὴν ἐνισχύσεως τῆς λυχνίας). "Οσο ἡ ἀντίσταση φόρτου γίνεται μεγαλύτερη σχετικὰ μὲ τὴν ἑσωτερικὴ ἀντίσταση τῆς λυχνίας, τόσο τὸ κλάσμα πλησιάζει στὴ μονάδα καὶ τόσο ἡ ἐνίσχυση πλησιάζει τὸν συντελεστὴν ἐνισχύσεως. "Έχομε λοιπὸν συμφέρον, γιὰ νὰ αὐξήσωμε τὴν ἐνίσχυση, νὰ αὐξήσωμε δοσο μποροῦμε τὸ ἀνοδικὸ φορτίο. "Εκτὸς ἀπὸ τὸν συντελεστὴν ἐνισχύσεως καὶ τὶς δύο ἀντιστάσεις ρ καὶ R_a , ἡ ἐνίσχυση δὲν ἔξαρτᾶται ἀπὸ ἄλλους παράγοντες (τουλάχιστον μέσα στὰ ὅρια ποὺ τὸ ἰσοδύναμο κύκλωμα μπορεῖ νὰ χρησιμοποιηθῇ).

"Ας ἐψαρμόσωμε τὸν τύπο τῆς ἐνισχύσεως στὸ παράδειγμα ποὺ πήραμε στὴν παρ. 9·3. Εἴχαμε τότε $\mu = 17,5$, $\rho = 7 \text{ k}\Omega$ καὶ $R_a = 25 \text{ k}\Omega$. "Αρα, παραλείποντας τὸ ἀρνητικὸ σημεῖο τοῦ τύπου:

$$A = \mu \frac{R_a}{\rho + R_a} = 17,5 \cdot \frac{25}{32} = 13,7.$$

Τὸ ἔδιο ἀποτέλεσμα εἴχαμε βρεῖ χρησιμοποιώντας τὶς χαρακτηριστικὲς καμπύλες τὶς λυχνίας.

Μὲ ἀνάλογο τρόπο, μποροῦμε νὰ βογθηθοῦμε ἀπὸ τὸ δεύτερο ἰσοδύναμο κύκλωμα (σχ 9·4β), στὴν περίπτωση μιᾶς πέντοδης λυχνίας. Θὰ παραλείψωμε τὶς πράξεις καὶ θὰ δώσωμε τὸ ἀποτέλεσμα. Θὰ δημιουργήσωμε μάλιστα, δπως συμβαίνει συνήθως, δτι ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση τῆς πέντοδης λυχνίας εἶναι ἀρκετὰ μεγάλη σὲ σχέση μὲ τὴν ἀντίσταση φόρτου. Εὑρίσκομε τότε:

$$\text{ἐνίσχυση } A = - g R_a, \quad (5)$$

δπου g εἶναι ἡ διαγωγμότητα τῆς λυχνίας. "Αν ἡ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση ρ δὲν εἶναι ἀρκετὰ μεγάλη, τότε ἔχομε:

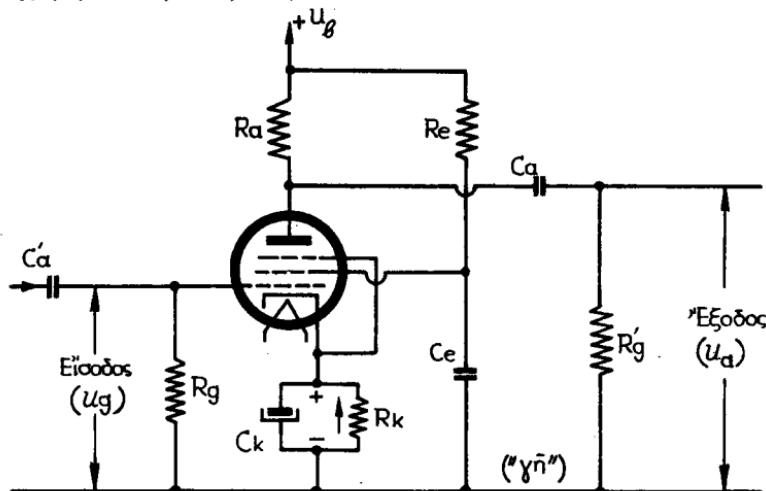
$$A = - g \frac{\rho R_a}{\rho + R_a}. \text{ Π.χ. γιὰ μιὰ πέντοδη μὲ } g = 2 \text{ mA/V καὶ } R_a = 100 \text{ k}\Omega, \text{ ή } \text{ἐνίσχυση } \theta\alpha \text{ εἶναι } A = 2 \cdot 100 = 200, \text{ (ἡ } \text{ἐσωτερικὴ } \text{ἀντίσταση, τῆς } \text{τάξεως } \text{τοῦ } \text{μεγκώμ, εἶναι } \text{πραγματικὰ } \text{ἀρκετὰ } \text{μεγάλη } \text{μπροστὰ } \text{στὸ } \text{ἀνοδικὸ } \text{φορτίο, } \text{ἴσο } \text{ἔδῶ } \text{μὲ } 0,1 \text{ M}\Omega).$$

"Επιβεβαιώνομε λοιπὸν δτι ἡ ἐνίσχυση, ποὺ μπορεῖ νὰ δώσῃ μιὰ πέντοδη λυχνία, εἶναι πολὺ μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν ἐνίσχυση μιᾶς τρίοδης λυχνίας. Αὐτὸ δημως δὲν σημαίνει δτι ἡ πέντοδη εἶναι πάντοτε, ἀπὸ κάθε ἀποψη, ἡ καλύτερη.

9·6 Ἐνισχυτὲς τάσεως μὲ ἀντιστάσεις (Χ.Σ.).

Μποροῦμε τώρα νὰ δοῦμε μὲ ποιό τρόπο ἔνας ἐνισχυτὴς πραγματοποιεῖται στὴν πράξη. "Η βάση εἶναι πάντα τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 9·1β. Τὸ πραγματικὸ δημως κύκλωμα τοῦ ἐνισχυτῆ περιλαμβάνει διάφορες λεπτομέρειες. "Ἐτσι, στὴν περίπτωση μιᾶς πέντοδης λυχνίας, τὸ πραγματικὸ κύκλωμα διαμορφώνεται δπως δείχνει τὸ σχῆμα 9·6α. Τὸ ἔδιο κύκλωμα ἴσχυει, κατ' ἀρχήν, καὶ γιὰ μιὰ τρίοδη λυχνία, μόνο ποὺ τότε δεύτερο καὶ τρίτο πλέγμα δὲν ὑπάρχουν, οὔτε καὶ τὰ στοιχεῖα κυκλωμάτων ποὺ συνδέονται μὲ τὰ ἡλεκτρόδια αὐτά. Οἱ τιμὲς τῶν διαφόρων στοιχεί-

ων R καὶ C διαφέρουν, βέβαια, ἀπὸ λυχνία σὲ λυχνία. Πάντως, δὲ ένισχυτής δὲν περιλαμβάνει παρὰ ωμικὲς ἀντιστάσεις καὶ πυκνωτὲς (πηγή αὐτὸν δὲν διάρχουν). Τὸ ἀνοδικὸ φορτίο, εἰδικότερα, ἀποτελεῖται ἀπὸ μιὰ ωμικὴ ἀντισταση. Ἐπειδὴ, ἐπὶ πλέον, ἔνας τέτοιος ένισχυτής προορίζεται γιὰ νὰ ένισχύσῃ μιὰ τάση, γι' αὗτὸ τὸν λέμε ένισχυτή τάσεως μὲ άντιστάσεις. Θὰ συμπληρώσωμε, πρὸς τὸ παρόν, τὶς γενικὲς γνώσεις μας γιὰ τέτοιους ένισχυτὲς σὲ χαμηλὲς συχνότητες (Χ.Σ.).



Σχ. 9·6 α.

Ένισχυτής τάσεως μὲ άντιστάσεις. Παράδειγμα: Λυχνία: 6AU6. Τάση τροφοδοτήσεως ἀνόδου $U_B = 300$ V. Είσοδος: $C_a = 10000$ pF, $R_g = 470$ k Ω . Κάθοδος: $R_k = 1000$ Ω . $C_k = 12$ μ F (ἡλεκτρολυτικός). Προστ. πλέγμα: $R_e = 470$ k Ω , $C_e = 0,1$ μ F. Έξοδος: $R_a = 220$ k Ω , $C_a = 10000$ pF, $R'_g = 470$ k Ω . Ένισχυση $A = 200$ περίπου. (Τὸ κύκλωμα θερμάνσεως τοῦ νήματος δὲν δείχνεται στὸ σχῆμα).

Οἱ λεπτομέρειες τοῦ πραγματικοῦ κυκλώματος (σχ. 9·6 α) ἔχουν ἀνάγκη νὰ ἔξιγγηθοῦν. Θὰ τὶς πάρωμε μὲ τὴ σειρά, ἀπὸ τὴν εἰσοδὸ πρὸς τὴν ἔξοδὸ τοῦ ένισχυτῆ.

Είσοδος (δδηγὴ πλέγμα): Ο πυκνωτής C' αἱχει σκοπὸ γὰ

ιμὴν ἀφῆνη νὰ περνοῦν πρὸς τὸ πλέγμα παρὰ μονάχα ἐναλλασσόμενες τάσεις. Στὴν περίπτωση ἐνὸς ἐνισχυτῆ μὲ πολλὲς βαθμίδες (μὲ πολλὲς λυχνίες), δι πυκνωτής C' αἱ ἀνήκει στὴ βαθμίδα τῆς προγραμμένης λυχνίας. Ἡ ἀντίσταση R_g χρησιμεύει γιὰ νὰ ἔξασφαλίσῃ στὸ διδγῆ πλέγμα τὸ σταθερὸ δύναμικὸ τῆς «γῆς» ἢ τῆς «μάζας» (ἢ, πρακτικά, τοῦ σασί).

Κάθοδος: Ἡ κάθοδος συνδέεται πρὸς τὴν μάζα διὰ μέσου τοῦ παραλλήλου κυκλώματος R_kC_k. Τὸ κύκλωμα αὐτὸ ἔχει τὸν προσορισμὸ νὰ ἔξασφαλίσῃ τὴν ἀρνητικὴ πόλωση τοῦ πλέγματος ὡς πρὸς τὴν κάθοδο. Τοῦτο γίνεται μὲ τὸν ἑξῆς τρόπο: Στὴν κατάσταση ἡρεμίας, τὸ συνεχὲς ρεῦμα τῆς λυχνίας ἀποτελεῖται ἀπὸ ἡλεκτρόνια ποὺ ἔκεινοῦν ἀπὸ τὴν κάθοδο τῆς λυχνίας, φθάνουν στὴν ἀνόδο καὶ στὸ προστατευτικὸ πλέγμα, διαρρέουν τὰ ἀντίστοιχα κυκλώματα καὶ ἔχανάρχονται στὴν κάθοδο. Κατὰ τὴν ἐπιστροφὴ τους, τὰ ἡλεκτρόνια περνοῦν μέσα ἀπὸ τὴν ἀντίσταση καθόδου R_k: Ἡ ἀντίσταση αὐτὴ προκαλεῖ μιὰ πτώση τάσεως ἵση, μὲ R_kI_o, δῆπου I_o εἰναι τὸ δλικὸ ἡλεκτρονικὸ ρεῦμα τῆς λυχνίας (ἀνόδου καὶ προστατευτικοῦ πλέγματος). Ἐπειδὴ μάλιστα τὰ ἡλεκτρόνια προχωροῦν ἀπὸ τὸ «πλήγη» πρὸς τὸ «σύν», γίπτώσῃ τάσεως εἰναι τέτοια, ὥστε ἡ μάζα νὰ γίνεται ἀρνητικὴ ὡς πρὸς τὴν κάθοδο. Τὸ ἕδιο ἀρνητικὸ γίνεται καὶ τὸ πλέγμα ποὺ εὑρίσκεται σὲ ἀγώγιμη σύνδεση μὲ τὴν μάζα. Ἔτσι, τὸ πλέγμα πολύνεται ἀρνητικά. Τίποτε ἀπὸ δλα αὐτὰ δὲν ἀλλάζει σὲ κατάσταση διεγέρσεως. Εἰναι ἀλήθεια ὅτι τότε τὸ ρεῦμα τῆς λυχνίας περιέχει καὶ μιὰ ἐναλλασσόμενη συνιστώσα. Αὐτὴ δημιουργεῖται, χωρὶς συγμαντικὴ πτώση τάσεως, μέσα ἀπὸ τὸν ἀρκετὰ μεγάλο πυκνωτὴ C_k (συνήθως ἡλεκτρολυτικό). Ὁ πυκνωτὴς αὐτὸς εἰναι τόσο μεγάλος, ὥστε γίπτωση τοῦ ἀντίσταση νὰ εἰναι ἀμελητέα μπροστὰ στὴν ὀλιμικὴ ἀντίσταση R_k καὶ τοῦτο γιὰ δλες τὶς συγχέτητες, δῆπου εἰναι πιθανὸ νὰ χρησιμοποιηθῇ δι ενισχυτῆς. Ἔτσι, κάθε ἐναλλασσόμενη συνιστώσα διαρρέει μέσα ἀπὸ τὸν

πυκνωτὴ C_k , ποὺ γι' αὐτὸ καὶ δνομάζεται πυκνωτὴς διαρροῆς. Τὸ πλέγμα μένει πάντα πολωμένο σὲ μιὰ σταθερὴ συνεχὴ ἀρνητικὴ τάση. Δηλαδὴ ἀκριβῶς (ἢ τουλάχιστο μὲ μεγάλῃ προσέγγιση) τὰν νὰ εἰχαμε ἐξασφαλίσει τὴν πόλωση μὲ μιὰ στήλη, δπως τὸ εἴχαμε ὑποθέσει δις τώρα. Ἔνας τέτοιος τρόπος πολώσεως μὲ κύκλωμα $R_k C_k$ δνομάζεται αὐτοπόλωση (δηλαδὴ πόλωση, χωρὶς τὴν γρησιμοποίηση μιᾶς ιδιαίτερης ἔχουριστης πργγῆς).

Προστατευτικὸ πλέγμα. Ἡ θετικὴ τάση τοῦ προστατευτικοῦ πλέγματος ἐξασφαλίζεται διὰ μέσου τῆς ὡμικῆς ἀντιστάσεως R_e . Ἐπειδὴ καὶ ἐδὼ θέλομε ἡ τάση αὐτὴ νὰ εἶναι σταθερή, χρησιμοποιοῦμε καὶ πάλι ἕνα πυκνωτὴ διαρροῆς C_e . Κάθε ἐναλλασσόμενη συνιστώσα ρεύματος διαρρέει πρὸς τὴν μάζα μέσα ἀπὸ τὸν πυκνωτὴ διαρροῆς καὶ ἔτσι ἡ συνεχὴς τάση τοῦ προστατευτικοῦ πλέγματος μένει σταθερὴ (πρέπει καὶ πάλι ἡ χωρητικὴ ἀντίσταση $I_w C_e$ νὰ εἶναι μικρὴ μπροστὰ στὴν ἀντίσταση R_e).

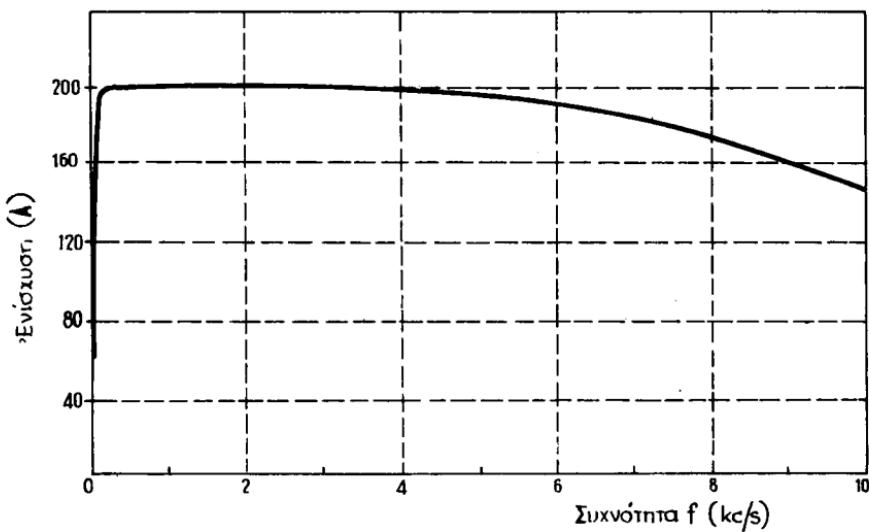
Πλέγμα ἀναστολῆς: Τὸ τρίτο πλέγμα εἶναι ἀπ' εὑθείας ἐνωμένο μὲ τὴν κάθοδο τῆς λυχνίας.

"Ἐξοδος: Τὸ ἀνοδικὸ φορτίο ἀποτελεῖται ἀπὸ τὴν ὡμικὴ ἀντίσταση R_a . Ἡ ἐναλλασσόμενη συνιστώσα τῆς ἀνοδικῆς τάσεως ἐδηγεῖται πρὸς τὴν ἐξόδο μέσα ἀπὸ τὸν πυκνωτὴ C_a (καλὴς ποιότητας) ποὺ τὸν ὄνομαζομε πυκνωτὴ συζεύξεως. Ἐτοι, στὴν ἐξόδο εὑρίσκομεις μέσον τὴν ἐνισχυμένη ἐναλλασσόμενη τάση, ποὺ μᾶς ἐνδιαφέρει, ἐνῷ ὁ πυκνωτὴς συζεύξεως σταματᾷ τὴν συνεχὴ ἀνοδικὴ τάση. Τὴν ἐναλλασσόμενη τάση ἐξόδου τὴν παραλαμβάνομε πάνω σὲ μιὰ ὡμικὴ ἀντίσταση R'_g . Ἀν ὑπάρχῃ ἐπόμενη βαθμίδα ἐνισχύσεως, τότε ἡ ἀντίσταση R'_g θὰ ἀνήκῃ στὸ κύκλωμα διηγγοῦ πλέγματος τῆς ἐπομένης βαθμίδας.

Ἡ ἐνίσχυση ποὺ δίνει ἔνας τέτοιος ἐνισχυτὴς ὑπολογίζεται σύμφωνα μὲ δσα εἴπαμε στὶς προηγούμενες παραγράφους. Πρέπει δημος νὰ παρατηρήσωμε δτι τὸ πραγματικὸ κύκλωμα (σχ. 9·6α)

περιέχει πολὺ περισσότερα στοιχεῖα ἀπὸ ὅ, τι ἡ ἀρχικὴ συνδεσιολογία τοῦ σχήματος 9 · 1 β. Τύπαρχουν ιδίως πυκνωτές, πού, ὅπως ξέρομε, ἡ χωρητική τους ἀντίσταση μεταβάλλεται μὲ τὴν συγνότητα. Ἐάρα καὶ ἡ ἐνίσχυση πρέπει γενικὰ νὰ ἔξχρτάται ἀπὸ τὴν συγνότητα. Πραγματικά, στὶς πολὺ χαμηλές συγνότητες (συνήθως κάτω ἀπὸ 100 c/s), ἡ ἐνίσχυση ἐλαττώνεται, ἐξ αἰτίας κυρίως τῆς παρουσίας τοῦ πυκνωτῆς συζεύξεως C_a . Ηρός τὶς ὑψηλέτερες ἀκουστικὲς συγνότητες (πάνω, ἀς ποῦμε, ἀπὸ 5 ἕως 6 kc/s), ἡ ἐνίσχυση ἐλαττώνεται καὶ πάλι, ἀλλὰ αὐτῇ τῇ φορᾷ ἐξ αἰτίας κυρίως τῶν παρασιτικῶν χωρητικοτήτων τῆς λυχνίας. Στὶς ἐνδιάμεσες συγνότητες, ἀς ποῦμε γύρω στοὺς 1 000 c/s, ἡ ἐνίσχυση γίνεται ἡ μέγιστη δυνατή. Στὴν μεσαία αὐτῇ περιοχῇ συγνοτήτων, οἱ διάφοροι πυκνωτὲς ἔχουν ἀμελητέα ἐπιδρασην. "Οσα εἴπαμε στὶς προηγούμενες παραγράφους γιὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῆς ἐνισχύσεως, ἴσχύουν κυρίως στὴν μεσαία αὐτῇ περιοχῇ συγνοτήτων.

Ἡ καμπύλη τοῦ σχήματος 9 · 6 β δείχνει μὲ ποὺδ περίπου



Σχ. 9 · 6 β.
Καμπύλη ἀποκρίσεως ἐνισχυτῆ.

τρέπο νή ένισχυση μεταβάλλεται, ὅταν νή συχνότητα αὔξανη ξεκινώντας ἀπὸ τὸ μηδέν. Τὴν καμπύλην αὐτὴ τὴν ὄνομαζομε καμπύλην ἀποκρίσεως τοῦ ένισχυτῆς. Εἶναι δυνατὸν νὰ κατασκευάσωμε ένισχυτές ποὺ νὰ ένισχύουν πρακτικὰ δμοιόμορφα, δηλαδὴ μὲ μιὰ καὶ τὴν ἔδια ένισχυση, δλόκληρη τὴν περιοχὴ τῶν χαμηλῶν συχνοτήτων (π.χ. ἀπὸ 20 c/s ὥς 20 000 c/s). Μιὰ τέτοια δμοιόμορφη ένισχυση εἶναι προφανῶς ἀπαραίτητη γιὰ τὴν καλὴ ἀναπαραγγή τοῦ ἵχου στὰ ραδιόφωνα ἢ σὲ ἄλλες παρόμοιες διατάξεις.

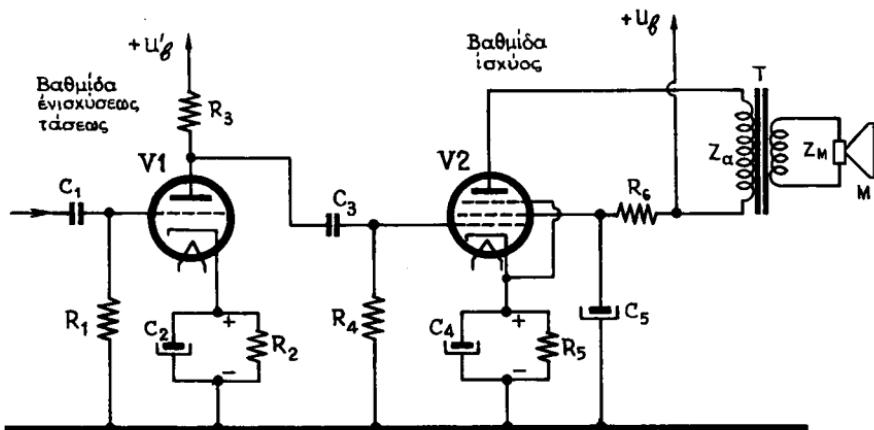
9.7 Ένισχυτές ίσχύος (Χ. Σ.).

Ο ένισχυτῆς τῆς προηγουμένης παραγράφου (σχ. 9·6 α) εἶναι κατάλληλος γιὰ νὰ ένισχύσῃ μιὰ τάση χαμηλῆς συχνότητας. Φθάνει π.χ. νὰ ἐφαρμόσωμε στὴν εἰσόδο ἕνα σῆμα (ἐναλλασσόμενο) μὲ ἑνεργὸ τιμὴ 0,1 βόλτ, γιὰ νὰ πάρωμε στὴν ἔξοδο μιὰ ένισχυμένη τάση 20 βόλτ περίπου. Ομως, πόση εἶναι η ίσχὺς ποὺ αὐτὴ νή τάση ἔξοδου U_a ἀναπτύσσει πάνω στὴν ἀντίσταση ἔξοδου R_g ? Η ίσχὺς αὐτὴ εἶναι, σπως ξέρομε (παρ. 3·2), ἵση μὲ $P = U_a^2/R_g$, δηλαδὴ, στὸ παραδειγμά μας, $P = 20^2/470\,000 = 400/470\,000$, περίπου ἵση μὲ 0,001 W ἢ μὲ 1 mW. Τόσο μικρὴ ίσχὺς δὲν μπορεῖ νὰ γρηγοριοποιηθῇ γιὰ νὰ κινήσῃ μιὰ συσκευή, π.χ. ἕνα μεγάφωνο. Ενα μεγάφωνο χρειάζεται πραγματικά, γιὰ νὰ λειτουργήσῃ, ίσχὺς ἓνες ἢ λίγων βάττ, δηλαδὴ χιλιάδες φορὲς μεγαλύτερη. Γιὰ νὰ ἔξασφαλίσωμε μιὰ τέτοια ίσχύ, δ προηγούμενος ένισχυτῆς τάσεως πρέπει νὰ συμπληρωθῇ μὲ μιὰ βαθμίδα ένισχυτῆ ίσχύος.

Ο ένισχυτῆς ίσχύος έκμεταλλεύεται καὶ αὐτὸς τὶς ἔδιες ένισχυτικὲς ικανότητες ποὺ ἔχει μιὰ λυχνία, δμως μὲ διαφορετικὸ τρόπο. Αὐτὸ σημαίνει δτι καὶ η λυχνία εἶναι διαφορετικὴ (πιὸ ίσχυρὴ) καὶ τὸ κύκλωμα διαφορετικό. Τὸ σχῆμα 9·7 α δείχνει ἕνα σύνολο μὲ μιὰ βαθμίδα ένισχυτῆ τάσεως (πήραμε ἔδω μιὰ τρισδιη λυχνία) καὶ μιὰ βαθμίδα ένισχυτῆ ίσχύος (τρίσδη ἢ πέν-

τοδη λυχνία ίσχύος). Θά έξηγήσωμε τώρα μὲ συντομία μὲ ποιὸ τρέπο συγκροτεῖται μιὰ βαθμίδα ίσχύος.

Μιὰ βασικὴ διαφορὰ ἀνάμεσα στὶς δύο βαθμίδες τάσεως καὶ ίσχύος είναι γὶ ἔξοδος: Ἐνῶ γὶ ἔξοδος (ἄνοδος) τῆς πρώτης βαθμίδας συνδέεται πρὸς τὴν εἰσόδο τῆς δεύτερης μὲ ἐνα πυκνωτὴ (C₃), τὸ ἄνοδικὸ κύκλωμα τῆς βαθμίδας ίσχύος περιλαμβάνει ἐνα μετα-



Σχ. 9.7 α.

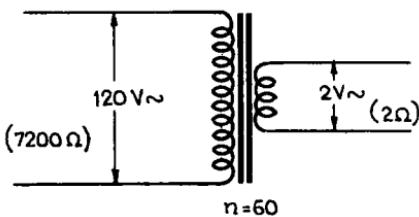
Ένισχυτής χαμηλῆς συχνότητας. Παράδειγμα: Ένισχυση τάσεως: λυχνία V1 = ECC83, U'_B = 180 V, R₁ = 220 k, R_s = 2000 Ω, R₅ = 100 kΩ, C₁ = 10000 pF, C₂ = 4 μF (ἡλεκτρ.), C₃ = 10000 pF, ένισχυση A = 40. Βαθμίδα ίσχύος: λυχνία V2 = EL84, U_B = 300 V, R₄ = 220 k, R₅ = 300 Ω, R₆ = 5 kΩ, C₄ = 50 μF (ἡλεκτρολ.). C₅ = 16 μF (ἡλεκτρολ.). T = μετασχηματιστής έξοδου (Z_M = 22, Z_a = 700 Ω).

σηματιστή (T). Κατὰ τὰ ἄλλα, γὶ πόλωση τοῦ πλέγματος ἀπὸ τὴν κάθοδο (R₅ C₄), καθὼς καὶ γὶ τροφοδότηση τοῦ προστατευτικοῦ πλέγματος (R₆ C₅), γίνονται μὲ βάση αὐτὰ πὸ εἴπαμε στὴν προηγούμενη παράγραφο (οἱ τιμὲς τῶν στοιχείων είναι βέβαια διαφορετικές).

Γιατί στὴν έξοδο τῆς βαθμίδας ίσχύος χρειάζεται ἐνας μετασχηματιστής; Ή ἀνάγκη γεννιέται ἀπὸ τὸ γεγονὸς ὅτι ἐνα με-

γάφων (για νὰ μείνωμε στὸ παράδειγμα ἑνὸς μεγαφώνου) ἔχει σύνθετη ἀντίσταση, ποὺ κυμαίνεται συνήθως μεταξὺ 2 καὶ 10 ὅμι περίπου . Απὸ τὴν ἀλλη μεριά, μιὰ ἐνισχύτρια λυχνία ίσχυός πρέπει νὰ ἔχῃ ἀνοδικὸ φορτίο ἀνάμεσα σὲ 3 000 καὶ 12 000 ὅμι περίπου, δηλαδὴ λίγες χιλιάδες φορὲς μεγαλύτερο ἀπὸ τὴν ἀντίσταση τοῦ μεγαφώνου . Τὸ μεγάφωνο δὲν μπορεῖ λοιπὸν νὰ συνδεθῇ ἀπ' εὐθείας στὴν ἀνοδὸ τῆς λυχνίας . Γιὰ νὰ συμβιβάσωμε τὰ πράγματα, ἡ ὅπως λέμε, γιὰ νὰ προσαρμόσωμε τὴν κατανάλωση πρὸς τὴν πηγὴ (δηλαδὴ τὸ μεγάφωνο πρὸς τὴν λυχνία), χρησιμοποιοῦμε τὸν μετασχηματιστή . Ο μετασχηματιστής αὐτὸς δυναμάζεται εἰδικότερα μετασχηματιστής προσαρμογῆς ἢ μετασχηματιστής ἔξοδου ἢ μετασχηματιστής μεγαφώνου .

"Ας δοῦμε λίγο καλύτερα μὲ ποιὸ τρόπο ἔργαζεται αὐτὸς ὁ μετασχηματιστής . "Ας τὸν πάρωμε ἔχωριστὰ (σχ. 9·7β) καὶ ἀς



Σχ. 9·7β.
Μετασχηματιστής ἔξοδου .

ἐφαρμόσωμε στὸ δευτερεύον του μιὰ ἐναλλασσόμενη τάση, π.γ. 2 βόλτ . Στὸ πρωτεύον μετροῦμε μιὰ ἀλλη τάση, ὑψηλότερη, π.γ. 120 βόλτ . Ο λόγος τῶν δύο τάσεων $120/2 = 60$, δυναμάζεται λόγος μετασχηματισμοῦ καὶ γράφεται μὲ τὸ γράμμα π (ἔδω ἔχομε $n = 60$). Αὕτη σημαίνει δτὶ τὸ πρωτεύον ἔχει ἔδω 60 φορὲς περισσότερες σπεῖρες ἀπὸ τὸ δευτερεύον .

"Αν τώρα συνδέσωμε στὰ ἄκρα τοῦ δευτερεύοντος μιὰ ἀντίσταση Z_M , (σχ. 9·7α), αὕτη μεταφέρεται στὸ πρωτεύον πολλα-

πλασιασμένη μὲ τὸν παράγοντα n^2 . «Μεταφέρεται» σημαίνει ότι, πρὸς τὴν πλευρὰ τοῦ πρωτεύοντος, δὲ μετασχηματιστὴς ισοδυναμεῖ μὲ μιὰ ἀντίσταση:

$$Z_a = n^2 Z_M. \quad (1)$$

Στὸ παράδειγμά μας μὲ $Z_M = 2$ ὄμ., ἡ ισοδύναμη ἀντίσταση πρὸς τὴν πλευρὰ τοῦ πρωτεύοντος θὰ εἰναι $Z_a = 60^2 \cdot 2 = 3600 \cdot 2 = 7200$ ὄμ. "Ενας τέτοιος μετασχηματιστὴς εἰναι λοιπὸν κατάλληλος γιὰ νὰ χρησιμοποιηθῇ στὸν ἐνισχυτὴ τοῦ σχήματος 9 · 7α. Οἱ κατασκευαστὲς τέτοιων μετασχηματιστῶν δένουν συνήθως ἀπ' εὐθείας τὴν ἀντίσταση στὸ πρωτεύον γιὰ μιὰ δοσμένη ἀντίσταση, στὸ δευτερεύον. "Ετσι, γὲ ἐκλογὴ τοῦ μετασχηματιστῆς δὲν παρουσιάζει δύσκολίες.

Δὲν θὰ μπορεῖ ἐδῶ σὲ περισσότερες λεπτομέρειες, θὰ ἔξετάσιμιε ὠστέο μὲ συντομίᾳ πόση περίπου ἵσχε μπορεῖ νὰ δώσῃ μιὰ ἐνισχυτικὴ βαθμίδα σὰν αὐτὴ τοῦ σχήματος 9 · 7α. "Εστω ότι γὲ λυχνία ἴσχυος δέχεται στὴν εἰσοδό της μερικὰ βόλτ, π.χ. 5 βόλτ (ἐνεργὸς τιμή). Τὸ δόηγὸ πλέγμα ὑποτίθεται ότι εἰναι ἀρκετὰ ἀρνητικὰ πολωμένο, ὥστε νὰ μὴ γίνεται ποτὲ θετικὸ καὶ νὰ μὴ τραβᾶ ποτὲ ρεῦμα. "Η τάση εἰσόδου ἐνισχύεται, δηλαδὴ πολλαπλασιάζεται μὲ τὴν ἐνίσχυση $A = g Z_a$ (παρ. 9 · 5). "Αν ὑποθέσωμε ότι γὲ διαγωγιμότητα τῆς λυχνίας εἰναι $g = 3$ mA/V, θὰ ἔχωμε $A = 3 \cdot 7 = 21$. "Η ἐναλλασσόμενη τάση ἔξεδου θὰ εἰναι λοιπὸν $U_a = 5 \cdot 21 = 105$ βόλτ (ἐνεργὸς τιμή). "Η ἐναλλασσόμενη ἴσχυς ἔξεδου θὰ εἰναι:

$$P_{ee} = \frac{U_a^2}{Z_a} = \frac{105^2}{7000} = \frac{11000}{7000} = 1,6 \text{ βάττ.}$$

Αὐτὴ εἰναι γὲ ὀφέλιμη ἐναλλασσόμενη ἴσχυς. "Η ἴσχυς αὐτὴ δὲν παρέχεται ἀπὸ τὴν εἰσοδο τῆς λυχνίας, οὕτε παράγεται βέβαια ἀπὸ τὸ μηδέν. Τὴν δένει γὲ πηγὴ συνεχοῦς τάσεως ποὺ τροφοδοτεῖ τὴν ἀνεδο τῆς λυχνίας. "Η λυχνία χρησιμεῖς ἀκριβῶς γιὰ νὰ μετατρέπη ἐνα μέρος ἀπὸ τὴν ἴσχυ τροφοδοτήσεως σὲ ὀφέ-

λιμηνή έναλλασσόμενη ίσχυά. Μὲ τὴ διαφορὰ ὅτι ἡ ἀνοδικὴ πηγὴν προσφέρει στὴ λυχνία μιὰ σημαντικὰ μεγαλύτερη συνολικὴ ίσχυ. Ή συνολικὴ ίσχυὸς τροφοδοτήσεως εἶναι $P_{\tau\varphi} = U_6 I_a$, ὅπου ἡ συνεχῆς τάση τῆς πηγῆς εἶναι π.χ. $U_6 = 300 \text{ V}$ καὶ τὸ συνεχὲς ἀνοδικὸ ρεῦμα $I_a = 35 \text{ mA}$ (παραλείπομε ἐδῶ τὴν ίσχὺ ποὺ καταναλώνεται στὸ προστατευτικὸ πλέγμα). Θὰ ἔχωμε λοιπὸν $P_{\tau\varphi} = U_6 I_a = 300 \cdot 0,035 = 10,5 \text{ βάττ.}$ Ό λόγος τῆς ὠφέλιμης έναλλασσομένης ίσχύος πρὸς τὴν ίσχὺ τροφοδοτήσεως δίνει τὸν βαθμὸ ἀπόδοσεως ἢ τὴν ἀπόδοση τῆς λυχνίας. Στὸ παράδειγμά μας, ἔχομε ἀπόδοση:

$$\eta = \frac{P_{\tau\varphi}}{P_{\tau\varphi}} = \frac{1,6}{10,5} = 0,15, \text{ δηλαδὴ } 15\%.$$

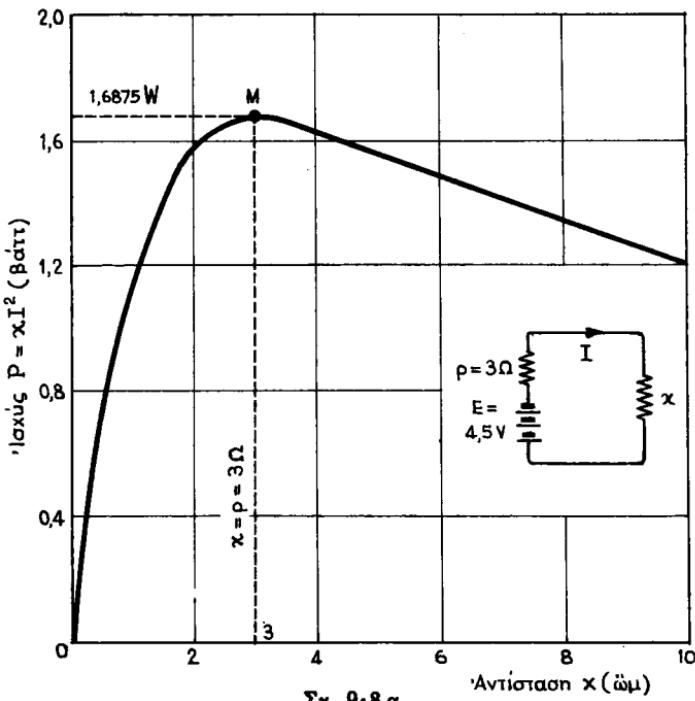
Μιὰ τέτοια ἀπόδοση εἶναι ἀσφαλῶς μᾶλλον μικρή. Δὲν θὰ ἐπεκταθοῦμε δμως ἐδῶ σὲ περισσότερη διερεύνηση καὶ δὲν θὰ ἀναζητήσωμε, πρὸς τὸ παρόν, τοὺς τρόπους μὲ τοὺς δποίους ἢ ἀπόδοση μπορεῖ νὰ καλυτερεύσῃ.

Ἐνα τελευταῖο ζήτημα, ποὺ σχετίζεται μὲ τοὺς ένισχυτές ίσχύος, εἶναι ἡ παραμόρφωση. Δὲν ἀρκεῖ, δηλαδή, νὰ ένισχύσωμε τὴν ίσχὺ τοῦ σήματος. Πρέπει συγχρόνως νὰ ἀποφύγωμε νὰ τὸ παραμόρφωσωμε. Ή παραμόρφωση μπορεῖ καὶ αὐτὴ νὰ ὑπολογισθῇ καὶ νὰ περιστρέψῃ μὲ διαφόρους τρόπους, ποὺ ἐπίσης δὲν θὰ έκθέσωμε ἐδῶ. Γενικά, μιὰ τρίσδη λυχνία δίνει λιγότερη παραμόρφωση ἀπὸ μιὰ πέντοδη. Σὲ ἔνα σχετικὰ καλὸ ένισχυτή, ἡ παραμόρφωση δὲν ὑπερβαίνει συνήθως λίγες μονάδες ἐπὶ τοῖς έκατὸ (π.χ. 1% γιὰ ἔνα καλὸ ένισχυτή).

Τελικά, ἔνας καλὸς ένισχυτής χαμηλῆς συγνότητας πρέπει νὰ εἶναι τέτοιος, ὥστε ἡ βαθμίδα (ἢ οἱ βαθμίδες) ένισχύσεως τάσεως νὰ ένισχύουν πρακτικὰ δμοιόμορφα δλόκληρη τὴν περιοχὴ τῶν χαμηλῶν συγνοτήτων, ἐνῶ συγχρόνως ἡ βαθμίδα ίσχύος νὰ προκαλῇ τὴν λιγότερη δυνατὴ παραμόρφωση.

9.8 Προσαρμογή.

Στήν προηγούμενη παράγραφο είδαμε μια περίπτωση προσαρμογής (του μεγαφώνου πρὸς τὴ λυχνία ἵσχυος). Τὸ πρόβλημα τῆς προσαρμογῆς εἶναι ἔνα γενικὸ καὶ βασικὸ πρόβλημα. Θὰ τὸ ἔξετάσωμε ἐδῶ στήν ἀπλὴ περίπτωση ποὺ μιὰ θύμικὴ ἀντίσταση (κατανάλωση) χ συνδέεται πρὸς μία πηγὴ μὲ συνεχὴ γήλεκτρεγερτικὴ δύναμη E καὶ ἐσωτερικὴ ἀντίσταση ρ (σχ. 9.8 α).



Προσαρμογὴ μιᾶς καταναλώσεως χ πρὸς μία πηγὴ E.

Τὸ ρεῦμα στὸ κύκλωμα θὰ εἶναι, σύμφωνα μὲ τὸ νόμος τοῦ "Ωμ", $I = \frac{E}{\rho + \chi}$. Ἀρα, ἡ ἴσχυς ποὺ καταναλώνεται στήν ἐσωτερικὴ ἀντίσταση χ θὰ εἶναι:

$$P = \chi I^2 = E^2 \frac{\chi}{(\rho + \chi)^2}. \quad (1)$$

"Ας υποθέσωμε π.χ. ότι $E = 4,5$ βόλτ και $\rho = 3$ Ώμ. "Αν τότε δώσωμε στήν αντίσταση χ τις τιμές $0, 1, 2, 3, 4, \dots$ Ώμ, ο παραπάνω τύπος μᾶς δίνει τήν αντίστοιχη ίσχυ.

Η. χ. γιὰ $\chi = 0$, εὑρίσκομε $P = 0$. Γιὰ $\chi = 1$ εὑρίσκομε

$$P = (4,5)^2 \frac{1}{(3+1)^2} = \frac{20,25}{16} = 1,266 \text{ βάττ, κλπ. Τὰ ἀποτελέσματα τὰ συγκεντρώνομε σὲ ἔνα σχῆμα (σχ. 9·8α), που μᾶς δίνει ἀμέσως τήν ίσχὺ που ἀντιστοιχεῖ σὲ κάθε τιμὴ τῆς ἀντίστασεως χ .$$

'Η οὐσία, που βγαίνει ἀπὸ τὸ σχῆμα αὐτό, εἶναι ότι η ίσχὺς γίνεται μέγιστη, δταρ η ἐξωτερικὴ ἀντίσταση φόροιν (χ) γίνεται ίση μὲ τὴν ἐσωτερικὴ ἀντίσταση τῆς πηγῆς ($\chi = \rho = 3$ Ώμ). Τὸ νὰ ἐπιτύχωμε αὐτὴν τὴν ίσότητα (ἢ περίπου) τὸ λέμε προσαρμογὴ. Λέμε ἐπίσης ότι τότε η κατανάλωση εἶναι προσαρμοσμένη πρὸς τὴν πηγὴν που τὴν τροφοδοτεῖ.

"Ας υπενθυμίσωμε, τέλος, ότι τὸ βασικὸ αὐτὸ συμπέρασμα εἶναι γενικὸ (δὲν ἔξαρτάται ἀπὸ τοὺς ἀριθμοὺς που πήραμε γιὰ παράδειγμα). Μόνο ποὺ, στὴν πράξη, τὰ πράγματα μπορεῖ νὰ παρουσιασθῶν ἀρκετὰ πολυπλοκότερα, δπότε καὶ ἀναζητοῦμε γιὰ τὴν προσαρμογὴ, τὴν καλύτερη προσέγγιση.

9.9 Διάφορα είδη ένισχυτῶν — Τάξεις Α, Β, Γ.

'Εξετάσαμε στὸ Κεφάλαιο αὐτὸ τὴν ἐνίσχυση, ἀπὸ μιὰ γενικὴ ἀποψὺ, παρ' ὅλο ποὺ τὰ παραδείγματά μας ἀφοροῦσαν κυρίως στὴν περιοχὴ, τῶν χαμηλῶν συγνοτήτων. Οἱ διάφοροι ζημιῶς ἐνισχυτὲς παρουσιάζονται στὴν πράξη, μεγάλῃ, ποικιλίᾳ. Θὰ ἀναφέρωμε μερικὲς ἀπὸ τὶς βασικότερες διακρίσεις.

— 'Ως πρὸς τὴν συγνότητα λειτουργίας : Διακρίνομε τοὺς ἐνισχυτὲς χαμηλῆς ἢ ὑψηλῆς συγνότητας.

— 'Ως πρὸς τὴν ἴσχυν ἔξοδου : "Αν γὰρ ίσχὺς ἔξοδου εἰναι ἀσήμαντη, ἔχομε ἐνισχυτὴ τάσεως. Ἐλλοισθε, πρόκειται γιὰ ἐνισχυτὴ ἴσχύος.

— 'Ως πρὸς τὸ ἀνοδικὸ φορτίο : "Εχομε ἐνισχυτὲς μὲ ἀντιστάσεις (ὥλιμικές), μὲ μεταχγηματιστὴ, μὲ συντονισμένη κύκλωμα, κλπ.

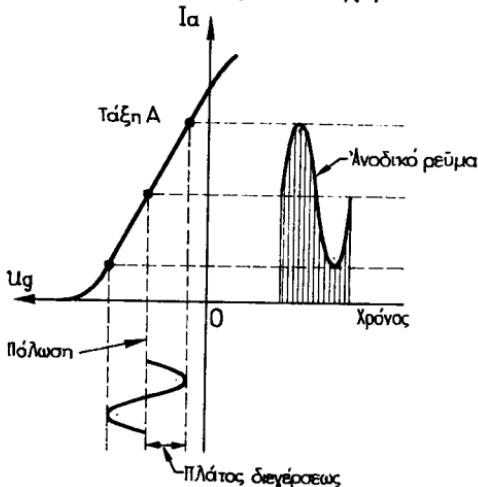
— 'Ως πρὸς τὴν τάξη λειτουργίας : "Πάρχουν τρεῖς βασικὲς τάξεις λειτουργίας (A, B, Γ), γιὰ τὶς ὅποιες μιλοῦμε ἀμέσως παρακάτω. "Ετοι, δὲ ἐνισχυτὴς τοῦ σχήματος 9 · 6 α θὰ χρακτηρισθῇ σὰν « ἐνισχυτὴς τάσεως χαμηλῆς συγνότητας μὲ ἀντιστάσεις σὲ τάξη A ».

"Ο χρακτηρισμὸς τῆς τάξεως λειτουργίας ἔξαρταται βασικὰ ἀπὸ τὸ πλάτος τῆς ἐναλλασσομένης διεγέρσεως (U_g) σὲ σχέση μὲ τὴ συνεχὴ ἀρνητικὴ πόλωση (U_g) τοῦ δδηγοῦ πλέγματος.

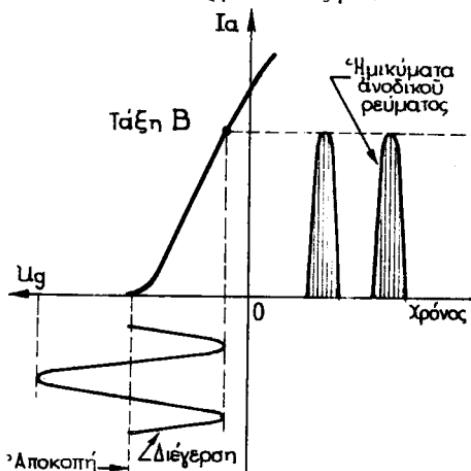
Τάξη A : Τὸ πλάτος τῆς διεγέρσεως εἰναι μικρότερο ἀπὸ τὸ ἀντίθετο τῆς πολώσεως, ἐνῷ συγχρόνως τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα δὲν μηδενίζεται ποτέ. "Αν π.χ. γὰρ συνεχὴς πόλωση εἰναι $U_g = -4\text{ V}$, τὸ πλάτος τῆς διεγέρσεως πρέπει νὰ εἰναι, στὴν τάξη A, μικρότερο ἀπὸ 4 V (θὰ λέγαμε καλύτερα μικρότερο ἀπὸ 3 V), (σχ. 9 · 9 α). Τὸ δδηγὸ πλέγμα δὲν γίνεται ἔτσι ποτὲ θετικό. "Επὶ πλέον, τὸ πλάτος τῆς διεγέρσεως περιορίζεται ἀρκετά, ὥστε γὰρ λυχνία νὰ λειτουργῇ σὲ πρακτικὰ εὐθύγραμμο τμῆμα τῆς χρακτηριστικῆς τῆς. "Η παραμόρφωση γίνεται, μὲ τὸν τρόπο αὐτό, γὰρ μικρότερη δυνατή. "Η λειτουργία σὲ τάξη A χρησιμοποιεῖται γενικὰ στοὺς ἐνισχυτὲς τάσεως τῶν δεκτῶν. Χρησιμοποιεῖται ἐπίσης στὴν ἐνισχυσῃ ἴσχύος, ὅμως μὲ σχετικὰ μικρὸ βαθμὸ ἀποδόσεως (π.χ. 10% ὡς 20%).

Τάξη B : Σὲ κατάσταση γρεμίας, γὰρ λυχνία σὲ τάξη B εὐρίσκεται πολωμένη περίπου στὴν ἀποκοπὴ τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος (ἀνοδικὸ ρεῦμα = 0). "Οταν τότε ἐφαρμοσθῇ γιὰ διέγερση,

ἀνοδικό ρεύμα ἀναπτύσσεται μόνο κατά τις θετικές ἐναλλαγές τῆς διεγέρσεως (σχ. 9·9β). Τὸ δὲ πληγμα πλέγμα μπορεῖ καὶ πάλι: νὰ μὴ γίνεται ποτὲ θετικό, δπότε λέμε ὅτι ἔχομε εἰδικότερα τάξη

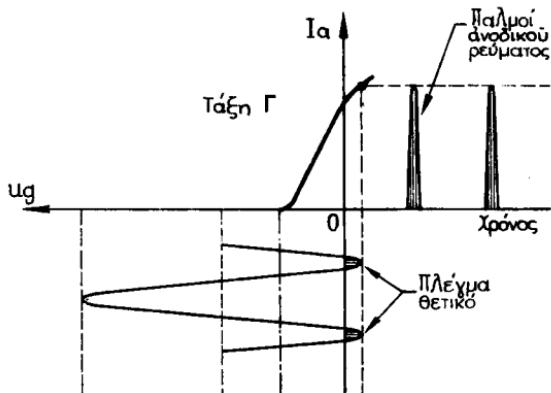


Σχ. 9·9α.
Λειτουργία σὲ τάξη Α.



Σχ. 9·9β.
Λειτουργία σὲ τάξη Β (εἰδικότερα, Β1).

B1. Μπορεῖ όμως τὸ δδηγγὸ πλέγμα νὰ γίνεται, γιὰ μικρὰ χρονικὰ διαστήματα, ἀκόμα καὶ θετικό, διότε καὶ θὰ διάρχη ρεῦμα πλέγματος (τάξη B2). Τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα ἀποτελεῖται, πάντως, ἀπὸ ημικύματα. Τὰ ημικύματα ἔχουν πολὺ διαφορετικὴ μορφὴ ἀπὸ τὴν ημιτονικὴ διέγερση, ὑπάρχει δηλαδὴ σημαντικὴ παραμόρφωση, ποὺ τὴν καταπολεμοῦμε, ὅπως θὰ δοῦμε ἀργότερα, μὲ τὰ λεγόμενα συμμετρικὰ κυκλώματα. Σὲ ἀντιστάθμισμα, τὸ συνεχὲς ἀνοδικὸ ρεῦμα μένει ἀρκετὰ μικρὸ σχετικὰ μὲ τὸ ἐναλλασσόμενο μέρος. Αὐτὸ θὰ πῆ δι βαθμὸς ἀποδόσεως σὲ τάξη B εἶναι πολὺ καλύτερος ἀπὸ δ, τι σὲ τάξη A (π.χ. 60%). "Ας προσ-



Σχ. 9.9 γ.
Λειτουργία σὲ τάξη Γ.

θέτωμε δι τὸ διάρχη καὶ ἐνδιάμεση τάξη λειτουργίας AB, ἀνάμεσα στὶς τάξεις A καὶ B. Ή συνεχὴς πόλωση τοῦ πλέγματος εἰναι τότε πιὸ ἀρνητικὴ ἀπὸ δ, τι σὲ τάξη A, ὅχι οἷμως μέχρι τὴν ἀποκοπή. Σὲ τάξη AB, ἀνοδικὸ ρεῦμα ἀναπτύσσεται κατὰ τὰ 3/4 περίπου τῆς περιόδου τῆς διεγέρσεως. AB1 καὶ AB2 σημαίνουν προφανῶς τάξεις AB χωρὶς ρεῦμα ἢ μὲ ρεῦμα δδηγγοῦ πλέγματος.

Τάξη Γ: Ή πόλωση τοῦ δδηγγοῦ πλέγματος γίνεται ἀκόμα πιὸ ἀρνητική, πάνω ἀπὸ τὸ διπλάσιο τῆς πολύσεις ἀποκοπῆς.

Ανοδικὸ ρεῦμα δὲν ἀναπτύσσεται παρὰ μόνο κατὰ τὴ διάρκεια ἐνὸς σχετικὰ μικροῦ μέρους τῆς θετικῆς ήμιπεριόδου τῆς διεγέρσεως (σχ. 9·9 γ). Τὸ δδηγὸ πλέγμα γίνεται, στὶς κορυφὲς τῆς θετικῆς ήμιπεριόδου, πολὺ θετικὸ (ὑπάρχει ρεῦμα πλέγματος). Ἡ παραμόρφωση, στὴν ἔξοδο εἰναι μεγάλη, καταπολεμεῖται ὅμως μὲ τὴ βούθεια συντονισμένου κυκλώματος στὴν ἄνοδο. Ἀντίθετα, ἡ βαθὺδεξ αποδόσεως εἰναι ὁ ὑψηλότερος δυνατὸς (π.χ. 90%). Γι' αὐτὸ καὶ γί τάξη, Γ χρησιμοποιεῖται σχεδὸν ἀποκλειστικὰ στοὺς ἐνισχυτές ὑψηλῆς συχνότητας τῶν πομπῶν, ὅπου γί οἰκονομία σὲ λισχὴ γίνεται προφανῶς βασικὸ ζήτημα.

Θὰ γνωρίσωμε καλύτερα αὐτὰ τὰ διάφορα εἴδη ἐνισχύσεως σὲ ἐπόμενα Κεφάλαια, ὅπου καὶ θὰ συμπληρώσωμε τὶς γνώσεις μας γιὰ τοὺς ἐνισχυτές.

9·10 Ἡ μονάδα ντεσιμπέλ (db).

Ἡ μονάδα ντεσιμπέλ (Decibel, σύμβολο db) εἰναι πολὺ γρήγορη στὴ ραδιοτεχνία. Θὰ ἀκούσωμε συχνὰ ἐνα ραδιοτεχνίτη νὰ λέη « ἔχομε ἐνισχυση τόσα db » ή « ἔχομε ἔξασθένηση τόσα db ». Θὰ ἔξηγήσωμε δο γίνεται πιὸ ἀπλούστερα τὸ τι εἰναι αὐτὴ γί μονάδα. Ἡ ἔξηγηση δὲν μπορεῖ νιστόσο νὰ εἰναι καὶ τόσο ἀπλή, καὶ τοῦτο γιατὶ τώρα ἔχομε ἀνάγκη νὰ χρησιμοποιήσωμε τὴν ἔννοια τοῦ λογαρίθμου. Ἔτσι, θὰ προσπαθήσωμε πρῶτα νὰ καταλάβωμε τὸ πράγμα δο γίνεται καλύτερα, κατόπιν δμως θὰ δώσωμε ἐνα πίνακα ποὺ θὰ κάνῃ τὴν πρακτικὴ χρησιμοποίηση εὐκολότερη.

Πολὺ συχνά, ὅταν ἔχωμε νὰ συγχρίνωμε δύο δμοειδὴ μεγέθη, δὲν μᾶς ἐνδιαφέρουν οἱ ἀπόλυτες τιμές τους, ἀλλὰ οἱ λόγοι τους. Π.χ. τὸ αὐτὸ μας αἰσθάνεται τὸ ἕδιο αἰσθημα αὐξήσεως τῆς ἐντάσεως ὅταν γί λισχὴς ἐνὸς γῆχου περνᾶ ἀπὸ 0,2 στὸ διπλάσιο 0,4 βάττ., η ἀπὸ 0,5 στὸ διπλάσιο 1 βάττ. Ἄρκει δτι οἱ λισχεῖς, ἀσχετικὰ ἀπὸ τὶς τιμές τους, εύρεσκονται στὸν ἕδιο λόγο 1/2.

Κάτι παρόμοιο συμβαίνει καὶ μὲ τὴ συγνότητα τοῦ ἥχου. Γι' αὐτὸν καὶ τὰ μουσικὰ διεκστήματα δρίζονται μὲ τέτοιο τρόπο, ὅπερ εἰ συγνότητες ποὺ τὰ καθορίζουν νὰ ἔχουν δρισμένους λόγους, ἀσχετα ἀπὸ τὶς τιμὲς τῶν συγνοτήτων. Στὴν εἰδικὴ περίπτωση ποὺ ἡ συγνότητα διπλασιάζεται, λέμε ὅτι ἔχομε διάστημα μιᾶς διπλάσιας (π.χ. ἀπὸ τὸ $do = 258,7$ c/s ὧς τὴ διπλάσια συγνότητα $do = 517,3$ c/s).

"Ἄξ πάρωμε τὴ συγκεκριμένη περίπτωση ἐνδὲ ἐνίσχυτὴ ἰσχύος. "Εστοι ὅτι στὴν εἴσοδο καταναλώνεται μιὰ ἰσχὺς P_1 , ἐνῷ στὴν ἔξοδο παίρνομε μιὰ μεγαλύτερη ἰσχὺ P_2 . Ὅπάρχει τότε μιὰ ἐνίσχυση ἰσχύος ἵση μὲ τὸ λόγο P_2/P_1 . Τώρα, ἀντὶ νὰ χρησιμοποιοῦμε ἀπ' εὐθείας αὐτὸν τὸν λόγο, χρησιμοποιοῦμε τὸ λογάριθμὸν τού. Πιὸ καλύτερα, χρησιμοποιοῦμε τὸ δεκαδικὸ λογάριθμὸ τοῦ λόγου τῶν ἰσχύων πολλαπλασιασμένο ἐπὶ 10, δηλαδὴ χρησιμοποιοῦμε τὸν ἀριθμὸ 10 λογ $\frac{P_2}{P_1}$. Λέμε τότε ὅτι ὁ ἀριθμὸς αὐτὸς μετρᾷ τὴν ἐνίσχυση σὲ μονάδες ντεσιμπέλ (db). "Οταν τὴν ἐνίσχυση τὴν μετροῦμε ἔτσι σὲ db, τὴν δύνομάζομε συνηθέστερα ἀπολαβή. "Έχομε λοιπὸν ἀπολαβή, δηλαδὴ λόγος ἰσχύων σὲ db:

$$N = 10 \cdot \log \frac{P_2}{P_1}. \quad (1)$$

Π.χ., ὅταν ἡ ἰσχὺς διπλασιάζεται, ἔχομε $P_2/P_1 = 2$, λογ 2 = 0,301 (ἀπὸ τοὺς λογαριθμικοὺς πίνακες) καὶ ἐπομένως: ἀπολαβή $N = 10 \cdot 0,301 = 3$ db περίπου.

"Εγα db ἀντιστοιχεῖ σὲ αὔξηση ἰσχύος 20,90%, δηλαδὴ ἀντιστοιχεῖ σὲ λόγο $P_2/P_1 = 1,259$. Γιὰ εὖρωμε σὲ ποιὸ λόγο ἀντιστοιχοῦν τὰ N db, ἀρκεῖ νὰ πολλαπλασιάσωμε τὸ 1,259 ἐπὶ τὸν ἑαυτό του N φορές. "Ετοι, τὰ 3 db ἀντιστοιχοῦν σὲ λόγο ἰσχύος $1,259 \cdot 1,259 \cdot 1,259 = 2$.

Μπορεῖ ὅμως νὰ μὴν ἔχωμε νὰ κάνωμε μὲ μιὰ ἐνίσχυση

Ισχύος, άλλα μὲ μιὰ ἔξασθένηση. Π.χ. ή ίσχὺς στὴν ἔξοδο ἐνὸς ηλεκτρικοῦ δικτύου μπορεῖ νὰ είναι μικρότερη ἀπὸ τὴν ίσχὺν στὴν εἰσοδο. Τότε ὁ λόγος P_2/P_1 είναι μικρότερος ἀπὸ τὴν μονάδα. Γιὰ νὰ μετρήσωμε τὴν ἔξασθένη σὲ db, ἀντιστρέφομε τὸ λόγο, ὥστε τὸ κλάσμα P_1/P_2 νὰ είναι μεγαλύτερο ἀπὸ τὴν μονάδα, καὶ λογαριάζομε τὸν ἀριθμὸ $10 \cdot \log P_1/P_2$. Τὸ ἀποτέλεσμα τὸ γράφομε σὰν ἀρνητικὰ db, διότι τὸ ἀρνητικὸ σημαίνει ἔξασθένηση. Π.χ. γιὰ πτώση τῆς ίσχύος στὸ μισό, θὰ είναι: $P_2/P_1 = 1/2$, ἀρα $P_1/P_2 = 2$ καὶ $10 \cdot \log 2 = 10 \cdot 0,301 = 3$ db περίπου, δηλαδὴ ἔχομε ἔξασθένηση ποὺ τὴν μετροῦμε μὲ — 3 db.

Τὸ πάρχει ἀκόμα ή περίπτωση νὰ ἔχωμε περισσότερους ἐνισχυτές ίσχύος, τὸν ἓνα κατόπιν τοῦ ἄλλου. "Αν καθένας πολλαπλασιάζῃ τὴν ίσχὺν ἐπὶ 2, τότε ή ίσχύς, γιὰ δύο ἐνισχυτές, πολλαπλασιάζεται τελικὰ ἐπὶ $2 \cdot 2 = 4$. Λόγος 2 ἀντιστοιχεῖ σὲ ἀπολαβὴ 3 db ἐνώ λόγος 4 ἀντιστοιχεῖ σὲ ἀπολαβὴ 6 db (περίπου), δηλαδὴ σὲ $3 + 3 = 6$ db. Αντὶ λοιπὸν νὰ πολλαπλασιάζωμε τὶς ἐνισχύσεις, ἀρκεῖ νὰ προσθέτωμε τὶς ἀπολαβὲς σὲ db. Αὐτὸς μᾶς διευκολύνει, γιατὶ ή πρόσθεση είναι εύκολωτερη ἀπὸ τὸ πολλαπλασιασμό.

Πρέπει νὰ προσέξωμε ὅτι τὸ db δὲν είναι μονάδα ίσχύος, ἀλλὰ μονάδα λόγου ίσχύων. Τὸ νὰ λέμε ὅτι ἔχομε μιὰ ίσχὺν 3 db δὲν σημαίνει τίποτε. 3 db σημαίνει μονάχα μιὰ ίσχὺν διπλάσια ἀπὸ μιὰ ἄλλη. "Απὸ ποιά ἄλλη σμως; Πρέπει νὰ τὸ καθορίζωμε, πρέπει δηλαδὴ νὰ καθορίζωμε μιὰ βάση. "Εστω ὅτι ή βάση είναι 0,5 βάττ. Τέτει ίσχὺς 3 db ὡς πρὸς αὐτὴ τὴν βάση είναι: τὸ διπλάσιο τοῦ 0,5, δηλαδὴ 1 βάττ. Η βάση ἀντιστοιχεῖ προφανῶς σὲ 0 db, καὶ τοῦτο γιατὶ ὁ ἀντίστοιχος λόγος (τῆς βάσεως ὡς πρὸς τὸν ἑαυτό της) είναι 1, καὶ ἐ λογ 1 = 0. Στὸ παράδειγμά μας τὴν βάση 0,5 βάττ ποροῦμε νὰ τὴν γράψωμε 0 db = 0,5 βάττ. "Αν δὲν καθορισθῇ ή βάση, τὰ db καθορίζουν λόγους, ἀλλὰ ὅχι καὶ ἀπόλυτες τιμές.

Οσα εἰπαμε ὡς ἔδω ἀφοροῦν στοὺς λόγους ἴσχύων. Ὁμως γὰρ ἴσχύει, δταν καταναλώνεται πάνω σὲ μιὰ δρισμένη καὶ σταθερὴ ἀντίσταση, εἶναι ἀνάλογη πρὸς τὸ τετράγωνο τῆς τάσεως E^2 γὰρ τὸ τετράγωνο τοῦ ρεύματος I^2 . Ἐξ αἰτίας αὐτοῦ, οἱ λόγοι τάσεων γὰρ ρευμάτων μετροῦνται σὲ db σύμφωνα μὲ τὸν τύπο:

$$\text{γιὰ τάσεις (ἢ ρεύματα), λόγος σὲ db } N = 20 \cdot \log \frac{E_2}{E_1}. \quad (2)$$

Ἐστω π.χ. δτι $E_2/E_1 = 1,4142$. Ο λόγος αὐτὸς ἀντιστοιχεῖ σὲ $20 \cdot \log 1,4142 = 20 \cdot 0,1505 = 3$ db. Ο ἀντιστοιχος λόγος ἴσχυων εἶναι $P_2/P_1 = (1,4142)^2 = 2$, ποὺ μετρεῖται, δπως ξέρομε, πάλι μὲ 3 db. Όταν λοιπὸν λέμε λόγος 3 db, αὐτὸν μπορεῖ νὰ ἀντιστοιχῇ εἴτε σὲ λόγο ἴσχυων $2/1$, εἴτε, ποὺ εἶναι τὸ ἔδιο πράγμα, σὲ λόγο τάσεων $1,4142/1$.

Ἐνα db λόγου τάσεως ἀντιστοιχεῖ σὲ αὔξηση τάσεως $12,2\%$, δηλαδὴ σὲ λόγο τάσεων $1,122$. Ἐτοι, δταν πρόκειται γιὰ τάσεις, 3 db σημαίνουν λόγο $1,122 \cdot 1,122 \cdot 1,122 = 1,4142$. Κατὰ τὰ ἄλλα, δσα εἰπαμε γιὰ τὴν ἔξασθενηση, τὴν πρέσθεση τῶν db καὶ τὸν καθορισμὸ τῆς βάσεως ἴσχυουν τὸ ἔδιο καλὰ καὶ στὴν περίπτωση τῶν τάσεων (ἢ τῶν ρευμάτων).

Ο Πίνακας 8 δίνει, γιὰ τὴν πρακτικὴ χρήση, τοὺς λόγους ποὺ ἀντιστοιχοῦν σὲ διαφόρους ἀριθμοὺς db. Μποροῦμε ἐπίσης, ἀντίστροφα, νὰ βροῦμε ἀπὸ τὸν Πίνακα πέσα db ἀντιστοιχοῦν σὲ ἕνα δρισμένο λόγο ἐνισχύσεως ἢ ἔξασθενήσεως. Τὸ πάρχουν καὶ πιὸ λεπτομερεῖς Πίνακες, ποὺ μποροῦν νὰ χρησιμοποιηθοῦν δταν γὰρ πράξη ἀπαιτῆ περισσότερη, ἀκρίβεια.

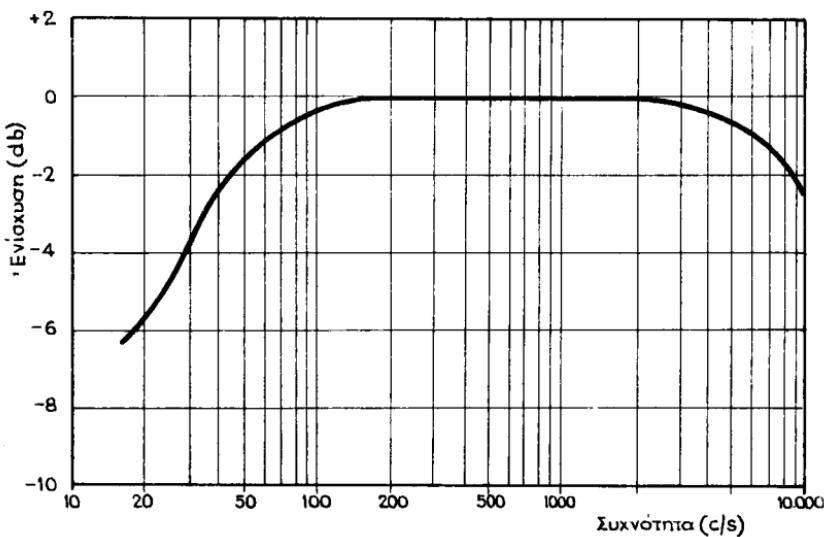
Σὰν ἔνας εἶδος ἐφαρμογῆς, θὰ πάρωμε τὴν καμπύλη ἀποκρίσεως ἐνδε ἐνισχυτῆ (σχ. 9·6β) καὶ θὰ τὴν ἔχανχαράξωμε σὲ νέες κλίμακες. Τὴν ἐνίσχυση θὰ τὴν μετροῦμε σὲ db. Γιὰ τὴν συχνέτητα θὰ χρησιμοποιήσωμε μιὰ λογαριθμικὴ κλίμακα. Μιὰ λογαριθμικὴ κλίμακα εἶναι μιὰ ἀνομοιόμορφη κλίμακα τέτοια, ἵστε ἵσοι λόγοι νὰ ἀντιστοιχοῦν σὲ ἵσα μήκη. Π.χ. μποροῦμε νὰ

ΠΙΝΑΚΑΣ 8
Ντεσιμπέλ (db).

'Εξασθένηση		← — db + →	'Ενίσχυση	
Λόγος τάσεων ή φευμάτων	Λόγος ισχύων		Λόγος ισχύων	Λόγος τάσεων ή φευμάτων
1,000	1,000	0	1,000	1,000
0,944	0,891	0,5	1,122	1,059
0,891	0,794	1	1,259	1,122
0,794	0,631	2	1,585	1,259
0,708	0,501	3	1,995	1,413
0,631	0,398	4	2,512	1,585
0,562	0,316	5	3,162	1,778
0,501	0,251	6	3,981	1,995
0,447	0,200	7	5,012	2,289
0,398	0,159	8	6,310	2,512
0,355	0,126	9	7,943	2,818
0,316	0,100	10	10,0	3,162
0,251	0,063 1	12	15,9	3,98
0,200	0,039 8	14	25,1	5,01
0,159	0,025 1	16	39,8	6,31
0,126	0,015 9	18	63,1	7,94
0,100	0,010 0	20	100	10,0
0,081 6	0,001 0	30	1000	31,6
0,010 0	0,000 1	40	10 000	100
0,003 16	0,000 01	50	100 000	316
0,001	0,000 001	60	1000 000	1000
$3,16 \cdot 10^{-4}$	10^{-7}	70	10^7	$3,16 \cdot 10^3$
10^{-4}	10^{-8}	80	10^8	10^4
$3,16 \cdot 10^{-5}$	10^{-9}	90	10^9	$3,16 \cdot 10^4$
10^{-5}	10^{-10}	100	10^{10}	10^5

διαπιστώσωμε στὸ σχῆμα 9·10 α ὅτι τὸ μῆκος μεταξὺ 10 καὶ 100 είναι ἵσο μὲ τὸ μῆκος μεταξὺ 100 καὶ 1 000, κλπ.

Γιὰ νὰ μετρήσωμε τὴν ἐνίσχυση σὲ db, παίρνομε σὰν βάση 0 db τὴν μεγαλύτερη, ἐνίσχυση, ἵση στὸ παράδειγμα μὲ 200. Τότε, ἡ ἐνίσχυση 160 ἀντιστοιχεῖ σὲ λόγο $160/200 = 0,8$, δηλαδὴ σὲ ἑξαστένηση — 2 db περίπου (πρόκειται γιὰ λόγο τάσεων, βλέπε Πίνακα 8), ἡ ἐνίσχυση 120 ἀντιστοιχεῖ σὲ λόγο $120/200 = 0,6$, δηλαδὴ σὲ — 4,5 db περίπου, κλπ. Ξέροντας καὶ τὶς ἀντίστοιχες συγχρότητες ἀπὸ τὸ σχῆμα 9·6 β, μποροῦμε εύκολα νὰ χαράξουμε τὸ νέο σχῆμα 9·10 α.



Σχ. 9·10 α.

Η καμπύλη ἀποκρίσεως τοῦ σχήματος 9·6 β χαραγμένη σὲ νέες κλίμακες (σὲ db γιὰ τὴν ἐνίσχυση, σὲ λογαριθμικὴ κλίμακα γιὰ τὴν συχνότητα).

Ἡ χάραξη μιᾶς καμπύλης ἀποκρίσεως, στὶς νέες αὐτὲς κλίμακες, δεῖχνει: Ἐλες τὶς ἐνδιαφέρουσες λεπτομέρειες καὶ εἰναι πολὺ πιὸ βολικὴ ἀπὸ δ.πι συμβαίνει μὲ τὶς διμοιροφες κλίμακες τοῦ σχήματος 9·6 β. Ἐπὶ πλέον είναι καὶ πιὸ σωστή, γιατί, δπως

εἰπαμε, τὸ αὐτές μας μπορεῖ νὰ ξεχωρίζῃ μόνο λόγους ισχύων, τάσεων ἢ συχνοτήτων.

Κλίμακες σὲ db ἢ λογαριθμικὲς κλίμακες χρησιμοποιοῦνται πολὺ συχνά στὴν ραδιοτεχνικὴν πρακτικὴν σὲ πολλὲς καὶ διάφορες περιπτώσεις.

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΩΝ Υ. Σ.

10·1 Είσαγωγή.

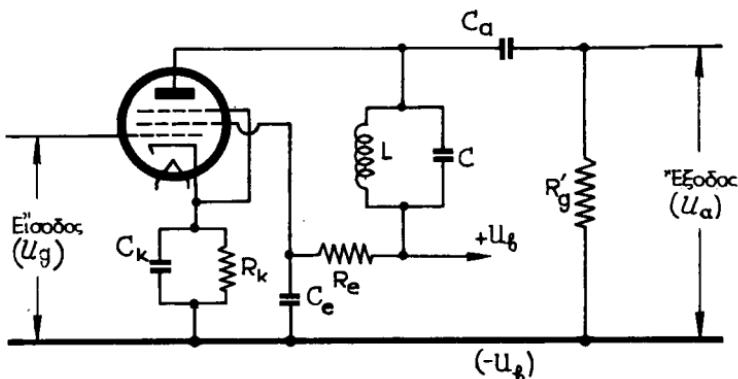
Από τὴν ἀρχὴν τοῦ βιβλίου, καὶ πολλὲς φορὲς κατόπιν, μιλήσαμε γιὰ γεννήτριες ἢ πηγὲς ἢ ταλαντωτὲς ὑψηλῆς συχνότητας (Υ. Σ.). Πῶς δμως εἶναι κατασκευασμένες αὐτὲς οἱ γεννήτριες Υ. Σ.; Τώρα ποὺ γνωρίσαμε τὴν ἐνίσχυση, μποροῦμε νὰ τὸ μάθωμε καὶ αὐτό.

Πάντως, μιὰ γεννήτρια ποὺ παράγει μιὰ ἐναλλασσόμενη τάση Υ. Σ. δὲν μπορεῖ νὰ εἶναι κάτι παρόμοιο μὲ ἔνα βιομηχανικὸν ἐναλλακτήρα. Ὁ τελευταῖος εἶναι μιὰ ἡλεκτρικὴ μηχανὴ ποὺ παράγει μιὰ ἐναλλασσόμενη τάση στὴ βιομηχανικὴ συχνότητα τῶν 50 c/s, ἐνῶ μιὰ γεννήτρια Υ. Σ. παράγει τάσεις μὲ συχνότητα ἑκατομμυρίων c/s. Τὰ μηχανικὰ μέσα δὲν μποροῦν νὰ παρακολουθήσουν τόσο ὑψηλὲς συχνότητες. Μόνο τὰ ἡλεκτρόνια μποροῦν νὰ κινηθοῦν μὲ τόση ταχύτητα. Ἀρα, μιὰ γεννήτρια Υ. Σ. θὰ εἶναι δύποσδήποτε μιὰ ἡλεκτρονικὴ διάταξη. Ἡ συνδεσμολογία της περιλαμβάνει γενικὰ μιὰ ἡλεκτρονικὴ λυχνία (ταλαντώτρια) καὶ διάφορα στοιχεῖα κυκλωμάτων. Ἐπειδὴ ἡ γεννήτρια πρέπει νὰ παράγῃ μιὰ δρισμένη συχνότητα, τὸ κύκλωμά της περιλαμβάνει κατὰ κανόνα ἔνα συντονισμένο κύκλωμα LC (βλέπε Κεφ. 6 καὶ 7). Τὴν συχνότητα συντονισμοῦ (ἰδιοσυχνότητα) τοῦ κυκλώματος LC τὴν διαλέγομε ἔτσι, ώστε νὰ ἀντιστοιχῇ πρὸς τὴν συχνότητα ποὺ θέλομε νὰ παράγωμε.

10·2 Ἀρχὴ τῆς παραγωγῆς ταλαντώσεων Υ.Σ.

Θὰ ποῦμε πρῶτα λίγα λόγια γιὰ τὴν ἐνίσχυση ὑψηλῆς συχνότητας (θὰ ἐπανέλθωμε ἀργότερα στὸ ζήτημα αὐτό). Τὸ σχῆμα 10·2 α δείχνει μιὰ συνδεσμολογία ἐνισχυτῆ τάσεως Υ. Σ. Ἐνας

τέτοιος ένισχυτής είναι στήν ούσια δμοιος μὲ τοὺς ένισχυτὲς τάσεως χαμηλῆς συχνότητας, που γνωρίσαμε στὸ προηγούμενο Κεφάλαιο (βλέπε εἰδικότερα σχ. 9·6 α). Ἡ βασικὴ διαφορὰ είναι ότι ἐδῶ τὸ ἀνοδικὸ φορτίο δὲν είναι μιὰ ἀπλὴ ωμικὴ ἀντίσταση, ἀλλὰ ἔνα συντονισμένο κύκλωμα LC σὲ παράλληλη σύνδεση.



Σχ. 10·2 α.
Παράδειγμα συνδεσμολογίας ένισχυτῆς Υ.Σ.

Ἐέρομε δμως (Κεφ. 7) ότι ἔνα παράλληλο κύκλωμα LC ισόδυναμεῖ στὴ συχνότητα συντονισμοῦ f_0 μὲ μιὰ μεγάλη ωμικὴ ἀντίσταση. Ἡ ισοδύναμη ωμικὴ ἀντίσταση είναι (τύπος 1, παρ. 7·2):

$$R_\pi = Q\omega_0 L, \quad (\omega_0 = 2\pi \cdot f_0 = 6,28 \cdot f_0). \quad (1)$$

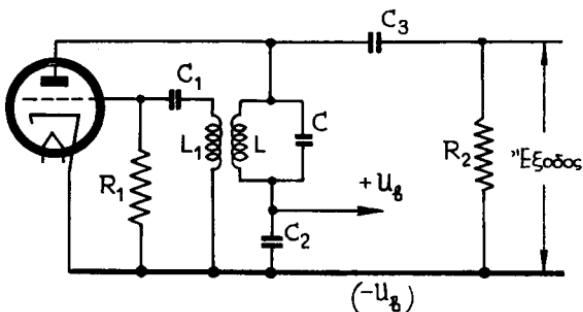
Ἄρα, γιὰ μιὰ πέντοδη λυχνία, που λειτουργεῖ σὲ τάξη Α καὶ ἔχει διαγωγιμότητα g , ἡ ἔνισχυση σὲ συντονισμὸ θὰ είναι (παρ. 9·5):

$$A = gR_\pi = gQ\omega_0 L. \quad (2)$$

Ἄν π.χ. $g = 1,5 \text{ mA/V}$ καὶ $Q\omega_0 L = 100 \text{ k}\Omega$, θὰ ἔχωμε ἔνισχυση $A = 1,5 \cdot 100 = 150$.

Ὅταν ξεφύγωμε ἀπὸ τὴν συχνότητα συντονισμοῦ, τὸ κύκλωμα LC παρουσιάζει μιὰ σύνθετη (μὴ ωμικὴ) ἀντίσταση, που διαρκῶς μικραίνει ὅσο ἀπομακρυνόμαστε ἀπὸ τὸν συντονισμὸ (παρ. 7·3).

Συγχρόνως μικραίνει βέβαια καὶ ἡ ἐνισχυση. Ή καμπύλη ἀποκρίσεως ἐνὸς τέτοιου ἐνισχυτῆ Υ.Σ. ἔχει λοιπὸν τὴν μορφὴ τῆς γνωστῆς καμπύλης ἐπιλογῆς τοῦ συντονισμένου ἀνοδικοῦ κυκλώματος. Μὲ ἄλλα λόγια, ἔνας τέτοιος ἐνισχυτῆς Υ.Σ. εἰναι ἵκανὸς νὰ ἐνισχύῃ μόνο μιὰ σχετικὰ στενὴ ζώνη συχνοτήτων γύρω ἀπὸ τὴν συχνότητα συντονισμοῦ (εἰδαμε ἀντίθετα, διτι ἔνας ἐνισχυτῆς Χ.Σ. ὁφείλει νὰ ἐνισχύῃ δμοιόμορφα δλόκηληρη τὴν ζώνη χαμηλῶν συχνοτήτων).



Σχ. 10 · 2 β.

Παράδειγμα συνδεσμολογίας ταλαντωτῆ Υ.Σ.

"Ἄς ὑποθέσωμε τώρα δτι τὸ κύκλωμα αὐτοῦ τοῦ ἐνισχυτῆ τροποποιεῖται καὶ γίνεται δπως αὐτὸ ποὺ δείχνει τὸ σχῆμα 10 · 2 β. Τὸ δτι πήραμε τώρα μιὰ τρίοδη λυχνία ἀντὶ γιὰ πέντοδη, δὲν ἔχει βασικὴ σημασία. Γιὰ τὴ διαφορὰ στὴν πόλωση τοῦ πλέγματος, θὰ μιλήσωμε παρακάτω. Ἐκεῖνο ποὺ εἰναι γιὰ μᾶς αὐτὴ τὴ στιγμὴ βασικό, εἰναι δτι τὸ κύκλωμα ἐξόδου LC ενδίσκεται σὲ σύζευξη μὲ τὸ κύκλωμα εἰσόδου τοῦ πλέγματος. Ἡ σύζευξη πραγματοποιεῖται ἐδῶ μὲ μαγνητικὸ τρόπο ἀνάμεσα στὸ πηνίο L τοῦ συντονισμένου ἀνοδικοῦ κυκλώματος καὶ στὸ πηνίο πλέγματος L₁. Μιὰ τέτοια σύζευξη ἐξόδου — εἰσόδου, μὲ δποιοδήποτε τρόπο καὶ ἀν πραγματοποιήται, τὴν δνομάζομε ἀνάδραση (δηλαδὴ δράση ἀπὸ τὴν ἀνοδὸ πίσω πρὸς τὸ δδηγὸ πλέγμα).

Τί σημαίνει μιὰ τέτοια ἀνάδραση καὶ τί ἀποτελέσματα μπορεῖ νὰ ἔχῃ;

"Ας ὑποθέσωμε δὲ, ἀπὸ μιὰ κάποια αἰτία, ποὺ δὲν μᾶς ἐνδιαφέρει ποιά εἶναι πρὸς τὸ παρόν, τὸ κύκλωμα πλέγματος δέχεται μιὰ διέγερση μῆφηλῆς συχνότητας. Ἡ διέγερση αὐτὴ ἐνισχύεται βέβαια ἀπὸ τὴν λυχνία. Γιὰ νὰ ἔχωμε μάλιστα τὴν μεγαλύτερη δυνατὴ ἐνίσχυση, θὰ ὑποθέσωμε δὲ η συχνότητα τῆς διεγέρσεως ἵσουται μὲ τὴν ἴδιοσυχνότητα f_0 τοῦ ἀνοδικοῦ κυκλώματος LC.

Στὴν ἀνεδο θὰ ἔχωμε ἔνα ἐνίσχυμένο σῆμα Y. S. μὲ συχνότητα f_0 . Ἐξ αἰτίας τῆς ἀναδράσεως ἔνα μέρος ἀπὸ τὸ ἀνοδικὸ σῆμα θὰ περάσῃ πίσω στὸ κύκλωμα πλέγματος. Ἀν τὸ μέρος αὐτὸ τοῦ ἀνοδικοῦ σήματος εὑρεθῇ σὲ ταυτότητα φάσεως μὲ τὴν ἀρχικὴ διέγερση τοῦ πλέγματος, τότε θὰ προστεθῇ στὴ διέγερση αὐτὴ καὶ η διέγερση θὰ αὖηθῇ. Ἡ λυχνία θὰ ἐνισχύσῃ αὐτὴ τὴν μεγαλύτερη διέγερση καὶ τὸ ἀνοδικὸ σῆμα θὰ γίνη ἰσχυρότερο. Ἡ ἀνάδραση θὰ προκαλέσῃ νέα αὔξηση τῆς διεγέρσεως, ἀρα ἀκόμα ἰσχυρότερο ἀνοδικὸ σῆμα, καὶ π.

"Ωστε τὸ πλάτος τοῦ σήματος ἔξοδου μπορεῖ νὰ αὐξάνεται ἐπ' ἄπειρο; Φυσικὰ ὅχι. Οἱ λόγοι ποὺ τὸ περιορίζουν εἶναι κυρίως δύο: Πρῶτο, δταν τὸ πλάτος τῶν ταλαντώσεων γίνη ἀρκετὰ μεγάλο, η λυχνία θὰ ἀναγκασθῇ νὰ δουλέψῃ πρὸς τὰ καμπύλα τμῆματα τῶν χαρακτηριστικῶν καμπυλῶν της. Ἐκεὶ δμως η ἐνίσχυση μικραίνει καὶ γίνεται τελικὰ ἀσήμαντη. Δεύτερο, δταν η διέγερση τοῦ πλέγματος αὔξηθῇ ἀρκετά, τότε τὸ πλέγμα θὰ ἀρχίσῃ νὰ γίνεται θετικὸ πρὸς τὶς θετικὲς κορυφὲς τῆς διεγέρσεως. Ἄρα, τὸ πλέγμα θὰ ἀρχίσῃ νὰ τραβᾶ ἔνα ἡλεκτρονικὸ ρεῦμα. Τὸ ρεῦμα αὐτὸ περνᾶ μέσα ἀπὸ τὴν ἀντίσταση πλέγματος R_1 (σχ. 10·2β), ποὺ τὴ λέμε ἀντίσταση διαφυγῆς τοῦ πλέγματος. Ἡ πτώση τάσεως μέσα στὴν ἀντίσταση διαφυγῆς πολώνει τὸ πλέγμα ἀρνητικά. Συγχρόνως, τὸ ρεῦμα πλέγματος προ-

καλεῖ μιὰ κατανάλωση ἵσχυος στὸ πλέγμα. Ἡ ἀρνητικὴ πόλωση καὶ ἡ κατανάλωση ἵσχυος στὸ πλέγμα μειώνουν τὴν ἐνίσχυση καὶ τοῦτο τόσο περισσότερο, ὅσο ἡ ταλάντωση στὴν ἔξοδο γίνεται ἵσχυρότερη. Ἡ ταλάντωση δὲν μπορεῖ λοιπὸν νὰ αὐξάνεται ἐπ' ἄπειρο. Αὐξάνεται μόνο μέχρι μιὰ δρισμένη τιμή, δπου καὶ σταθεροποιεῖται.

Σ' αὐτὴ τὴν σταθεροποιημένη κατάσταση ἡ συνδεσμολογία ἐργάζεται σὰν ἔνας ταλαντωτής Υ.Σ. Ἐνας τέτοιος ταλαντωτής εἶναι οὐσιαστικὰ ἔνας ἐνισχυτής, δπου διέγερση τοῦ πλέγματος δὲν εἶναι ἔξωτερική, ἀλλὰ ἔξασφαλίζεται ἀπὸ αὐτὴ τὴν ἴδια τὴν συνδεσμολογία σὰν ἔνα μέρος ἀπὸ τὴν ἐνισχυμένη ἀνοδικὴ ταλάντωση. Αὐτὸς γίνεται χάρη στὴν ἀνάδραση. Υπὸ τὸν βασικὸ διμως δρο, δτι τὸ σῆμα ποὺ ἐπιστρέφει στὸ πλέγμα εὑρίσκεται σὲ φάση μὲ τὴν ἀρχικὴ διέγερση. Μὲ ἀλλα λόγια, ὑπὸ τὸν δρο δτι ἔχομε ἀνάδραση θετική. Στὴν περίπτωση τοῦ σχήματος 10'. 2 β, θετικὴ ἀνάδραση ἔξασφαλίζεται δταν τὰ πηνία L καὶ L_1 ἔχουν ἀντίθετες περιελίξεις (διαφορετικὰ πρέπει νὰ ἀναστρέψωμε τοὺς πόλους τοῦ πηνίου). "Οταν αὐτὸς συμβαίνῃ καὶ δταν ἔχωμε ρυθμίσεις μιὰ ἀρκετὰ στενὴ σύζευξη ἀνάμεσα στὰ δύο πηνία, ἡ συνδεσμολογία λειτουργεῖ πραγματικὰ σὰν ταλαντωτής.

Ποὺ διμως εὑρίσκεται ἡ πρώτη ἀρχικὴ διέγερση; Αὐτὸς δὲν εἶναι πρόβλημα. Στὰ κυκλώματα πλέγματος καὶ ἀνόδου ὑπάρχουν διάφοροι ἀγωγοί. Μέσα σ' αὐτοὺς τοὺς ἀγωγοὺς τὰ γλεκτρόνια δονοῦνται καὶ οἱ θερμικὲς δονήσεις τους ἀντιστοιχοῦν σὲ ἔνα πλήθος ἀπὸ συχνότητες. Οἱ δονήσεις αὐτὲς ἀποτελοῦν ἔνα εἶδος θορύβου. Μέσα σ' αὐτὸς τὸν θόρυβο συχνοτήτων ὑπάρχει ἀσφαλῶς καὶ ἡ συχνότητα ποὺ ἀντιστοιχεῖ στὴν ἴδιοσυχνότητα τοῦ συντονισμένου ἀνοδικοῦ κυκλώματος. "Εστω, λοιπόν, καὶ ἂν δὲν ὑπάρχῃ τὸ κατάλληλο ἔξωτερικὸ σῆμα, οἱ ταλαντώσεις ἔκεινοῦν πάντως ἀπὸ τὸν θόρυβο. Ἀρκεῖ πραγματικὰ μία πάρα πολὺ μικρὴ διέγερση γιὰ τὸ ἔκεινημα τῶν ταλαντώσεων, ὑπὸ τὸν δρο πάντοτε δτι ἡ

ἀνάδραση εἰναι ἀρκετὴ καὶ δτι εἰναι καὶ θετική. "Αν δὲν ὑπῆρχε νὴ ἀνάδραση, οἱ ταλαντώσεις δὲν θὰ μποροῦσαν βέβαια νὰ συντηρηθοῦν. Καὶ ἂν ἀκόμα ἔκεινούσαν, θὰ ἔσθιναν ἀμέσως ἐξ αἰτίας τῶν ἀπωλειῶν στὰ διάφορα κυκλώματα. Οἱ ἀπώλειες αὗτες ἀντισταθμίζονται ἀκριβῶς ἀπὸ τὴν ἀνάδραση καὶ ἔτοι οἱ ταλαντώσεις συντηροῦνται.

Κατὰ τὰ ἄλλα, νὴ συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 10·2 α δὲν παρουσιάζει ἄλλες δυσκολίες. 'Ο ρόλος τοῦ πυκνωτῆ πλέγματος C_1 εἰναι νὰ ἀφήνῃ νὰ περνᾶ ἀπὸ μέσα του ἐλεύθερα νὴ ὑψηλὴ συχνότητα, νὰ σταματᾶ ὅμως τὸ ρεῦμα πλέγματος καὶ νὰ τὸ ἀναγκάζῃ νὰ περνᾶ μέσα ἀπὸ τὴν ἀντίσταση διαφυγῆς R_1 . 'Ο ἀνοδικὸς πυκνωτής C_2 ἔχει ἐξ ἄλλου προορισμὸν νὰ δδηγγῇ τὴν ὑψηλὴ συχνότητα στὴ «γῆ» καὶ νὰ μήν τὴν ἀφήνῃ νὰ κυκλοφορῇ ἀσκοπα μέσα ἀπὸ τὴν ἀνοδικὴ πηγὴ τροφοδοτήσεως.

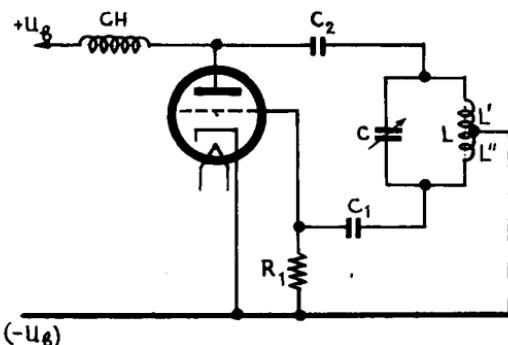
"Ετοι, μιὰ συνδεσμολογία ταλαντωτῆ ὑψηλῆς συχνότητας εἰναι τελικὰ μιὰ αὐτοτελῆς διάταξη, που ἔχει τὴν ἴκανότητα νὰ μετατρέπῃ ἔνα μέρος ἀπὸ τὴν συνεχὴ ἵσχυ τῆς ἀνοδικῆς πηγῆς τροφοδοτήσεως σὲ ἐναλλασσόμενη ἵσχυ ὑψηλῆς συχνότητας. 'Ο ταλαντωτής λειτουργεῖ συνήθως σὲ τάξη Γ (παρ. 9·9). 'Η συχνότητα λειτουργίας καθορίζεται ἀπὸ τὰ στοιχεῖα L καὶ C τοῦ συντονισμένου κυκλώματος, σύμφωνα μὲ τὸν γνωστὸ τύπο τοῦ Τόμισον (παρ. 6·5).

10·3 Διάφορες συνδεσμολογίες ταλαντωτῶν Υ.Σ. μὲ ἀνάδραση.

'Εκτὸς ἀπὸ τὴ συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 10·2 β, ὑπάρχουν ἔνα πλήθος ἄλλες συνδεσμολογίες ταλαντωτῶν ποὺ στηρίζονται στὴν ἴδια ἀρχὴ τῆς θετικῆς ἀναδράσεως. Θὰ δώσωμε ἐδῶ μερικὰ ἀπὸ τὰ πιὸ συνηθισμένα κυκλώματα.

α) *Ταλαντωτής Χάρτλεϋ (Hartley)* (σχ. 10·3α). Πρόκειται γιὰ μιὰ παραλλαγὴ τῆς βασικῆς συνδεσμολογίας τοῦ σχήματος 10·2 β.

Η άνάδραση πραγματοποιείται καὶ πάλι μὲ τὴ βοήθεια μαγνητικῆς συζεύξεως. Μόνο πού, ἀντὶ νὰ ἔχωμε ἕνα δεύτερο πηγέο πλέγματος, διαιροῦμε αὐτὸ τὸ ἔδιο τὸ πηγέο L τοῦ συντονισμένου κυκλώματος σὲ δύο μέρη L' καὶ L'' μὲ τὴ βοήθεια μιᾶς μεσαίας λήψεως. Τὸ μέρος L' ἀνήκει στὸ ἀνοδικὸ κύκλωμα, ἐνῶ τὸ ὑπόλοιπο L'' ἀνήκει στὸ κύκλωμα πλέγματος. Ἐτοι, ἕνα μέρος ἀπὸ τὴν τάση Υ. Σ., ποὺ ἀναπτύσσεται στὸ συντονισμένο κύκλωμα, ἐφαρμόζεται αὐτόματα στὸ κύκλωμα πλέγματος. Η θετικὴ ἀνάδραση, ποὺ πραγματοποιεῖται μὲ τὸν τρόπο αὐτό, μπορεῖ νὰ ρυθμίζεται μὲ μετακίνηση τῆς μεσαίας λήψεως.



Σχ. 10 · 3 α.
Ταλαιπωτής Hartley.

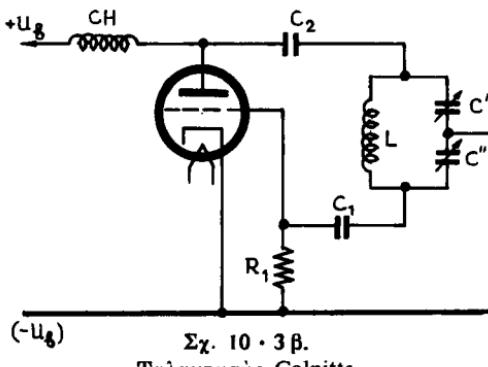
Μιὰ ἀξιόλογη διαφορά, στὴν περίπτωση τοῦ σχήματος 10 · 3 α, εἰναι δ τρόπος μὲ τὸν δποτὸ τροφοδοτεῖται ἡ ἀνοδος. Η συνεχῆς ἀνοδικὴ τάση δίνεται ἐδῶ διὰ μέσου ἑνὸς πηγέου CH, ποὺ δνομάζεται ἀποπνικτικὸ ἢ στραγγαλιστικὸ πηγέο. Τὸ πηγέο αὐτὸ ἐπιτρέπει ἐλεύθερα τὴ διάβαση στὸ συνεχὲς ρεῦμα, ἡ αὐτεπαγωγὴ του δμως εἰναι ἀρκετὰ μεγάλη, ὥστε νὰ ἐμποδίζῃ (νὰ ἀποπνίγῃ) τὴν ἐπιστροφὴ τῆς δψηλῆς συχνότητας πίσω πρὸς τὴν πηγὴ τροφοδοτήσεως. Ο ρόλος τοῦ ἀνοδικοῦ πυκνωτῆ C₂ εἰναι ἀντίστροφος: ἡ δψηλὴ συχνότητα περνᾷ ἐλεύθερα μέσω ἀπὸ αὐτὸν πρὸς τὸ συντονισμένο κύκλωμα, ἐνῶ τὸ συνεχὲς ρεῦμα ἀπο-

κόβεται. Τὸ ἀποπνικτικὸ πγνίο CH καὶ δὲ πυκνωτής C_2 ἔχουν κατάλληλες τιμές, ὅστε νὰ μὴν ἐπειρθαίνουν στὴν τιμὴ τῆς ὑψηλῆς συχνότητας, ποὺ καθορίζεται ἀπὸ τὰ στοιχεῖα L καὶ C τοῦ συντονισμένου κυκλώματος. Ἔνας τέτοιος τρόπος τροφοδοτήσεως δημιουργεῖται παράλληλη τροφοδότηση καὶ χαρακτηρίζεται ἀπὸ τὸ γεγονὸς δι: τὸ συνεχὲς ἀνοδικὸ ρεῦμα ἐμποδίζεται νὰ περάσῃ μέσα ἀπὸ τὸ πγνίο τοῦ συντονισμένου κυκλώματος. Τὸ ἀντίθετο συμβαίνει στὴν περίπτωση τοῦ σχήματος $10 \cdot 2 \beta$, δπου ἔχομε τροφοδότηση σὲ σειρά.

Ἡ πόλωση τοῦ πλέγματος γίνεται δπως καὶ προηγούμενα, δηλαδὴ μὲ τὴ βοήθεια ἐνὸς κυκλώματος R_1C_1 . Ἡ ἀντίσταση διαφυγῆς τοῦ πλέγματος R_1 πρέπει νὰ εἰναι ἀρκετὰ μεγάλη, ὥστε νὰ μὴν βραχυκυκλώνῃ τὴν ὑψηλὴν συχνότητα πρὸς τὴν κάθοδο.

Ἄν θέλωμε νὰ μποροῦμε νὰ ρυθμίζωμε τὴ συχνότητα τοῦ ταλαντωτῆ, τότε δὲ πυκνωτής C τοῦ συντονισμένου κυκλώματος πρέπει νὰ εἰναι ἔνας μεταβλητὸς πυκνωτής.

β) *Ταλαντωτής Κόλπιτς (Colpitts) (σχ. 10 · 3 β)*. Ἡ σύ-

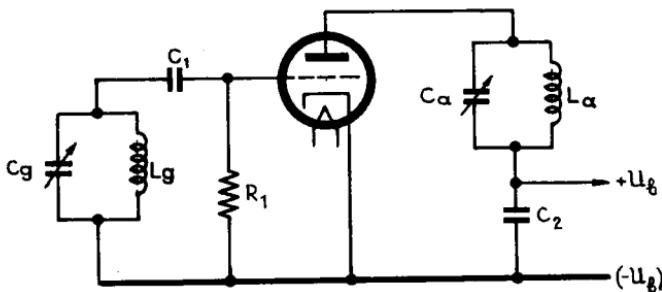


Σχ. 10 · 3 β.
Ταλαντωτής Colpitts.

ζευξη ἀνάμεσα στὴν ἔξοδο καὶ τὴν εἴσοδο εἰναι τώρα χωρητική. Ἀντὶ δηλαδὴ νὰ γρηγοροποιοῦμε γιὰ τὴ σύζευξη τὸ πγνίο, γρίζομε τώρα τὸν πυκνωτή C τοῦ συντονισμένου κυκλώματος σὲ δύο

μέρη C' και C'' . Κατά τὰ ἄλλα, για θετική άνάδραση πραγματεποιεῖται δύος και προγρούμενα στὸν ταλαντωτὴν Hartley. Γιὰ νὰ ρυθμίσωμε τὴν σύζευξη πρέπει νὰ μεταβάλωμε τὸ λόγο C''/C' . Ή συγχρότητα τοῦ ταλαντωτῆς καθορίζεται ἀπὸ τὰ στοιχεῖα τοῦ συντονισμένου κυκλώματος, δηλαδὴ ἀπὸ τὸ πηγής L καὶ τὸν ίσοδύναμο πυκνωτὴ τῶν C' και C'' σὲ σειρὰ (διάστατος πυκνωτὴς εἰναι: $C = \frac{C'C''}{C' - C''}$, βλέπε παρ. 5.1).

γ) Ταλαντωτὴς μὲ συντονισμένα κυκλώματα στὴν ἄνοδο καὶ στὸ πλέγμα (ταλαντωτὴς TPTG) (σχ. 10.3 γ). Στὴν πραγματικότητα, τὰ δύο συντονισμένα κυκλώματα L_a C_a και L_g C_g δὲν εἰναι συντονισμένα ἀκριβῶς στὴν ἵδια συγχρότητα. Οὔτε για συγχρότητα λειτουργίας τοῦ ταλαντωτῆς συμπίπτει ἀκριβῶς μὲ τὴν μέα για τὴν ἄλλη ἀπὸ τὶς δύο συγχρότητες συντονισμοῦ. Οἱ διαφορὲς δημιουργοῦνται τόσο μικρές, ώστε πρακτικὰ νὰ μποροῦμε νὰ θεωροῦμε



Σχ. 10.3 γ.

Ταλαντωτὴς μὲ συντονισμένα κυκλώματα στὴν ἄνοδο καὶ στὸ πλέγμα (ταλαντωτὴς TPTG).

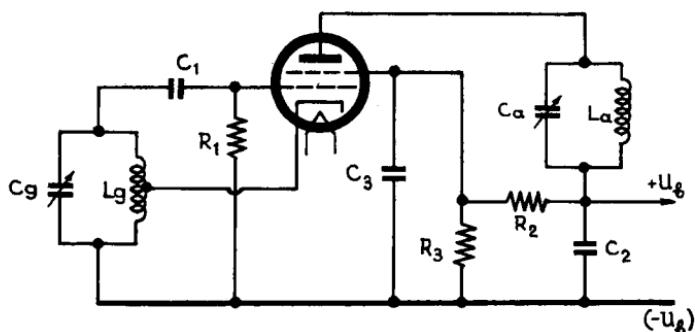
ὅτι δλεῖς αὐτὲς οἱ συγχρότητες ταυτίζονται. Ηλάτως, για συγχρότητα λειτουργίας καθορίζεται κυρίως ἀπὸ τὸ συντονισμένο κύκλωμα, που ἔχει τὸν μεγαλύτερο συντελεστὴν ποιότητας Q .

Τὰ δύο συντονισμένα κυκλώματα, στὴν ἄνοδο καὶ στὸ πλέγμα, δὲν παρουσιάζουν μεταξύ τους μαγνητικὴ σύζευξη. Τὸ πάργει:

ζμοις μιὰ χωργητική σύζευξη. Ή χωρητική σύζευξη πραγματοποιεῖται διὰ μέσου τοῦ άνοδικού πυκνωτή C_2 και τῆς χωρητικότητας ποὺ έπάρχει χνάμεσα στὸ πλέγμα και τὴν άνοδο τῆς ταλαντώτριας λυχνίας. Ή χωρητικότητα πλέγματος - άνοδου εἶναι άρκετά σημαντική στὶς τρίοδες λυχνίες πού, γιὰ τὸν λόγο ἀκριβῶς αὐτό, χρησιμοποιούνται σ' αὗτες τὶς συνδεσμολογίες TPTG.

Γιὰ νὰ έπιπτο χωριεί θετική άναδραση, τὸ άνοδικὸ κύκλωμα LaCa πρέπει νὰ εἶναι συντονισμένο σὲ λίγο ήψη λότερη συχνότητα. Ή βύθιμη τῆς άναδράσεως γίνεται μεταβάλλοντας ἐλαφρὰ τὸ συντονισμὸ τοῦ ένδος ἢ τοῦ ἄλλου ἀπὸ τὰ δύο συντονισμένα κυκλώματα.

δ) Ταλαντωτής μὲ ήλεκτρονική σύζευξη (ταλαντωτής ECO) (σχ. 10·3δ). Παρ' ὅλο ὅτι ἡ διάταξη αὐτή, μοιάζει στὴν ἐξωτε-



Σχ. 10·3 δ.
Ταλαντωτής μὲ ήλεκτρονική σύζευξη (ECO).

ρικὴ ὄψη, μὲ τὴν προηγούμενη, εἶναι σύσιαστικὰ διαφορετικὴ και δὲν πρέπει νὰ συγχέεται μὲ αὐτήν.

Σὰν ταλαντώτρια χρησιμοποιεῖται μιὰ τέτροδη, (ἢ πέντοδη) λυχνία. Τὰ τρία πρώτα ήλεκτρόδια, δηλαδὴ ἡ κάθοδος, τὸ δδηγγὸ και τὸ προστατευτικὸ πλέγμα, συνδεσμολογούνται σὲ ταλαντωτή Hartley (ἢ συνδεσμολογία Hartley τοῦ σχήματος 10·3δ εἶναι μιὰ τροποποίηση τοῦ σχήματος 10·3α, χωρὶς νὰ έπάργῃ, ζμοις

μεταξύ τους και μιαία ὡς ιαστική διαφορά). Τὸ προστατευτικὸ πλέγμα κρησιμοποιεῖται σὰν ἀνοδος αὐτοῦ τοῦ τρίοδου μέρους. 'Ο πυκνιστὴς C_3 εἰναι ἀρκετὰ μεγάλος, ὥστε νὰ βραχικυκλώνῃ πρὸς τὴν «γῆ» τὴν ὑψηλὴν συγνότητα. 'Ετσι, ἀπὸ τὴν ἀποψην τῆς ὑψηλῆς συγνότητας, τὸ προστατευτικὸ πλέγμα εὑρίσκεται στὸ δυναμικὸ τῆς γῆς. Αὐτὸς δὲν ἐμποδίζει ὥστε τὸ προστατευτικὸ πλέγμα νὰ τροφοδοτήται κανονικὰ σὲ συνεχὴ τάση.

Μὲ τὸν τρόπο αὐτὸν, γῇ τέτροδη λυχνία χωρίζεται σὲ δύο μέρη, τὸ τρίοδος μέρος τοῦ ταλαντωτῆς καὶ τὸ ἐνισχυτικὸ μέρος τῆς ἔξοδου. 'Η ἔξοδος ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸ κύκλωμα τῆς ἀνόδου, ποὺ περιλαμβάνει ἔνα δεύτερο συντονισμένο κύκλωμα LaCa. 'Η μέση σύνδεση ἀνάλισσα στὴν ἔξοδο καὶ τὴν ὑπόλοιπη λυχνία πραγματοποιεῖται διὰ μέσου τοῦ γήλεκτρονικοῦ ρεύματος τῆς λυχνίας. Γι' αὐτὸν καὶ ἡ ὅλη διάταξη δνοιμάζεται ταλαντωτῆς μὲ γήλεκτρονικὴ σύνδεση.

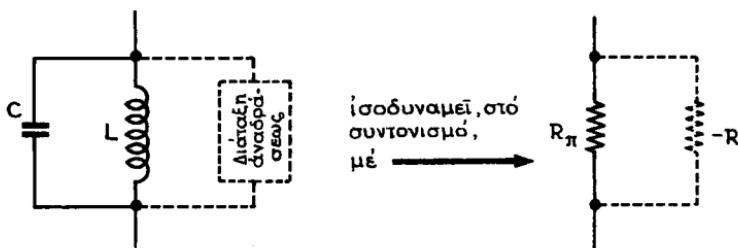
Χαρακτηριστικὸ εἰναι ὅτι τὸ ἀνοδικὸ κύκλωμα ἔξοδου εὑρίσκεται ἀρκετὰ ἀπομονωμένο καὶ ἀνεξάρτητο ἀπὸ τὸ ὑπόλοιπο τῆς συνδεσμολογίας. Αὐτὸς σημαίνει ὅτι γῇ λειτουργία δὲν ἐπηρεάζεται αἱ τιθητὰ ἀπὸ τὴν παρουσία μιᾶς ἀνοδικῆς καταναλώσεως ἢ ἀπὸ τὴν σύνδεση, πρὸς μιὰ ἐπόμενη βαθμίδα. Στὴν τελευταία αὐτὴν περίπτωση, τὸ συντονισμένο κύκλωμα τῆς ἀνόδου μπορεῖ νὰ ἀντικατασταθῇ ἀπὸ ἕνα ἀπλὸ πηγής συζεύξεως.

10 · 4 Ταλαντωτὲς μὲ ἀρνητικὴ ἀντίσταση.

Εἶδαμε μὲ ποιὸ τρόπο λειτουργεῖ ἔνας ταλαντωτὴς μὲ θετικὴ ἀνάδραση. 'Η ἀνάδραση, ἐξασφαλίζει τὴν αὐτοδιέγερση τῆς λυχνίας, δηλαδὴ τὴν διέγερσή της ἀπὸ αὐτὸς τὸ ἰδιο τὸ δικό της ἀνοδικὸ κύκλωμα. 'Ετσι γίνεται δυνατή, γῇ ἀντιστάθμιση, τῶν ἀπολιειῶν ἴσχυος στὸ συντονισμένο κύκλωμα (καθὼς καὶ στὸ κύκλωμα πλέγματος) καὶ οἱ ταλαντώσεις Γ.Σ. συντηρούνται. 'Η ἴσχυς ποὺ ἀπαιτεῖται γι' αὐτὸς δίνεται τελικὰ ἀπὸ τὴν συνεχὴ πη-

γὴ τροφοδοτήσεως τῆς ἀνόδου, μὲ τὴ μεσολάθηση τῆς λυχνίας.

"Ωστε ἡ παρουσία τῆς λυχνίας σκοπὸς ἔχει νὰ ἀντισταθμίζῃ τὶς ἀπώλειες ἵσχυος στὸ συντονισμένο κύκλωμα. Ξέρομε δτὶ οἱ ἀπώλειες αὐτὲς παριστάνονται ἀπὸ μιὰ ὡμικὴ ἀντίσταση R_{π} πού, στὸ συντονισμό, εἰναι καὶ ἵσοδύναμη ἀντίσταση ἐνδὲ παραλλήλου συντονισμένου κυκλώματος (Κεφ. 7). "Οταν λέμε δτὶ οἱ ἀπώλειες ἀντισταθμίζονται ἀπὸ τὴν ταλαντώτρια λυχνία, εἰναι σὰν νὰ λέμε δτὶ ἡ συνδεσμολογία τῆς λυχνίας ἵσοδύναμη μὲ μιὰ ἄλλη ἀντίσταση, ποὺ προστίθεται παράλληλα πρὸς τὴν R_{π} , μὲ ἀποτέλεσμα νὰ τὴν ἔξουδετερώνη. Ἐπειδὴ ἡ ὡμικὴ ἀντίσταση ἀπωλεῖῶν R_{π} εῖναι θετική, ἡ συνδεσμολογία τῆς λυχνίας πρέπει νὰ προσθέτη μιὰ ἵσοδύναμη ἀρνητικὴ ὡμικὴ ἀντίσταση — R μὲ τέτοιο τρόπο, ὥστε νὰ ἔχωμε $R_{\pi} - R = 0$ (σχ. 10·4 α.). "Ας τονίσωμε διστόσο καὶ πάλι δτὶ οἱ ἀντιστάσεις R_{π} καὶ $-R$ εῖναι ἵσοδύναμες ὡμικὲς ἀντιστάσεις, ποὺ δὲν πρέπει καθόλου νὰ τὶς φαντα-



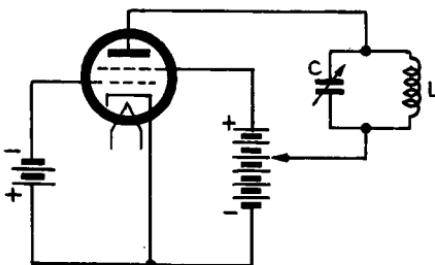
Σχ. 10·4 α.

"Η θετικὴ ἀνάδραση ἵσοδύναμη μὲ τὴν προσθήκη μιᾶς παραλλήλης ἀρνητικῆς ὡμικῆς ἀντιστάσεως στὸ συντονισμένο κύκλωμα.

Ζόμαστε σὰν τὶς ἀπλὲς συνηθισμένες ὡμικὲς ἀντιστάσεις τῶν συρμάτων.

Τὸ συμπέρασμα εῖναι δτὶ ἡ διάταξη μὲ θετικὴ ἀνάδραση ἵσοδύναμη μὲ μιὰ ἀρνητικὴ ἀντίσταση, ποὺ προστίθεται παράλληλα στὸ συντονισμένο κύκλωμα. Ἀλλὰ καὶ ὅποιαδήποτε δὲλλη διάταξη, ποὺ θὰ ἵσοδύναμοῦσε μὲ μιὰ ἀρκετὰ μεγάλη ἀρνητικὴ ἀντίσταση,

Θὰ μποροῦσε νὰ δόθη γήση στὸ ἵδιο τελικὸ ἀποτέλεσμα, δηλαδὴ τὴν πραγματοπόίηση ἐνὸς ταλαντωτῆ^γ Υ. Σ. Μιὲς ἄλλῃ τέτοια διάταξη εἶναι, ὅπως εἰδημει στὴν παράγραφο 8·8, μιὰ τέτροδη λυχνία, ὅταν λειτουργῇ στὴν περισχῆ^γ τῆς καταδύσεως, δηλαδὴ μὲ ἀνοδικὴ τάση λέγο μικρότερη ἀπὸ τὴν τάση τοῦ προστατευτικοῦ πλέγματος. "Αν, τότε, τὸ ἀνοδικὸ κύκλωμα περιλαμβάνῃ ἕνα συντονισμένο κύκλωμα LC, ἢ συνδεσμολογία μπορεῖ νὰ λειτουργῇ σὰν ταλαντωτῆς (σχ. 10·4 β.). "Ἐνας τέτοιος ταλαντωτῆς δύναμίζεται εἰδικότερα δύνατρον. Ἡ ἴσχυς ὑψηλῆς συχνότητας παρέχεται καὶ πάλι τελικὰ ἀπὸ τὴν πηγὴ τροφοδοτήσεως συνεχοῦς τάσεως.



Σχ. 10·4 β.
Ταλαντωτῆς δύνατρον.

10·5 ·Επίδραση τοῦ συντελεστῆ ποιότητας Q.

"Ο συντελεστῆς ποιότητας Q τοῦ συντονισμένου κυκλώματος παίζει βασικὸ ρόλο στὴ λειτουργία ἐνὸς ταλαντωτῆ^γ Υ. Σ. Εἰδικότερα, ἢ παραγόμενη ταλάντωση θὰ ἔχῃ τόσο λιγότερη παραμόρφωση, δηλαδὴ θὰ εἶναι τόσο πλησιέστερα στὴν καθαρὴ γήμιτονικὴ μορφή, δοσο δ συντελεστῆς Q εἶναι ὑψηλότερος καὶ ὅσο ἡ σύζευξη, γιὰ τὴν ἔξασφάλιση τῆς θετικῆς ἀναδράσεως, εἶναι χαλαρότερη. "Ενα ὑψηλὸ Q ἐπιτρέπει ἄλλωστε μιὰ σχετικὰ χαμηλὴ ἀνάδραση.

"Αν πραγματικὰ τὸ Q εἶναι χαμηλὸ καὶ ἡ ἀνάδραση ἴσχυρή, τότε γιὰ λυχνία θὰ ἀναγκασθῇ νὰ ἐργασθῇ μὲ πολὺ ἴσχυρὴ διέ-

γερση. "Όταν δύμως τὸ πλέγμα γίνεται πολὺ θετικό, τότε ὅχι μόνο σὶ ἀπώλειες ἵσχυος στὸ πλέγμα μεγαλώνουν, ἀλλὰ καὶ σὶ κορυφὲς τῶν θετικῶν ἡμιπεριόδων τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος διαπλατύνονται καὶ παραμορφώνονται. Παραμόρφωση ἔχομε ἐπίσης ὅταν τὸ πλέγμα γίνεται πολὺ ἀρνητικό, ὅποτε τὰ ἀντίστοιχα τμήματα τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος ἀποκόπτονται.

"Ἄς ὑποθέσωμε, ἀντίθετα, ὅτι δὲ συντελεστής Q τοῦ συντονισμένου κυκλώματος εἰναι ἀρκετὰ ὑψηλός. Τότε οἱ ἀπώλειες ἵσχυος εἰναι μικρές, ἢ ἐνίσχυση τῆς λυχνίας εἰναι μεγάλη (ἐπειδὴ μεγάλη εἰναι καὶ ἡ ἰσοδύναμη ἀντίσταση τοῦ συντονισμένου κυκλώματος), ἢ ἀνάδραση, ἢ ἀπαραίτητη γιὰ τὴν συντήρηση τῶν ταλαντώσεων, εἰναι σχετικὰ μικρή, ἢ παραμόρφωση εἰναι ἐπίσης μικρή. "Ἐνα συντονισμένο κύκλωμα μὲ ἀρκετὰ ὑψηλὸ δυνατό συντελεστὴ Q δδῆγεται τελικὰ σὲ ταλάντωση μὲ πρακτικὰ καθαρὴ ἡμιτονικὴ μορφή.

10·6 Σταθερότητα τῆς συχνότητας.

"Απὸ τὴν στιγμὴν ποὺ ἔνας ταλαντωτής ἔχει ρυθμισθῆ γιὰ νὰ παράγῃ μιὰ δρισμένη ὑψηλὴ συχνότητα, θέλομε ἡ συχνότητα αὐτὴ νὰ μένῃ σταθερή, δηλαδὴ νὰ μὴ μεταβάλῃ τὴν τιμὴ της ὅσο περνᾷ ὁ χρόνος.

"Η τιμὴ ὅπιως τῆς συχνότητας ἔξαρταται βασικὰ ἀπὸ τὴν αὐτεπαγωγὴ L καὶ τὴν χωρητικότητα C τοῦ συντονισμένου κυκλώματος. Εἰναι ποτὲ δυνατὸ ἡ αὐτεπαγωγὴ καὶ ἡ χωρητικότητα νὰ ἔχουν ἀπόλυτα σταθερὲς τιμές; Ήσολὺ δύσκολο. Καὶ τοῦτο γιὰ τοὺς ἔνησ λόγους:

"Η αὐτεπαγωγὴ L δὲν ἀποτελεῖται μόνο ἀπὸ τὸ πηνίο τοῦ συντονισμένου κυκλώματος. Περιλαμβάνει ἐπίσης τὴν αὐτεπαγωγὴ τῶν συρμάτων συνδέσεως. Ἐπηρεάζεται ἀκόμη ἀπὸ κάθε ἀλλο γειτονικὸ πηνίο, καθὼς καὶ ἀπὸ δλες τὶς γειτονικὲς μεταλλικὲς μάζες. Ἀπὸ τὴν ἄλλη μεριά, ἡ χωρητικότητα C δὲν σχη-

ματέζεται μόνο ἀπὸ τὸν πυκνωτὴν συντονισμοῦ. Πρέπει καὶ ἐδῶ νὰ περιλάβωμε διάφορες ἀλλες παράσιτες χωρητικότητες, δηλαδὴ, αὐτὲς που σχηματίζονται ἀνάμεσα στὶς σπεῖρες τοῦ πυγίου συντονισμοῦ, ἀνάμεσα στὰ σύρματα συνδέσεως, ἀνάμεσα στὰ γήλεκτρόδια τῆς ταλαντώτριας λυχνίας, ἀνάμεσα στὸν ἀκροδέκτες τῆς βάσεως τῆς λυχνίας, κ.λ.π. Ἐπὶ πλέον, ή αὐτεπαγωγὴ καὶ ή χωρητικότητα ἔξαρτωνται ὡς ἔνα βαθμὸν καὶ ἀπὸ τὴν θερμοκρασία, καὶ τούτο γιατὶ ή θερμότητα, που ἀναδίδεται ἀπὸ τὴν λυχνία καὶ τὶς ἀντιστάσεις, κανεὶς τὸ πηγίο καὶ τὸν πυκνωτὴν, νὰ διατέλλωνται ἐλαφρὰ δόπτε οἱ τιμές τῆς αὐτεπαγωγῆς καὶ τῆς χωρητικότητας μεταβάλλονται.

Ἄλλὰ καὶ οἱ ἀντιστάσεις, που ὑπάρχουν στὴν συνδεσμολογία τοῦ ταλαντωτῆ, δὲν μένουν ἀπόλυτα σταθερές. Καὶ αὐτὴ ή ἵδια ή ἐσωτερικὴ ἀντισταση τῆς ταλαντώτριας λυχνίας μεταβάλλεται ἐλαφρὰ ἐξ αἰτίας μιᾶς κάποιας ἀστάθειας στὶς ουνεχεῖς τάσεις τροφοδοτήσεως. Οἱ μεταβολὲς τῶν ἀντιστάσεων παίζουν μικρότερο ρόλο, διηγεῖται δὲ τὸν ἀντίστροφον τούς πάνω στὴν συγχέτητα.

Καταλαβαίνει κανεὶς πόσες πολλὲς καὶ πολύπλοκες προσφυλάξεις πρέπει νὰ λάβωμε στὴν πράξη, διταν θέλωμε νὰ κατασκευάσωμε ἔνα ταλαντωτὴ, μὲ μιὰ σχετικὰ ὑψηλὴ σταθερότητα συγχέτητας. Μιὰ τέτοια κατασκευὴ γίνεται συχνὰ σημαντικὰ δύσκολη καὶ ἀρκετὰ δαπανηρή. Σὲ δρισμένες περιπτώσεις, δημοσιεύεται ἐξαιρετικὰ σταθερή, μποροῦμε νὰ χρησιμοποιήσωμε ἔνα ἀλλοι εἶδος ταλαντωτῶν μὲ κρύσταλλο, που γι' αὐτοὺς θὰ μιλήσωμε στὸ ἐπόμενο Κεφάλαιο. Ὑπάρχουν καὶ ἀλλα ἀκόμα εἴδη ταλαντωτῶν, ἀλλὰ τὸ θέμα δὲν μπορεῖ βέβαια νὰ ἔξαντληθῇ ἐδῶ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

Ο ΠΟΜΠΟΣ - ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΛΑΤΟΥΣ ΚΑΙ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ

11·1 Είσαγωγή.

Από τὸ πρῶτο κιόλας Κεφάλαιο αὐτοῦ τοῦ βιβλίου (καὶ εἰδικότερα στὴν παράγραφο 1·4) δώσαμε μερικὲς πληροφορίες γιὰ τὸ τί εἶναι καὶ πῶς συγκροτεῖται ἔνας πομπός. Εἴχαμε τότε καταλήξει σὲ ἔνα γενικὸ διάγραμμα (σχ. 1·4β), ποὺ ἔδειχνε τὰ διαδοχικὰ στάδια ἢ βαθμίδες τοῦ πομποῦ (δ ἀναγνώστης παρακαλεῖται νὰ ξανακοιτάξῃ αὐτὸ τὸ σχῆμα γιὰ νὰ μὴ τὸ ἐπαναλάθωμε ἐδῶ).

Τώρα ποὺ μάθαμε δρισμένες βασικὲς λειτουργίες, δπως ἡ παραγωγὴ ταλαντώσεων καὶ ἡ ἐνίσχυση, μποροῦμε νὰ περιγράψωμε καλύτερα τὶς διάφορες βαθμίδες τοῦ πομποῦ. Τὸ δτι ἀσχολούμαστε ἔτσι μὲ τὴν ἐκπομπὴν, πρὶν γνωρίσωμε ἀναλυτικότερα τὴ λήψη, αὐτὸ δὲν ἔχει τίποτα τὸ περίεργο. Πρῶτο, γιατὶ δι πομπὸς εἶναι στὴ βάση του ἀπλούστερος ἀπὸ ἔνα ἀνεπτυγμένο δέκτη, ἐνῶ συγχρόνως ἡ καλύτερη γνώση τοῦ πομποῦ βοηθᾶ στὴν κατανόηση τοῦ δέκτη. Καὶ τρίτο, γιατὶ δὲν πρόκειται στὴν πραγματικότητα νὰ ἀσχοληθοῦμε ἐδῶ παρὰ μὲ βασικὲς μόνο γνώσεις, παραμερίζοντας τὰ δύσκολα τεχνικὰ καὶ κατασκευαστικὰ προβλήματα, ποὺ δημιουργεῖ τὸ γεγονός δτι ἔνας πομπὸς εἶναι μιὰ διάταξη σχετικὰ μεγάλης ισχύος.

11·2 Ό ταλαντωτὴς ίσχύος.

Γιὰ τὴν παραγωγὴ τῆς δψηλῆς συχνότητας, χρησιμοποιεῖται μία ἀπὸ τὶς διατάξεις ταλαντωτῶν, ποὺ ἔξετάσαμε στὸ προηγούμενο Κεφάλαιο. Ἡ ταλαντώτρια λυχνία θὰ εἶναι τόσο πιὸ

δύκωδης, όσο δ πομπός πρέπει να είναι ισχυρότερος. Για μικρούς πομπούς, οι λυχνίες λήψεως μπορούν άκριμα να χρησιμοποιηθούν. Στούς μεγάλους ζημιώς πομπούς, π.χ. στην ραδιοφωνία, συναντούμε λυχνίες που ή ισχύ τους μπορεῖ να φθάνη τὰ 100 kW. Παρ' άλλο που ή αρχή της λειτουργίας τους είναι πάντα ή ίδια, τὰ τεχνικὰ προβλήματα διαφέρουν (ψύξη για τὴν ἀπομάκρυνση τῆς θερμότητας, συνεχής τάση τροφοδοτήσεως χιλιάδων βόλτων, κλπ.). Για τις λυχνίες έκπομπής έχομε ξαναμιλήσει στήν παράγραφο 8.11.

Οι ἀπαιτήσεις μας ἀπὸ τὴν βαθμίδα ισχύος Υ.Σ. είναι κυρίως δύο: 1) καλδες βαθμὸς ἀποδόσεως και 2) ἀρκετὴ σταθερότητα συχνότητας. "Ας ἔξετάσωμε μὲ συντομία τὶς δύο αὐτὲς ἀπόψεις.

"Ο βαθμὸς ἀποδόσεως είναι, δημος ξέρομε:

$$\eta = \frac{P_{\text{ΥΣ}}}{P_{\text{τρ}}} \quad (1)$$

ὅπου $P_{\text{ΥΣ}}$ είναι ή παραγόμενη ισχὺς Υ.Σ. και $P_{\text{τρ}}$ είναι ή δλική ισχὺς που καταναλώνεται γιὰ τὴν τροφοδότηση τῆς ταλαντώριας λυχνίας. "Οσο καλύτερη είναι η ἀπόδοση, τόσο θὰ χρειαζόμαστε λιγότερη ισχὺ τροφοδοτήσεως γιὰ νὰ παράγωμε μιὰ δρισμένη ισχὺ Υ.Σ. Συγχρόνως και δλόκληρη η ἐγκατάσταση γίνεται οἰκονομικότερη.

Γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε τὸν καλύτερο βαθμὸ ἀποδόσεως, δ ταλαντωτὴς πρέπει νὰ λειτουργήσῃ σὲ τάξη Γ (παράγρ. 9.9). Πραγματικά, δημος ξέρομε, κατὰ τὴν λειτουργία σὲ τάξη Γ, τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα σχηματίζεται ἀπὸ στενοὺς μόνο παλμοὺς (σχ. 9.9γ). "Έχομε δηλαδὴ τὸ μικρότερο δυνατὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα και μάλιστα ὑπὸ τὴν χαμηλότερη δυνατὴ ἀνοδικὴ τάση. "Ετσι, η ισχὺς τροφοδοτήσεως μικραίνει σὲ σχέση μὲ τὴν παραγόμενη ισχὺ Υ.Σ. και δ βαθμὸς ἀποδόσεως γίνεται δ καλύτερος δυνατὸς (μέχρι 90% περίπου).

Τὸ γεγονός δτι τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα ἀποτελεῖται ἀπὸ παλμοὺς

δὲν συγεπάγεται ἀπαράδεκτη παραμόρφωση τῆς ὑψηλῆς συχνότητας. Οἱ παλμοὶ αὐτοὶ χρησιμεύουν ἀπλῶς γιὰ νὰ συντηροῦν τὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα ὑψηλῆς συχνότητας μέσα στὸ ἀνοδικὸ συντονισμένο κύκλωμα. Οἱ παλμοὶ αὐτοὶ παίζουν πραγματικὰ τὸ ρόλο ποὺ παίζουν τὰ τραβήγματα τοῦ σχοινιοῦ (ἀθήσεις) στὴν περίπτωση μιᾶς κούνιας (παραγγ. 6·1). Οἱ ὡθήσεις συντηροῦν τὴν κανονικὴ ταλάντωση τῆς κούνιας. Ἔτσι καὶ στὸ συντονισμένο κύκλωμα, παρ’ ὅλο ὅτι οἱ ἀπώλειες ἴσχυος ἀντισταθμίζονται μὲ παλμοὺς τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος, ὅμως τὸ ρεῦμα ὑψηλῆς συχνότητας μέσα στὸ συντονισμένο κύκλωμα εἶναι πρακτικὰ ἥμιτονικό.

‘Η σταθερότητα τῆς συχνότητας εἶναι μιὰ ἄλλη ἀπαίτηση ὅχι μικρότερης σημασίας.’ Ἀν ἡ συχνότητα μεταβάλλεται, «παίζει» ὅπως λέμε, τότε δὲν θὰ μποροῦμε νὰ ἔχωμε μιὰ σταθερὴ λήψη σὲ μιὰ σταθερὴ συχνότητα. Συγχρόνως, μιὰ ἀσταθῆτος ἐκπομπὴ θὰ ἐνοχλῇ τοὺς ποιμποὺς ποὺ ἐργάζονται σὲ γειτονικὲς συχνότητες. Γι’ αὐτὸν ὑπάρχουν καὶ διεθνεῖς συμφωνίες ποὺ ἐπιεύξανται, ὡστε οἱ συχνότητες τῶν πομπῶν νὰ εἶναι σταθεροποιημένες καλύτερα ἀπὸ τὸ ἕνα ἔκατον μυριοστό.

Μιὰ τέτοια σταθερότητα εἶναι δύσκολο νὰ τὴν ἐπιτύχωμε σὲ μιὰ βαθμίδα ἴσχυος. ‘Η λύση εὑρίσκεται στὸ νὰ ξεχωρίσωμε τὰ πράγματα. Ἄντι δηλαδὴ νὰ ἔχωμε ἀπ’ εὐθείας ἕνα ταλαντωτὴ ἴσχυος, κατασκευάζομε χωριστὰ ἕνα πολὺ σταθερὸ ταλαντωτὴ μικρῆς ἴσχυος, ποὺ στὴν συνέχεια τὸν συνδέομε μὲ ἕνα χωριστὸ ἐνισχυτὴ ἴσχυος. Ἔτσι η σταθερότητα συχνότητας καὶ η ἴσχυς ἐπιτυγχάνονται ξεχωριστά. Ἀν η ἐπιθυμητὴ ἴσχυς εἶναι πολὺ μεγάλη, δ ἐνισχυτὴς ἴσχυος μπορεῖ νὰ περιλαμβάνῃ περισσότερες ὑποθετικές, ποὺ συνδέονται μεταξύ τους μὲ κατάλληλη σύζευξη.

‘Η ἀνάγκη τῆς σταθερότητας μᾶς δύνηγει λοιπὸν στὸ νὰ τοποθετήσωμε ἐπὶ κεφαλῆς τοῦ πομποῦ ἕνα μικρό, ἀλλὰ πολὺ σταθερό, ταλαντωτή. Τὸν ταλαντωτὴ αὐτὸν τὸν δονομάζομε ὁδηγὸ ταλαντωτὴ ἢ πιλότο. Ἡ τιμὴ τῆς ὑψηλῆς συχνότητας ἐπιεύξαται στὶς ἐπόμενες βαθμίδες ἀπὸ τὸν ὁδηγὸ ταλαντωτή.

11·3 'Ο όδηγος ταλαντωτής.

"Ενας άπλος και οίκονομικός όδηγος ταλαντωτής, με ύψη λήγουσα σταθερότητα συχνότητας, μπορεί να κατασκευασθῇ μὲ τὴ βοήθεια ἑνὸς νέου στοιχείου κυκλώματος ἀπὸ κρύσταλλο χαλαζίου (quartz).

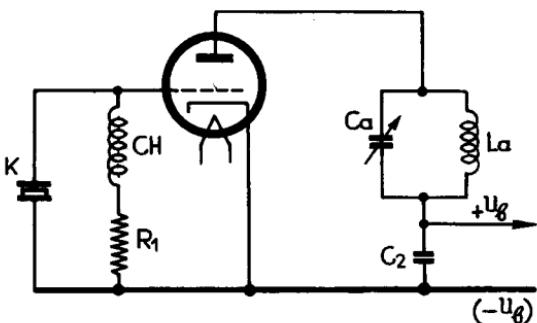
Τέτοιοι κρύσταλλοι παρουσιάζουν πραγματικὰ δρισμένες ή-λεκτρομηχανικές ίδιότητες. "Οταν ἔξασκήσωμε πάνω σὲ ἕνα τέτοιο κρύσταλλο μιὰ μηχανικὴ πίεση, τότε ἐμφανίζονται στὶς ἐπιφάνειές του ήλεκτρικὰ φορτία. Καὶ ἀντίστροφα, ἀν δ κρύσταλλος φορτισθῇ ήλεκτρικά, τότε ἀναπτύσσεται πάνω του μηχανικὴ πίεση. Τὸ φαινόμενο αὐτὸν τὸ δύνομάζομε πιεζοηλεκτρικὸ φαινόμενο. 'Ο κρύσταλλος μπορεῖ ἔτσι νὰ χρησιμοποιηθῇ γιὰ τὴν μετατροπὴ μηχανικῆς ἐνεργείας σὲ ήλεκτρικὴ καὶ ἀντίστροφας. Μὲ βάση αὐτὴ τὴν ίδιότητα τοῦ κρυστάλλου, κατασκευάζονται π.χ. κρυσταλλικὰ μικρόφωνα, ὅπου γῇ μεταβαλλόμενη πίεση τῶν ήχητικῶν κυμάτων τῆς φωνῆς πάνω στὸν κρύσταλλο μετατρέπεται σὲ ἕνα ἀσθενές ρεῦμα χαμηλῆς συχνότητας.

Τὸ πιεζοηλεκτρικὸ φαινόμενο ἐκδηλώνεται ἐπίσης στὶς ύψηλὲς συχνότητες. Μιὰ κατάλληλη λεπτὴ λάμπα ἀπὸ κρύσταλλο χαλαζίου τοποθετημένη ἀνάμεσα σὲ δύο ἐπίπεδους μεταλλικοὺς διπλισμούς, μπορεῖ νὰ δονηθῇ μηχανικὰ σὲ ύψηλὲς συχνότητες, διότε μιὰ ἐναλλασσόμενη τάση ύψηλῆς συχνότητας ἀναπτύσσεται μεταξὺ τῶν διπλισμῶν. Τὸ ἀντίστροφο εἰναι ἐπίσης δυνατό. Δὲν μποροῦμε δύμας ἐδῶ νὰ δώσωμε περισσότερες λεπτομέρειες. 'Εκεῖνο ποὺ ἔχει σημασία εἰναι νὰ ἔχωμε ὑπὸ δψη μας δτι, πρακτικά, ἔνας τέτοιος κρύσταλλος χαλαζίου ἰσοδύναμεῖ μὲ ἕνα συντονισμένο κύκλωμα, σὰν τὰ γνωστά μας κυκλώματα LC, ἀλλὰ μὲ πολὺ ύψηλὸ συντελεστὴ ποιότητας Q (π.χ. 1 000 ἢ καὶ περισσότερο). 'Ακόμη, δτι ἔνα τέτοιο ἰσοδύναμο κύκλωμα δὲν ἐπηρεάζεται ἀπὸ τοὺς ἔξωτεροικοὺς παράγοντες, ποὺ ἐπεμβαίνουν στὰ συνηθισμένα κυκλώματα LC σὲ τρόπο, ὥστε γῇ συχνότητα συντονισμοῦ νὰ δια-

τηρήται εξαιρετικά σταθερή. Μόνο για θερμοκρασία μπορεῖ νὰ ἐπηρεάσῃ ἐλαφρὰ τὴ συχνότητα συντονισμοῦ, ἀλλὰ καὶ αὐτὸς ἀποφεύγεται σὲ μεγάλο βαθμὸν ἀν τοποθετήσωμε τὸν κρύσταλλο μέσα σὲ ἔνα θερμοστατημένο κουτί.

Ο κύριος περιορισμός, κατὰ τὴ χρησιμοποίηση τοῦ κρυστάλλου στοὺς ταλαντωτές, εἶναι ὅτι ἔνας δρισμένος κρύσταλλος συντονίζει σὲ μιὰ ἐντελῶς καθορισμένη συχνότητα, χωρὶς νὰ ὑπάρχῃ τρόπος για συχνότητα αὐτὴν νὰ ρυθμίζεται. Ἐτοι για εὔκολεϊ ἀλλαγῆς τῆς συχνότητας σὲ πλατειὰ περιθώρια μὲ τὴ βοήθεια ἐνὸς μεταβλητοῦ πυκνωτῆ, ὅπως στὸ συνηθισμένο κύκλωμα LC, δὲν ὑπάρχει στὴν περίπτωση τοῦ κρυστάλλου. Ωστόσο, σὲ πολλὲς περιπτώσεις δὲ περιορισμὸς αὐτὸς δὲν εἶναι ἐνοχλητικός.

Γιὰ νὰ κατασκευάσωμε ἔναν ταλαντωτὴ μὲ κρύσταλλο, ἀρκεῖ νὰ χρησιμοποιήσωμε τὸν κρύσταλλο στὴ θέση ἐνὸς συνηθισμένου κυκλώματος LC. Τὸ σχῆμα 11·3 α δείχνει μιὰ συνδεσμολογία



Σχ. 11·3 α.
Ταλαντωτής μὲ κρύσταλλο.

ταλαντωτῆ μὲ κρύσταλλο. Ἀν στὴ θέση τοῦ κρυστάλλου K φαντασθοῦμε ἔνα συντονισμένο κύκλωμα, βλέπομε ὅτι πρόκειται γιὰ ἔνα ταλαντωτὴ TPTG, ποὺ μποροῦμε νὰ τὸν συγκρίνωμε μὲ τὸ σχῆμα 10·3 γ. Ο μεταβλητὸς πυκνωτῆς στὸ συντονισμένο κύκλωμα LaCa τῆς ἀνδρὸς ρυθμίζεται κατάλληλα, γιὰ νὰ πραγμα-

τοποιηθῆ τὸ ἔεκίνημα τῶν ταλαντώσεων (ἡ ρύθμιση τοῦ μεταβλητοῦ πυκνωτῆ ἐπηρεάζει ἑλαφρὰ τὴ συχνότητα λειτουργίας). Ἡ ἴσχυς ἔξεδου Γ.Σ. εἰναι συνήθως τῆς τάξεως τοῦ βάττ. Πολλές ἀλλαγές ποιικιλίες ταλαντωτῶν μὲ κρύσταλλο παρουσιάζονται στὴν πράξῃ.

11.4 Τηλεγραφικοὶ πομποί.

Σύμφωνα μὲ δσα εἴπαμε ὡς ἐδῶ, ἔνας πομπὸς περιλαμβάνει :

- ἔναν ὀδηγὸν ταλαντωτὴ μικρῆς ἴσχυος (τῆς τάξεως τοῦ βάττ),
- μερικὲς ἐνδιάμεσες βαθμίδες ἐνισχύσεως,
- τὴν τελικὴν βαθμίδα τοῦ ἐνισχυτῆ ἴσχυος (πολλῶν kW).

Οἱ ἐνδιάμεσες βαθμίδες ἔχουν τὴν ἐπόμενη λεπτομερέστερη σύνθεση :

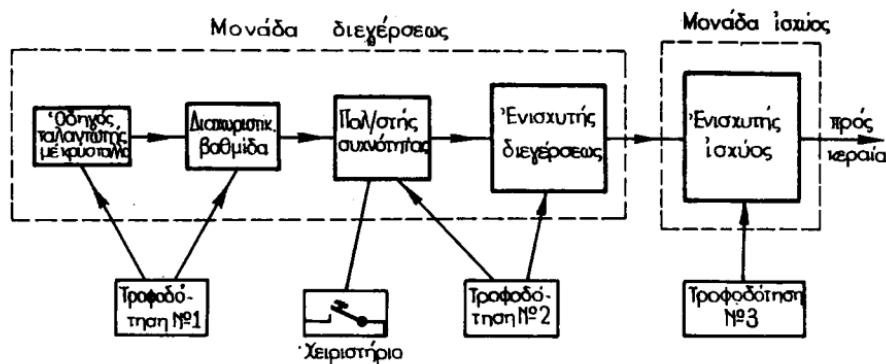
— Εὐθὺς μετὰ τὸν ὀδηγὸν ταλαντωτὴ ὑπάρχει ἔνας ἐνισχυτής, ποὺ κύριος σκοπός του εἰναι νὰ ἀπομονώσῃ τὸν ὀδηγὸν ταλαντωτὴ ἀπὸ τὶς ὑπόλοιπες βαθμίδες ἴσχυος. Αὐτὴ ἡ διαχωριστικὴ βαθμίδα εἰναι ἀπαραίτητη, γιατὶ τὰ ἐπόμενα στάδια ἴσχυος μποροῦν νὰ ἐπιδράσουν πίσω πρὸς τὸν ὀδηγὸν ταλαντωτὴ, μὲ ἀποτέλεσμα νὰ τοῦ καταστρέψουν τὴν σταθερότητα συχνότητας.

— Μία ἡ περισσότερες βαθμίδες πολλαπλασιασμοῦ συχνότητας.

“Ας ὑποθέσωμε δτι ὁ ὀδηγὸς ταλαντωτῆς ἔχει κατασκευασθῆ γιὰ νὰ παράγῃ μιὰ ὁρισμένη ὑψηλὴ συχνότητα f. Στὴν πραγματικότητα, σμως, ὁ ταλαντωτῆς δὲν παράγει μόνο τὴν συχνότητα f. Παράγει ἐπίσης καὶ τὰ πολλαπλάσια αὐτῆς 2f, 3f,... Ἡ συχνότητα f λέγεται ψεμελιώδης καὶ ἔχει τὸ μεγαλύτερο πλάτος. Οἱ συχνότητες 2f, 3f,... λέγονται ἀρμονικὲς καὶ ἔχουν μικρότερα πλάτη. ”Ας ὑποθέσωμε σμως δτι ὑπάρχει ἔνας ἐνδιάμεσος ἐνισχυτῆς μὲ συντονισμένο κύκλωμα, ρυθμισμένο στὴ συχνότητα τῆς δεύτερης π.χ. ἀρμονικῆς 2f. Ἡ συχνότητα 2f θὰ ἐνισχυθῇ τότε κατὰ προτίμηση, ἐνῶ δλες οἱ ἄλλες συχνότητες θὰ « πνιγοῦν ». ”Απὸ τὴ βαθμίδα αὐτὴ καὶ ἔπειτα, δ πομπὸς θὰ ἐργάζεται στὴ

συχνότητα 2 f. "Ετσι, ένω ρχήζομε μὲ μιὰ χαμηλότερη συχνότητα, μποροῦμε κατόπιν νὰ συνέχισωμε μὲ ένα ἀκέραιο πολλαπλάσιό της. Αὕτως δ τρόπος πολλαπλασιασμοῦ τῆς συχνότητας εἶναι ἀρκετὰ συνηθισμένος.

— Μιὰ ἡ περισσότερες ἐνισχυτικὲς βαθμίδες, ποὺ ἔχουν σκοπὸν νὰ ἔξασφαλίσουν στὴν ὑψηλὴ συχνότητα τὸ πλάτος καὶ τὴν ἴσχυ ποὺ χρειάζονται γιὰ τὴν διέγερση τοῦ τελικοῦ ἐνισχυτὴ ἰσχύος.



Σχ. 11·4 α.

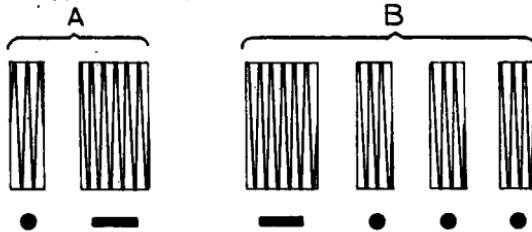
Γενικὸ διάγραμμα ἰσχυροῦ τηλεγραφικοῦ πομποῦ βραχέων κυμάτων (ἰσχὺς ἔξοδου τῆς τάξεως τῶν 50 kW).

Τελικὰ δ πομπὸς παίρνει τὴν διαμόρφωση τοῦ σχήματος 11·4 α. Μερικὲς ἀπὸ τὶς βαθμίδες μποροῦν καὶ νὰ λείπουν, ἵδιαίτερα σὲ μικροὺς πομποὺς (δπότε καὶ μιὰ μόνη λυχνία μπορεῖ νὰ ἀποτελέσῃ πλήρη πομπό).

"Ἐνας τέτοιος πομπὸς εἶναι ἕκανδες νὰ παράγῃ, κατὰ μόνιμο τρόπο, ἔνα ρεῦμα ὑψηλῆς συχνότητας μὲ σταθερὸ πλάτος καὶ σταθερὴ συγγέντητα. Τὸ ρεῦμα αὐτὸ κάνει, ὥστε ἡ κεραία νὰ ἀκτινοθολῇ ἔνα μόνιμο κύμα μὲ ἐπίσης σταθερὸ πλάτος καὶ σταθερὴ συγγέντητα. "Ἐνα τέτοιο κύμα μὲ σταθερὰ χαρακτηριστικὰ τὸ ὄνομάζομε φέρον κύμα ἢ φέρονσα συχνότητα (οἱ ἄγγλοι καὶ οἱ ἀμερικανοὶ τὸ σημειώνουν μὲ τὰ γράμματα C.W.).

Όταν τὸ φέρον κύμα προσθάλλῃ τὴν κεραία ἐνδὲ συνηθι-
ζμένου δέκτη, δέκτης δὲν δίνει στὴν ἔξοδό του ἀκουστὸ σῆμα.
Γιὰ νὰ πάρωμε ἀκουστὸ σῆμα, πρέπει νὰ ἐπιβάλωμε στὸ φέρον
κύμα μιὰ κατάλληλη μεταβολή, εἴτε στὸ πλάτος εἴτε στὴ συχνό-
τητά του. Ή ἐργασία αὐτὴ ἀποτελεῖ τὴ διαμόρφωση τοῦ φέρον-
τος κύματος (βλέπε καὶ παράγγ. 1·4).

Στὴν περίπτωση τῆς τηλεγραφίας, ὅπου χρησιμοποιοῦμε σή-
ματα Μόρς, ἔνας ἀπλὸς τρόπος διαμορφώσεως εἶναι δέξις: "Ἐνα
χειριστήριο, ποὺ εἶναι οὐσιαστικὰ ἔνας διακόπτης, διακόπτει καὶ
ἀποκαθιστᾷ τὸ ρεῦμα ὑψηλῆς συχνότητας μὲ τὸ ρυθμὸ τῶν ση-
μάτων Μόρς (σχ. 11·4 β)." Ἐχομε λοιπὸν ἐδῶ ἔνα εἶδος διαμορ-



Σχ. 11·4 β.

Οἱ τελεῖες καὶ οἱ παῦλες τοῦ μօρσικοῦ κώδικα μεταδίδονται μὲ διαμόρ-
φωση « ὅλο ἢ τίποτα ».

φώσεως πλάτους, ὅπου τὸ πλάτος τοῦ φέροντος κύματος μεταβάλ-
λεται μεταξὺ τοῦ μηδενὸς καὶ μιᾶς μεγίστης τιμῆς. Αὐτὸ δίναι:
πὸ συγκεκριμένα ἢ μέθοδος διαμορφώσεως « ὅλο ἢ τίποτα ».
Στὸ δέκτη, τὰ σήματα αὐτὰ γίνονται ἀκουστὰ μὲ τὴ βοήθεια
κατάλληλης διατάξεως.

Τὸ σημεῖο, ὅπου συνδεσμολογεῖται τὸ χειριστήριο, δὲν εἶναι
ἀδιάφορο. Κατὰ γενικὸ κανόνα τὸ χειριστήριο δὲν πρέπει νὰ πα-
ρεμβάλλεται σὲ μεγάλα ρεύματα ἢ τάσεις, οὕτε ἐπιτρέπεται δέ
χειρισμός του νὰ μπορεῖ νὰ ἐπηρεάσῃ τὴ συχνότητα τοῦ πομποῦ.
Ἐνας καλὸς τρόπος εἶναι τὸ χειριστήριο νὰ διακόπτῃ καὶ νὰ ἀ-
ποκαθιστᾶ μιὰ κατάλληλη πόλωση ποὺ νὰ μπλοκάρῃ καὶ νὰ ἔλευ-

θερώνη τή λειτουργία μιᾶς ἐνδιάμεσης βαθμίδας ἐνισχύσεως. Λέμε ἐνδιάμεσης βαθμίδας, ὥστε τὸ χειριστήριο νὰ ἐπεμβαίνῃ σὲ σημεῖο ἀρκετὰ χαμηλῆς ισχύος (σχ. 11·4 α).

11·5 Ραδιοφωνικοί πομποί. Διαμόρφωση πλάτους.

Στὴν περίπτωση ἐνδές ραδιοφωνικοῦ πομποῦ, τὸ σῆμα ποὺ θέλομε νὰ μεταδώσωμε εἶναι ἔνας ἥχος (φωνὴ ἢ μουσική). Τὸ μικρόφωνο μετατρέπει τὸν ἥχο σὲ ρεῦμα χαμηλῆς συχνότητας. Τοῦτο ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔνα πλήθος ἀπὸ ταυτόχρονα ἡμιτονικὰ ρεύματα Χ. Σ. Ἡ οὖσα δὲν ἀλλάζει ἀν πάρωμε, γιὰ ἀπλότητα, διτὶ τὸ ρεῦμα Χ.Σ. ἀποτελεῖται ἀπὸ ἔνα καθαρὸ ἡμιτονικὸ ρεῦμα (αὐτὴ εἶναι καὶ ἡ περίπτωση μιᾶς καθαρῆς μουσικῆς νότας).

Ἡ διαμόρφωση εἶναι τώρα πολυπλοκώτερη καὶ δὲν μπορεῖ βέβαια νὰ γίνη μὲ τὴν ἀπλὴ μέθοδο « δόλο ἢ τίποτα ». Μποροῦμε δημοσίες καὶ πάλι νὰ ἀναγκάσωμε τὸ πλάτος τοῦ ρεύματος Γ.Σ. νὰ μεταβάλλεται σύμφωνα μὲ τὸ ρυθμὸ τοῦ ρεύματος Χ.Σ. Ἐπιτυγχάνομε ἔτσι τὴ διαμόρφωση πλάτους (οἱ ἀγγλοαμερικανοὶ τὴν συμβολίζουν μὲ τὰ γράμματα A.M.) (σχ. 11·5 α).

Ἡ γραμμὴ ποὺ δείχνει πῶς μεταβάλλεται τὸ πλάτος τῆς διακεκομμένη γραμμῆς στὸ σχῆμα) δημοσίεται περιβάλλονσα τοῦ διαμορφωμένου κύματος. Ἡ ἀρχὴ αὐτὴ τῆς διαμορφώσεως πλάτους δὲν ἀλλάζει ὅταν τὸ ρεῦμα Χ.Σ. ἔχῃ μιὰ πολυπλοκώτερη μορφὴ (βλέπε καὶ σχ. 1·4 α).

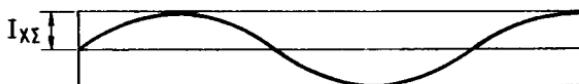
Ἄς εἶναι Ιχσ καὶ Ιγσ τὰ πλάτη τῆς χαμηλῆς καὶ διψηλῆς συχνότητας (σχ. 11·5α). Ὁ λόγος Ιχσ/Ιγσ, ποὺ τὸν ἐκφράζομε σὲ ποσοστὸ ἐπὶ τοῖς ἑκατό, δημοσίεται βάθμος διαμορφώσεως. Δηλαδή :

$$\text{Βάθος διαμορφώσεως} = \frac{\text{Ιχσ}}{\text{Ιγσ}} \cdot 100\%.$$

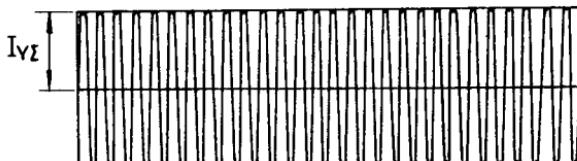
Π.χ. στὸ σχῆμα 11·5 α, τὸ βάθος διαμορφώσεως εἶναι 50% (τὸ πλάτος τοῦ ρεύματος διαμορφώσεως εἶναι τὸ μισὸ τοῦ πλάτους τῆς Γ.Σ.).

Τὸ βάθος διαμορφώσεως μεταβάλλεται ἀνάλογα μὲ τὴν ἔνταση τοῦ ρεύματος Χ.Σ., δηλαδὴ ἀνάλογα μὲ τὴν ἔνταση τοῦ ἥχου. Δὲν ἐπιτρέπεται ὅμως τὸ βάθος διαμορφώσεως νὰ ἔπειράσῃ τὸ 100 %. Ἀπὸ κεῖ καὶ πέρα τὸ ρεῦμα Υ.Σ. θὰ διακόπτεται κατὰ ἓνα μέρος τῆς ἀρνητικῆς ἥμιπεριόδου τῆς Χ.Σ., δηλαδὴ θὰ ἔχωμε ἀπαράδεκτη παραμόρφωση. Βάθος διαμορφώσεως 100 % σημαίνει μεταβολὴ τοῦ πλάτους Υ.Σ. ἀπὸ μηδὲν μέχρι τὸ διπλάσιο πλάτος τοῦ φέροντας κύματος.

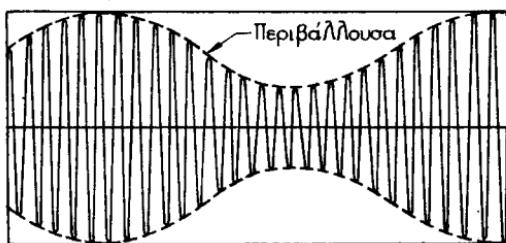
Ρεῦμα διαμορφώσεως (Χ.Σ.)



Ρεῦμα Υ.Σ. (ἀδιαμόρφωτο ἢ φέρον)



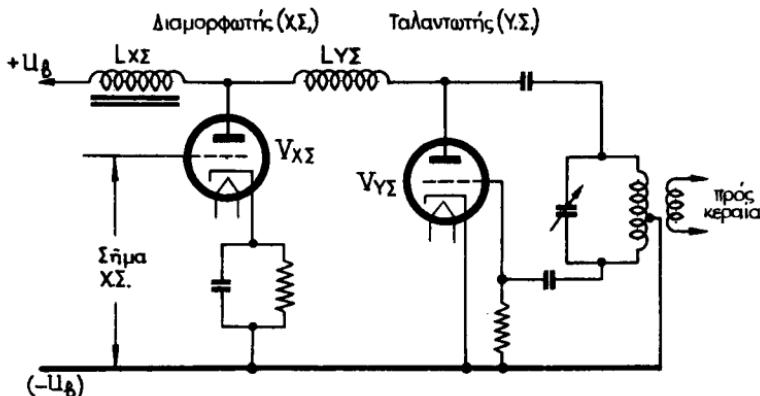
Διαμορφωμένο ρεῦμα Υ.Σ.



Σχ. 11·5 α.
Διαμόρφωση πλάτους (Α.Μ.).

Κατὰ ποιό ὅμως τρόπο μποροῦμε νὰ πραγματοποιήσωμε τὴ διαμόρφωση πλάτους; Ποικίλες συνδεσμολογίες ὑπάρχουν γι' αὐτό. Δὲν θὰ ἀναφέρωμε παρὰ ἓνα μόνο παράδειγμα, καὶ αὐτὸ ἀπλοποιημένο: τὴ διαμόρφωση ἀπὸ τὴν ἄνοδο.

Στὸ σχῆμα 11·5 β., V_{YS} εἶναι μιὰ ταλαντώτρια λυχνία Υ.Σ., ἐνῶ V_{XS} εἶναι μιὰ ἐνισχύτρια Χ.Σ. Οἱ δύο λυχνίες χωρίζονται ἀπὸ τὴν αὐτεπαγωγὴν L_{YS} . Ὁ ρόλος αὐτῆς τῆς αὐτεπαγωγῆς εἶναι νὰ σταματᾶ τὴν Υ.Σ. νὰ ἐπιτρέπῃ δμως τῇ διάβαση τῆς Χ.Σ.



Σχ. 11·5 β.

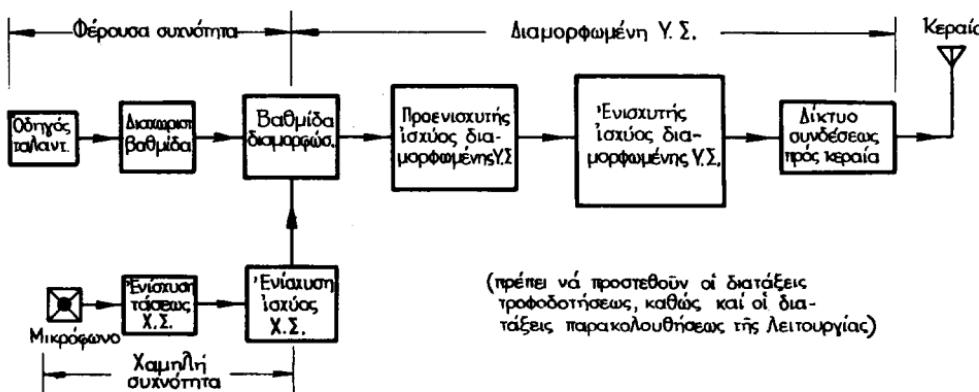
*Απλοποιημένο παράδειγμα διαμόρφώσεως ἀπὸ τὴν ἀνοδο. (Γιὰ τὸν ταλαντώτη, βλέπε σχ. 10 · 3 α.).

Τὸ ἀνοδικὸ φορτέο τῆς ἐνισχύτριας Χ.Σ. ἀποτελεῖται ἀπὸ μιὰ ἄλλη αὐτεπαγωγὴν L_{XS} . Ὁταν τὸ πλέγμα αὐτῆς τῆς λυχνίας διεγείρεται ἀπὸ τὸ (προενισχυμένο) σήμα Χ.Σ., ἡ ἀνοδικὴ τάση τῆς λυχνίας μεταβάλλεται μὲ τὸ ρυθμὸ αὐτοῦ τοῦ σήματος. Οἱ μεταβολὲς αὐτὲς περνοῦν καὶ μεταβάλλον, στὸν ἔδιο ρυθμό, τὴν ἀνοδικὴ τάση τῆς ταλαντώτριας Υ.Σ. Ἔτοι καὶ τὸ πλάτος τῆς παραγομένης Υ.Σ. μεταβάλλεται καὶ αὐτὸ στὸν ἔδιο ρυθμό. Ἡ ταλαντώτρια παράγει λοιπὸν ἕνα διαμορφωμένο ρεῦμα Υ.Σ.

*Ἐνα τέτοιο σύστημα διαμόρφώσεως ἔχει ἀρκετὰ μειονεκτήματα. Ὑπάρχουν καὶ ἄλλα συστήματα (π.χ. διαμόρφωση ἀπὸ τὸ πλέγμα), ποὺ ἔχουν καὶ αὐτὰ τὰ μειονεκτήματά τους. Τὰ μειονεκτήματα ἀφοροῦν κυρίως στὴν παραμόρφωση καὶ τὴ σταθερότητα τῆς συχνότητας. Μποροῦμε νὰ τὰ περιορίσωμε μὲ διαφόρους τρόπους. Ἡ κατάσταση διευκολύνεται δταν ἡ διαμόρφωση ἐφαρμό-

ζεται σε ένα άπο τὰ ένδιάμεσα στάδια ένισχύσεως Υ.Σ. "Οπως σημως και νὰ έχη τὸ πράγμα, διαμορφωτής, δηλαδὴ ή ένισχυτικὴ μονάδα Χ.Σ., είναι συνήθως ένα σημαντικὸ κομμάτι τοῦ πομποῦ. Η ίσχυς του μπορεῖ νὰ συγκριθῇ μὲ τὴν ίσχὺν τῆς βαθμίδας Υ.Σ. ποὺ διαμορφώνει (π.χ. τῆς τάξεως τοῦ kW, σε διαμόρφωση ἀπὸ τὴν ἀνοδο)."

Τὸ σχῆμα 11·5 γ δείχνει τὸ γενικὸ διάγραμμα ένδεικνυτοῦ φωνικοῦ πομποῦ (χωρὶς τὰ ἀνορθωτικὰ συστήματα τροφοδοτήσεως).



Σχ. 11·5 γ.

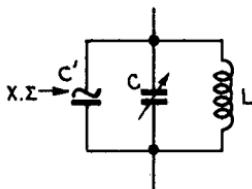
Γενικὸ διάγραμμα φωνικοῦ πομποῦ (ισχὺς τῆς τάξεως τῶν 50 kW).

11·6 Διαμόρφωση συχνότητας.

Τὸ σῆμα χαμηλῆς συχνότητας μπορεῖ ἐπίσης νὰ ἀποτυπωθῇ ὅχι σὰν μεταβολὴς τοῦ πλάτους τοῦ φέροντος κύματος (ὅπως στὴ διαμόρφωση πλάτους), ἀλλὰ σὰν μεταβολὴς τῆς συχνότητας τοῦ φέροντος κύματος. Έχομε τότε τὴν διαμόρφωση συχνότητας, (διεθνὲς σύμβολο F.M.).

Γιὰ νὰ καταλάβωμε πῶς γίνεται ἡ διαμόρφωση συχνότητας, ἀς ἔξετάσωμε τὴν περίπτωση τοῦ σχήματος 11·6 α. Τὸ συντονισμένο κύκλωμα LC ἀποτελεῖ μέρος τῆς συνδεσμολογίας μιᾶς ταλαντώτριας λυχνίας. Στὰ ἄκρα τοῦ κυκλώματος ἔχει συνδεθῆ

ένας μικρὸς δονούμενος πυκνωτὴς C'. Ο πυκνωτὴς αὐτὸς εἶναι κατασκευασμένος ἔτσι, ὅτε δὲ ένας ὀπλισμός του νὰ ἀποτελῆται ἀπὸ μιὰ λεπτὴ μεμβράνη, σὰν τὴν μεμβράνη τοῦ μικροφώνου. Υπὸ τὴν ἐπίδραση τῆς φωνῆς, ἡ ἑνὸς ρεύματος X.Σ., ἡ μεμβράνη δονεῖται καὶ ἡ χωρητικότητα τοῦ πυκνωτῆς μεταβάλλεται μὲ τὸ ρυθμὸν τῆς X.Σ. Η συχνότητα συντονισμοῦ τοῦ συντονισμένου κυκλώματος μεταβάλλεται ἐπίσης στὸν ἕδιο ρυθμό. Ο ταλαντωτὴς παράγει λοιπὸν μιὰ μεταβαλλόμενη ὑψηλὴ συχνότητα, ποὺ οἱ μεταβολές τῆς ἀναπαριστάνονται τὸ σήμα X.Σ. Αὐτὸς εἶναι ἔνας τρόπος γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε τὴν διαμόρφωση συχνότητας (ὑπάρχουν καὶ διάφοροι ἄλλοι τρόποι).



Σχ. 11·6 α.

Ένας δονούμενος πυκνωτὴς C' μπορεῖ νὰ πραγματοποιήσῃ τὴν διαμόρφωση συχνότητας.

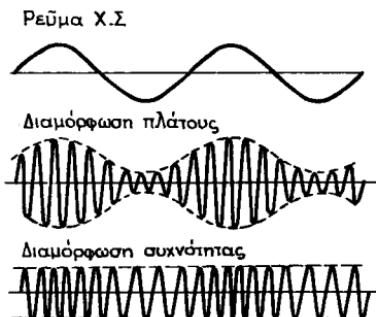
Εἶναι φανερὸ δτι, διὸ ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος X.Σ. (ἢ τῆς φωνῆς) εἶναι μεγαλύτερη, τόσο δὲ δονούμενος πυκνωτὴς δονεῖται ἵσχυρότερα, ἀρα τόσο μεγαλύτερες εἶναι οἱ μεταβολές συχνότητας. Εἶναι ἐπίσης φανερὸ δτι οἱ μεταβολές αὐτὲς (πυκνώματα καὶ ἀραιώματα τῆς ὑψηλῆς συχνότητας) ἐπαναλαμβάνονται τόσες φορὲς στὸ δευτερόλεπτο, διηγείται η συχνότητα τοῦ ρεύματος X.Σ. Στὸ μεταξύ, τὸ πλάτος τῆς ὑψηλῆς συχνότητας δὲν παθαίνει καμμιὰ μεταβολή, μένει δηλαδὴ σταθερό. Στὸ σχῆμα 11·6 β μποροῦμε νὰ συγκρίνωμε τὴν διαμόρφωση συχνότητας σὲ σχέση μὲ τὴν διαμόρφωση πλάτους.

"Ἄς πάρωμε ἔνα παράδειγμα. "Εστω δτι ἡ φέρουσα ὑψηλὴ συχνότητα εἶναι $f_0 = 100 \text{ Mc/s}$. Καὶ ἔστω δτι, ὑπὸ τὴν ἐπίδρα-

ση τοῦ ρεύματος X.Σ., ή φέρουσα μεταβάλλεται κατὰ ± 50 kc/s. Αύτὸς θὰ πήσῃ για συχνότητα τοῦ διαμορφωμένου κύματος μεταβάλλεται μεταξὺ $f = 100\,000 - 50 = 99\,950$ kc/s και $f = 100\,000 + 50 = 100\,050$ kc/s. Η διαφορὰ $f - f_0$ (ίση μὲ 50 kc/s στὸ παράδειγμά μας) δύναμάζεται διαδρομὴ συχνότητας. Όσο τὸ πλάτος τοῦ ρεύματος X.Σ. εἶναι μεγαλύτερο, τόσο για διαδρομὴ συχνότητας εἶναι μεγαλύτερη. Μὲ ἀλλα λόγια τὸ πλάτος τοῦ ρεύματος X.Σ. (ή ἔνταση τῆς φωνῆς) ἀποτυπώνεται στὸ μέγεθος τῆς διαδρομῆς συχνότητας.

"Εστω τώρα ὅτι τὸ ρεῦμα X.Σ. ἔχει συχνότητα $f_{X\Sigma} = 500$ c/s (δηλαδὴ 0,5 kc/s). Θὰ ἔχωμε τότε, σὲ κάθε δευτερόλεπτο, 500 σὰν τὰ παραπάνω πυκνώματα και ἀραιώματα τῆς ίδιης συχνότητας. Ο λόγος τῆς διαδρομῆς Y.Σ. πρὸς τὴν χαμηλὴ συχνότητα δύναμάζεται δείκτης διαμορφώσεως:

$$\text{δείκτης διαμορφώσεως} = \frac{f - f_0}{f_{X\Sigma}}. \quad (1)$$



Σχ. 11 · 6 β.

Σύγκριση μεταξὺ διαμορφώσεως πλάτους και διαμορφώσεως συχνότητας.

Στὸ παράδειγμά μας δ δείκτης διαμορφώσεως εἶναι $50/0,5 = 100$.

Η διαμόρφωση συχνότητας χρησιμοποιεῖται κυρίως στὰ άπερβραχέα κύματα (30 ώς 300 Mc/s). Η συνηθισμένη διαδρομὴ συχνότητας εἶναι τῆς τάξεως τῶν 75 kc/s.

Στή λήψη, ή διαμόρφωση συχνότητας μετατρέπεται κατάλληλα σὲ διαμόρφωση πλάτους. Άπο κεῖ καὶ πέρα, ή λήψη γίνεται όπως στοὺς συνγηθισμένους δέκτες γιὰ διαμόρφωση πλάτους (θὰ ἐπανέλθωμε ἀργότερα στὸ θέμα αὐτό).

Ἡ διαμόρφωση συχνότητας, ἀν ἔξαιρέσωμε τὸ μειονέκτημα ὅτι οἱ ἀντίστοιχες συσκευὲς εἰναι πολυπλοκώτερες, παρουσιάζει πολλὰ πλεονεκτήματα. Τὸ κυριότερο εἰναι ὅτι ἐπηρεάζεται λιγότερο ἀπὸ τὰ διάφορα παράσιτα στή λήψη. Μιὰ ἐπίδραση τῶν παρασίτων εἰναι νὰ ἐπηρεάζουν τὸ πλάτος τοῦ κύματος, ἀλλὰ οἱ μεταβολὲς πλάτους δὲν μεταφέρουν σῆμα στή διαμόρφωση συχνότητας καὶ μποροῦμε νὰ τὶς ἔξαφανίζωμε στή λήψη χωρὶς κίνδυνο παραμορφώσεως. Ἐνα ἄλλο πλεονέκτημα εἰναι ὅτι ὁ πομπὸς ἐργάζεται μόνυμα μὲ τὸ μέγιστο πλάτος τῆς φέρουσας συχνότητας, πράγμα ποὺ σημαίνει καλύτερη ἐκμετάλλευση ἰσχύος. Αὐτὸ εἰναι ἀδύνατο στή διαμόρφωση πλάτους, ὅπου τὸ πλάτος τοῦ φέροντος πρέπει ἀναγκαστικὰ νὰ περιορίζεται περίπου στὸ μισὸ τοῦ μεγίστου δυνατοῦ διαμορφωμένου πλάτους.

Ἡ διαμόρφωση συχνότητας χρησιμοποιεῖται γιὰ τὴ μετάδοση μουσικῆς ὑψηλῆς πιστότητας (χάρη στὸν περιορισμὸ τῶν παρασίτων καὶ τῆς παραμορφώσεως), στὴν τηλεφωτογραφία, τὴν τηλεγραφία, κλπ.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὴ διαμόρφωση πλάτους ἡ συχνότητας ὑπάρχουν καὶ διάφορα ἄλλα συστήματα διαμορφώσεως. Π.χ. ἡ διαμόρφωση φάσεως, ποὺ μοιάζει πολὺ μὲ τὴ διαμόρφωση συχνότητας. Ωστόσο, δὲν εἰναι δυγατὸ νὰ ἐπεκταθοῦμε περισσότερο ἐδῶ.

Οσα εἴπαμε στὸ Κεφάλαιο αὐτὸ δὲν ἔξαντλοῦν βέβαια καθόλου τὸ θέμα τῶν ποιητῶν. Περιορισθήκαμε ἀπλῶς σὲ μερικὲς μόνο ἀπαρχίτητες γνώσεις.

Φ ΩΡΑΣΗ

12·1 Γιατί ή φώραση είναι άπαραίτητη.

"Ας στρέψωμε τώρα τήν προϊοχή μας πρὸς τὸν δέκτη.

Τὴν ἀρχὴν τῆς λειτουργίας του τήν γνωρίζομε ἀπὸ τὴν παράγραφο 1·5. Εἴδαμε ἐκεῖ ὅτι η οὐσιαστικότερη λειτουργία τοῦ δέκτη είναι η φώραση η ἀποδιαμόρφωση.

Τώρα ποὺ μάθαμε καλύτερα τί είναι η διαμόρφωση, καταλαβαίνομε ἐπίσης καλύτερα τί θὰ είναι η ἀντίθετη λειτουργία ποὺ λέγεται φώραση. Σκοπὸς τῆς φωράσεως είναι ὁ διαχωρισμὸς τῆς χαμηλῆς ἀπὸ τὴν ὑψηλὴν συχνότητα. Ἡ ὑψηλὴ συχνότητα, ποὺ ἔχει τὸ προσὸν νὰ ἀκτινοβολῇ ται μὲ καλὴ ἀπόδοση ἀπὸ τὴν κεραία ἐκπομπῆς, χρησιμεύει σὰν ἔνα καλὸ μέσο μεταφορᾶς, ἀλλὰ είναι πιὰ ἀχρηστη στὴν λήψη καὶ πρέπει νὰ ἀπομακρυνθῇ. Δὲν μᾶς ἐνδιαφέρει τώρα νὰ κρατήσωμε παρὰ μόνο τὸ σῆμα χαμηλῆς συχνότητας, ἐκεῖνο ποὺ χρησιμοποιήθηκε γιὰ τὴ διαμόρφωση τοῦ πομποῦ. Μόνο αὐτὸ είναι κατάλληλο νὰ δηγγηθῇ στὸ μεγάφωνο η ὁποιαδήποτε ἀλληγ τελικὴ συσκευή.

Είναι λοιπὸν φανερὸ δτι δὲν μπορεῖ νὰ ὑπάρξῃ δέκτης χωρὶς φώραση. Ἀντίθετα, είναι δυνατὸ νὰ κάνωμε λήψη χωρὶς ἐνσχυση, ἀκόμα καὶ χωρὶς ἐπιλογῆ, ἀν π.χ. βρισκόμαστε πολὺ κοντὰ σὲ ἔνα ἰσχυρὸ πομπό.

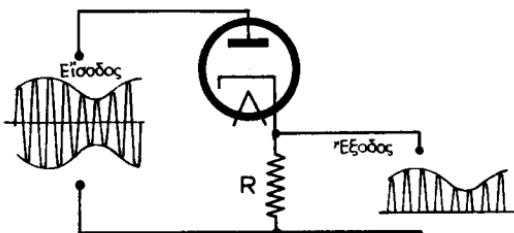
12·2 Απλὴ ἀνόρθωση.

"Η φώραση είναι στὴν οὐσία ἔνα εἶδος τελειοποιημένης ἀνορθώσεως. Γι' αὐτὸ πρέπει νὰ δοῦμε πρῶτα πῶς γίνεται η ἀπλὴ ἀνόρθωση.

Στὴν παράγραφο 8·4 μάθαμε μὲ συντομίᾳ τί είναι η ἀνόρ-

θωση και πάντα πραγματοποιεῖται μὲν μιὰ δίοδη λυχνία. "Ας τὸ διπενθυμίσωμε: "Οσο ἡ ἀνοδος τῆς δίοδης λυχνίας εἶναι θετικὴ, ὡς πρὸς τὴν κάθοδο, ἡ λυχνία εἶναι ἀγώγιμη καὶ τὸ κύκλωμα διαρρέεται: ἀπὸ ρεῦμα. Τὸ ρεῦμα διακόπτεται δταν ἡ ἀνοδος γίνεται: ἀρνητικὴ ὡς πρὸς τὴν κάθοδο. Ή δίοδος λυχνία ἐνεργεῖ: λοιπόν, γιὰ τὸ ρεῦμα, σὰν ἔνα εἰδος βαλβίδας.

"Εστω δτι ἡ δίοδη λυχνία εἶναι: συνδεσμολογημένη δπως στὸ σχῆμα 12·2 α. Στὴν εἰσοδος ἔφαρμόζομε μιὰ τάση δψηλής συ-



Σχ. 12·2 α.

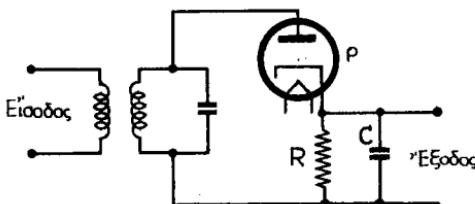
Η ἀπλὴ ἀνόρθωση δὲν ἀποτελεῖ πλήρη φώραση.

χνότητας διαμορφωμένη κατὰ πλάτες. Ἐπειδὴ ρεῦμα κυκλοφορεῖ μόνον κατὰ τὶς θετικὲς ἡμιπερισδους τῆς τάξεως εἰσόδου, ἡ ἔξοδος θὰ ἀποτελήται: ἀπὸ ἡμιπερισδους (παλμοὺς) πρὸς μία μόνον κατεύθυνση. Οἱ κορυφὲς τῶν παλμῶν ἔξεδου ἀναπαράγουν τὸ σῆμα χαμηλῆς συχνότητας, χωρὶς πιὰ νὰ διαρρέχουν καὶ οἱ ἀντίθετοι παλμοὶ πρὸς τὴν ἄλλη κατεύθυνση. Αὐτὲ ἀποτελεῖ ἔνα σοῦχαρὸ βῆμα γιὰ τὸν διαχωρισμὸ τῆς χαμηλῆς ἀπὸ τὴν δψηλή συχνότητα, δηλαδὴ γιὰ τὴν φώραση. Δὲν εἶναι σμως ἀκόμα φώραση. Καὶ τοῦτο γιατὶ στὴν ἔξοδο δὲν εὑρίσκομε μόνο τὸ ἐπιθυμητὲ σῆμα Χ.Σ., ἀλλὰ καὶ ἀνεπιθύμητους παλμοὺς δψηλῆς συχνότητας.

12·3 Φώραση.

Γιὰ νὰ ἀπαλλαγοῦμε ἐντελῶς ἀπὸ τὴν δψηλή συχνότητα, συνδέσομε στὰ ἀκρα τῆς ἀντιστάτεως φέρτου R ἔνα πυκνωτὴ C

(σχ. 12·3 α). Ή απλή αυτή προσθήκη, άλλαξεις γρμαντικά τὴν λειτουργία καὶ τὴν κάνει ἀρκετὰ πιὸ πολύπλοκη. "Ας προσπαθήσωμε νὰ παρακολουθήσωμε τὰ πράγματα.



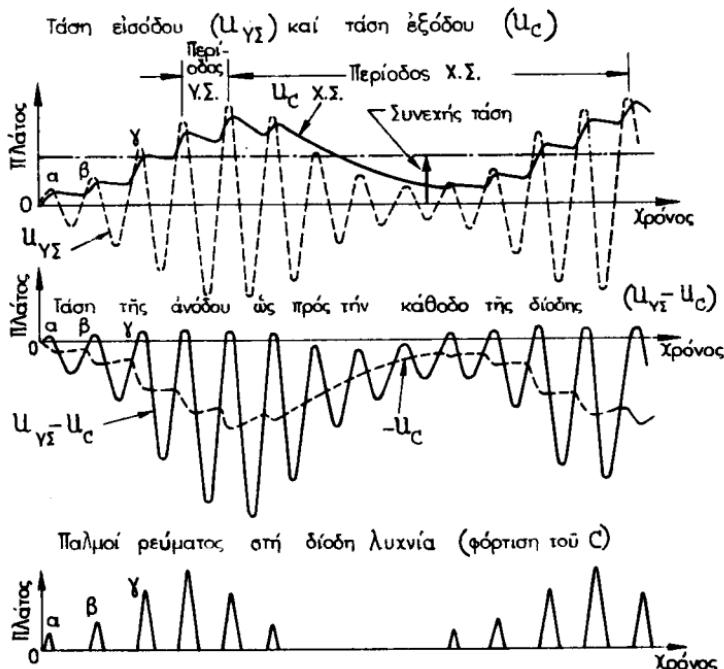
Σχ. 12·3 α.
Κύκλωμα φωράσεως μὲ δίοδη λυχνία.

"Οσο ἡ ἀνοδος τῆς δίοδης λυχνίας εἰναι: θετικὴ ὡς πρὸς τὴν κάθοδο, τὸ κύκλωμα διαρρέεται ἀπὸ ἕνα ρεῦμα. Τὸ ρεῦμα αὐτὸ φόρτιζει τὸν πυκνωτὴν C. Ή φόρτιση γίνεται μέσα ἀπὸ τὴν ἐσωτερικὴ ἀντίσταση ρ τῆς δίοδης λυχνίας. Υπάρχει ρεῦμα καὶ γίνεται φόρτιση μόνο γύρω ἀπὸ τὶς κορυφὲς α, β, γ, ... τῶν θετικῶν ἡμιπεριόδων τῆς ὑψηλῆς συχνότητας (σχ. 12·3 β).

Κατὰ τοὺς ἐνδιάμεσους χρόνους α - β, β - γ, ... ἡ ἀνοδος τῆς δίοδης λυχνίας γίνεται ἀρνητικὴ ὡς πρὸς τὴν κάθοδο. Τὸ ρεῦμα διακόπτεται. Ο πυκνωτὴς C ἐκφόρτιζεται μέσα ἀπὸ τὴν ἀντίσταση R. Ή ἐκφόρτιση ρυθμίζεται ἔτσι, ὅστε νὰ εἰναι ἀρκετὰ ἀργή, ἀλλὰ καὶ σὲ τρόπο, ὅστε ἡ τάση ἐξόδου στὰ ἄκρα τοῦ πυκνωτῆς νὰ παρακολουθῇ ἀρκετὰ καλὰ τὶς θετικὲς κορυφὲς τοῦ διαμορφωμένου κύματος. "Ετοι ἡ τάση ἐξόδου ἀναπαράγει ἀρκετὰ καλὰ τὸ σχῆμα X.Σ., ἐνῷ ἡ Y.Σ. ἐξαφανίζεται. Οἱ μικρὲς ἀνωμαλίες τῆς τάσεως ἐξόδου (σὰν δόντια πριονιοῦ) εἰναι στὴν πραγματικότητα πολὺ μικρότερες ἀπὸ δ, τι φαίνονται στὸ σχῆμα καὶ τελικὰ γίνονται ἀσήμαντες.

Μὲ τὸν τρόπο αὐτὸν ἡ φώραση εἰναι πλήρης. Γιὰ νὰ λειτουργήσῃ ὅμως σωστὰ τὸ σύστημα, πρέπει νὰ ἐκπληρώνωνται δρισμένες συνθήκες. Ο πυκνωτὴς C πρέπει νὰ μπορῇ νὰ φορτί-

ζεται άρκετά γρήγορα κατά τις κορυφές Υ.Σ. α , β , γ , ... "Οσον άφορα στήνη έκφόρτιση κατά τους ένδιάμεσους χρόνους α - β , β - γ , ..., αύτη πρέπει να είναι άρκετά άργη ώς πρός τήν περίοδο Υ.Σ., ένω συγχρόνως πρέπει να παρακολουθή τήν X. Σ. Ό πι-



Σχ. 12·3β.

Μηχανισμὸς φωράσεως μὲ δίοδη λυχνίᾳ συνδεσμολογημένῃ σύμφωνα μὲ τὸ σχῆμα 12·3a.

κνωτής C παίζει ἔτσι τὸ ρόλο μιᾶς δεξαμενῆς. Ἡ δεξαμενὴ (πυκνωτής) τροφοδοτεῖται γρήγορα: ἀπὸ πολλὲς καὶ μικρὲς διακοπτόμενες ποσότητες νεροῦ, ένω ἡ μέση στάθμη μεταβάλλεται μὲ σχετικὰ ἀργὸ ρυθμό.

Ἡ φόρτιση καὶ ἡ έκφόρτιση ἐνὸς πυκνωτῆρι ρυθμίζεται ἀπὸ τήν σταθερὰ χρόνου, πὸ γυνωρίσαμε στήν παράγραφο 2·5. Ἡ σταθερὰ χρόνου, γιὰ τήν φόρτιση, είναι ἵση μὲ τὸ γινόμενο ρC. Κα-

τὰ τὴν φόρτιση, ἡ λυχνία εἶναι ἀγώγιμη καὶ ἡ ἐσωτερική τῆς ἀντίσταση ρ εἶναι μικρή. Τὸ γινόμενο ρC μπορεῖ λοιπὸν νὰ κρατηθῇ μικρὸς ὥς πρὸς τὴν περίοδο Y.Σ. Ο πυκνωτὴς C μπορεῖ τότε νὰ φορτίζεται γρήγορα κατὰ τὶς κορυφὲς α, β, γ, ...

Ἡ σταθερὴ τοῦ χρόνου κατὰ τὴν ἐκφόρτιση εἶναι ἵση μὲ RC. Ἡ τιμὴ τοῦ R πρέπει νὰ εἶναι σημαντικὴ μεγαλύτερη ἀπὸ τὸ ρ. Συγκεκριμένα, τὸ γινόμενο RC πρέπει νὰ εἶναι μεγάλο ὥς πρὸς τὴν περίοδο Y.Σ. καὶ μικρὸς ὥς πρὸς τὴν περίοδο X.Σ. Ἔτσι ἀκριβῶς ἐπιτυγχάνεται διαιχωρισμὸς τῶν δύο συχνοτήτων.

Απὸ ὅσα εἴπαμε, γίνεται φανερὸς ὅτι, γιὰ νὰ γίνῃ σωστὰ ἡ φώραση, τὰ στοιχεῖα R καὶ C πρέπει νὰ ἔχουν δρισμένες κατάλληλες τιμές. Στὴν περίπτωση π.χ. τῆς ραδιοφωνίας, μποροῦμε νὰ πάρωμε C = 50 ὥς 100 pF καὶ R = 100 ὥς 500 kΩ. Οἱ τιμὲς αὐτὲς ἱκανοποιοῦν γενικὰ τὶς παραπάνω συνθῆκες.

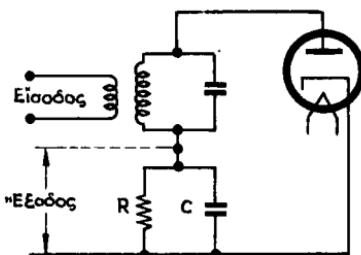
Ἄς γυρίσωμε πίσω στὸ σχῆμα 12·3 β. Παρατηροῦμε ὅτι ἡ τάση ἐξόδου UC εὑρίσκεται πάνω ἀπὸ τὸν ἀξονα τοῦ μηδενός. Αὐτὸς σημαίνει ὅτι ἡ τάση ἐξόδου, ἐκτὸς ἀπὸ τὸ ἐναλλασσόμενο σῆμα X.Σ., περιέχει ἐπίσης καὶ μιὰ συνιστώσα συνεχοῦς τάσεως. Τὸ πράγμα δὲν εἶναι σοδαρό, γιατὶ ἡ τελευταίχ μπορεῖ νὰ ἀπομακρυνθῇ μὲ τὴν βοήθεια ἑνὸς πυκνωτῆς συνδέσεως.

Στὴν μέση τοῦ σχήματος 12·3 β, ἔχει παρασταθῆ ἡ τάση στὰ ἀκρα τῆς διόδης ἵση μὲ τὴ διαφορὰ UY—UC. Ἡ τάση αὐτὴ περιέχει ἐπίσης σὰν συνιστώσα τῆς τὴν διαμόρφωση X.Σ. Περιέχει δῆμως ἐπὶ πλέον καὶ ἔνα μεγάλο μέρος ὑψηλῆς συχνότητας. Δὲν μποροῦμε λοιπὸν νὰ τὴν χρησιμοποιήσωμε σὰν ἀποτέλεσμα φωράσεως, παρὰ μόνο μὲ τὴν ἐπιφύλαξη ὅτι ἡ Y.Σ. θὰ ἀπομακρυνθῇ ὕστερα ἀπὸ μιὰ ἐπόμενη συνδεσμολογία (φίλτρο).

Στὸ κάτω μέρος τοῦ σχήματος 12·3 β, βλέπομε τοὺς παλιοὺς ρεύματος, ποὺ χρησιμοποιοῦνται γιὰ τὴ φόρτιση τοῦ πυκνωτῆς C κατὰ τὶς θετικὲς κορυφὲς τῆς ὑψηλῆς συχνότητας.

12·4 Πρακτικά κυκλώματα φωράσεως μὲ δίοδη λυχνία.

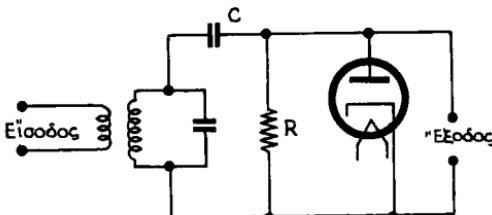
Εἴδαμε ὅτι ἡ τάση ἐξόδου, στὰ ἄκρα τοῦ πυκνωτῆ C (σχ. 12·3 α), περιέχει, ἐκτὸς ἀπὸ τὸ σήμα X.S. καὶ μιὰ θετικὴ συνεχὴ τάση (σχ. 12·3 β). Μιὰ τέτοια συνεχὴς τάση μπορεῖ γὰρ χρησιμοποιηθῆ γιὰ δρισμένες λειτουργίες τοῦ δέκτη, ὅπως θὰ δοῦμε ἀργότερα. Ἀντὶ δημοσίως νὰ εἶναι θετική, πρέπει νὰ εἶναι ἀρνητική. Γιὰ τὸ ἐπιτύχωμε αὐτό, ἀρκεῖ νὰ συνδέσωμε τὰ στοιχεῖα φωράσεως RC ὡς στὸ κύκλωμα τῆς καθόδου, ἀλλὰ τῆς ἀνόδου. Φθάνομε ἔτσι στὴ συνδεσμολογία τοῦ σχήματος 12·4 α, ἡ ἣποια καὶ χρησιμοποιεῖται πολὺ συχνά.



Σχ. 12·4 α.

Τὰ στοιχεῖα φωράσεως R, C μποροῦν νὰ συνδεθοῦν στὸ ἀνοδικὸ κύκλωμα.

Ἄλλὰ τότε τὸ κάτω ἄκρο τοῦ συντονισμένου κυκλώματος εἰσόδου δὲν εὑρίσκεται πιὰ ἐνωμένο μὲ τὴ «γῆ» (μάζα). Ἀν αὐτὸ ἀπαιτήται ὁ πωσδήποτε, μποροῦμε νὰ καταφύγωμε στὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 12·4 β. Τοῦτο δημοσίει διάφορα μειονεκτήμα-

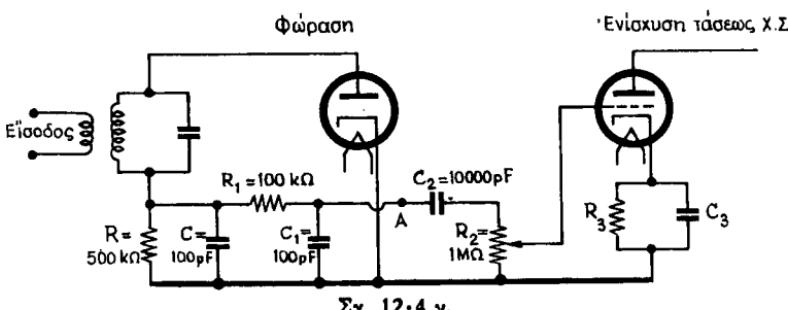


Σχ. 12·4 β.

Παράλληλο κύκλωμα φωράσεως (ἀντίσταση R παράλληλη πρὸς τὴ δίοδη καὶ πρὸς τὸ συντονισμένο κύκλωμα εἰσόδου).

τα: Τὴν τάση ἔξόδου τὴν παίρνομε στὰ ἄκρα τῆς δίοδης λυχνίας, ἀρά περιέχει σοθαρὸ ποσοστὸ ὑψηλῆς συχνότητας. Συγχρόνως, γὶ ἀντίσταση φόρτου R εὑρίσκεται ἐνωμένη στὰ ἄκρα τοῦ συντονιζμένου κυκλώματος, πράγμα ποὺ προκαλεῖ ἁξιόλογη, πρόσθετη ἐλάττωση τοῦ συντελεστῆ ποιότητας Q τοῦ συντονιζμένου κυκλώματος.

Τὸ σχῆμα 12·4 γ δείχνει ἕνα ἀρκετὰ συνηθισμένο πλήρες κύκλωμα φωράσεως. Πρόκειται γιὰ τὴν προηγούμενη συνδεσμολογία (σχ. 12·4 α), ποὺ ἔχει ἐδῶ συμπληρωθῆ κατάλληλα. Τὰ στοιχεῖα φωράσεως RC μένουν τὰ ἕδια. Τὰ στοιχεῖα R_1C_1 σχη-



Σχ. 12·4 γ.

Πλήρες κύκλωμα φωράσεως (οἱ τιμὲς τῶν στοιχείων δίδονται ἀπλῶς σὰν παράδειγμα γιὰ τὴν περίπτωση τῆς φαδιόφωνίας).

ματίζουν ἔνα φίλτρο. Ο πυκνωτὴς C_1 τοῦ φίλτρου προσάλλει σχετικὰ μικρὴ χωρητικὴ ἀντίσταση στὴν Γ.Σ. καὶ ἔτσι γὶ Γ.Σ. διαρρέει πρὸς τὴ «γῆ». Ἀντίθετα, γὶ Χ.Σ. περνᾶ πρακτικὰ ἀνενόχλητη μέσα ἀπὸ τὸ φίλτρο. Κατόπιν συγχατοῦμε τὸν πυκνωτὴ C_2 , ποὺ εἶναι ἔνας πυκνωτὴς συνδέσεως μὲ τὴν ἐπόμενη βαθμίδα ἐνισχύεως Χ.Σ. Ο πυκνωτὴς αὐτὸς σταματᾷ δποιαδήποτε συνεχὴ τάση, ἀφήνει δῆμως καὶ πάλι ἐλεύθερη τὴ διάδρομη στὸ σῆμα Χ.Σ. Τὸ ποτανσιόμετρο R_2 χρησιμεύει γιὰ τὴ ρύθμιση τῆς τάσεως εἰςέδου στὴν ἐπόμενη ἐνισχυτικὴ βαθμίδα. Τὸ ποτανσιόμετρο εἶναι αὐτὸ ποὺ ρυθμίζει τὴν ἔνταση τοῦ γῆχου σὲ ἔνα ραδιόφωνο. Τέλος, τὰ στοιχεῖα R_3C_3 ἔξασφαλίζουν, κατὰ τὸν γνωστὸ τρό-

πο, τὴν ἀρνητικὴν πόλωσι, τῆς ἐνισχύτριας λυχνίας. Πολὺ συχνά, γὰρ δίοδη φωράτραι καὶ γὰρ τρίοδη, ἐνισχύτρια τοποθετοῦνται μέσα στὸ ἔδιο περίβλημα καὶ παρουσιάζονται σὰν μιὰ διπλὴ λυχνία.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὰ κυκλώματα ποὺ ἀναφέραμε, καὶ διάφορες ἄλλες ποικιλίες εἰναι: ἐπίσης δυνατές.

12·5 Κρυσταλλικοί φωρατές.

Οἱ δίοδες γήλεκτρονικὲς λυχνίες, ποὺ χρησιμοποιοῦνται σὰν φωράτριες, μποροῦν νὰ ἀντικατασταθοῦν ἀπὸ τοὺς λεγομένους κρυσταλλικοὺς φωρατές.

Ἐνας κρυσταλλικὸς φωρατὴς εἰναι γενικὰ κατασκευασμένος, ὅπως δείχνει τὸ σχῆμα 12·5 α. Ἀποτελεῖται οὖσαστικὰ ἀπὸ ἕνα κομμάτι καταλλήλου κρυστάλλου, ποὺ πάνω του ἀκουμπᾶ μιὰ μεταλλικὴ ἀκίδα.

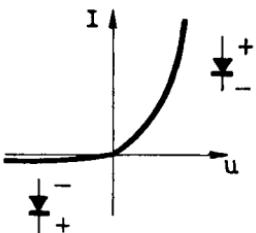


Σχ. 12·5 α.
Κρυσταλλικὸς φωρατὴς.

Πελαιότερα, χρησιμοποιοῦσαν σὰν κρύσταλλο τὸν γαληνίτη (οἱ ἐρασιτέχνες τὸν χρησιμοποιοῦν καὶ σήμερα). "Οταν δὲ κρύσταλλος συνδεθῇ μὲ τὸν ἀρνητικὸν πόλο μιὰς πηγῆς (στήλης) καὶ γὰρ ἀκίδα μὲ τὸν θετικὸν πόλο, τότε τὸ σύστημα παρουσιάζει σχετικὰ μικρὴ ἀντίσταση. "Οταν δημιως οἱ πόλοι ἀντιστραφοῦν, τότε γὰρ ἀντίσταση τοῦ συστήματος γίνεται πολὺ μεγάλη.

"Ενα τέτοιο σύστημα παρουσιάζει λοιπὸν ἰδιότητες βαλεντίας, ὅπως καὶ μιὰ δίοδη λυχνία. "Αλλωστε, γὰρ χαρακτηριστικὴ καμπύλη (τάση — ερεύνα), μοιάζει μὲ τὴν χαρακτηριστικὴν τῆς δίοδης λυχνίας. Τοῦτο φαίνεται ἀν συγκρίνη κανεὶς τὰ σχῆματα 12·5 β

καὶ 8·3 γ. Ἡ ἀκίδα παιζει τὸ ρόλο τῆς ἀνόδου, ἐνῶ ὁ κρύσταλλος ἀντικαθιστά τὴν κάθοδο τῆς δίοδης λυχνίας.



Σχ. 12·5β.

Χαρακτηριστική κρυσταλλικοῦ φωρατῆ.

Ἐνας ἰδανικὸς ἀνορθωτὴς (καὶ, κατὰ προέκταση, ἰδανικὸς φωρατής), θὰ ἔπρεπε νὰ προσέλλῃ μηδενικὴ ἀντίσταση πρὸς τὴν μιὰ κατεύθυνση τοῦ ρεύματος καὶ ἀπειρη ἀντίσταση πρὸς τὴν ἀντίθετη κατεύθυνση. Ἡ δίοδη λυχνία πληγοιάζει περισσότερο πρὸς τὶς συνθῆκες αὐτὲς ἀπὸ δ.πι ὁ κρυσταλλικὸς φωρατής. Τὸ σχῆμα 12·5 β δείχνει, πραγματικά, ὅτι τὸ ρεῦμα δὲν εἶναι μηδέν, ἀρά ἡ ἀντίσταση δὲν εἶναι ἀπειρη πρὸς τὴν ἀντίθετη κατεύθυνση.

Ἡ λειτουργία τοῦ κρυσταλλικοῦ φωρατῆ βασίζεται στὸ γεγονός ὅτι ὁ κρύσταλλος εἶναι ἔνας ἡμιαγωγός, ἔχει δηλαδὴ ἰδιότητες μεταξὺ ἀγωγοῦ καὶ μονωτικοῦ. Στὴν περίπτωση τοῦ γαληνίτη, τὸ σύστημα παρουσιάζει μιὰ δυσάρεστη ἀστάθεια. Δηλαδὴ, ἢ λειτουργία δὲν εἶναι ἵκανο ποιητική, παρὰ μόνο ὅταν ἡ ἀκίδα ἀκουμπᾶ σὲ ἔνα «εὐαίσθητο σημεῖο» τοῦ κρυστάλλου καὶ μάλιστα μὲ κατάλληλη πίεση.

Οἱ ἔρευνες, ποὺ ἔγιναν κυρίως μετὰ τὸν τελευταῖο πόλεμο, κατέληξαν σὲ κρυσταλλικοὺς φωρατὲς νέου τύπου, δηλαδὴ, μὲ ἄλλους κρυστάλλους, δπως τὸ γερμάνιο. Οἱ φωρατὲς αὐτοὶ (τύπου π.χ. 1N 34 ἢ OA 50) δὲν παρουσιάζουν πιὰ τὸ μειονέκτημα τῆς ἀσταθείας. Τὸ μέγεθός τους εἶναι μικρό, δσο μιὰ συγγεισμένη ἀντίσταση ἀνθρακος. Τοὺς συναντοῦμε, δλος καὶ συχνότερα, σὲ ποι-

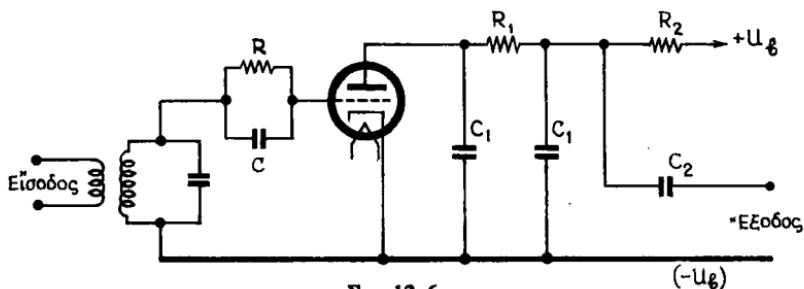
κίλες ραδιοτεχνικὲς κατασκευές, ὅπως ἐπίσης καὶ στὰ ραντάρ (φώραση ἔξαιρετικὰ ὑψηλῆς συχνότητας). Ἐχουν τὸ πλεονέκτημα νὰ μὴν ἀπαιτοῦν καρμιὰ τροφοδότηση, ἐνῶ συγχρόνως δλεῖσ οἱ ἴδιοτητές τους διαρκῶς βελτιώνονται.

12.6 Φώραση άπὸ τὸ πλέγμα.

Ἐκτὸς ἀπὸ τὰ δίσδα στοιχεῖα (δίσδες λυχνίες καὶ κρυσταλλικοὺς φωρατές), ἡ τρίσδη (ἢ καὶ ἡ πέντοδη) λυχνία μπορεῖ ἐπίσης νὰ χρησιμοποιηθῇ γιὰ τὴν φώραση.

Τὸ καταλαβατίνομε αὐτὸ δὸν σκεψθοῦμε ὅτι ἡ κάθοδος καὶ τὸ δόηγδ πλέγμα τῆς τρίσδης λυχνίας σχηματίζουν στὴν πραγματικότητα ἔνα εἰδος διόδου στοιχείου. Τὸ δίσδο αὐτὸ μέρος μπορεῖ ἀκριβῶς νὰ χρησιμοποιηθῇ γιὰ τὴν φώραση. Φθάνομε ἔτσι σὲ συνδεσμολογίες σὰν αὐτὴ τοῦ σχήματος 12·6 α.

Ἐνα τέτοιο σύστημα ἔξασφαλίζει τὴν φώραση ἀπὸ τὸ πλέγμα. Ἡ φώραση ἔξασφαλίζεται εἰδικότερα ἀπὸ τὸ δίσδο μέρος τῆς λυχνίας καὶ τὰ στοιχεῖα RC. Τὸ ἀποτέλεσμα εἶναι, ὅπως ξέρομε, μιὰ συνολικὴ τάση, ποὺ περιέχει 1) τὸ σῆμα X.Σ., 2) μιὰ ἀρνητικὴ τάση καὶ 3) ἔνα ὑπόλειμμα Y.Σ.



Κύκλωμα φωράσεως ἀπὸ τὸ πλέγμα.

Οἱ τρεῖς αὐτὲς τάσεις εὑρίσκονται ταυτόχρονα ἐφαρμοσμένες στὸ πλέγμα τῆς τρίσδης λυχνίας. Κάθε μιὰ τους παῖζει καὶ ἔναν δίαφορετικὸ ρόλο. Ἀς τὶς πάρωμε μὲ τὴ σειρά.

‘Η τάση, Χ.Σ. ἐνεργεῖ σὰν κανονική διέγερση γιὰ τὴν τρίσδι, λυχνία. ‘Η λυχνία λειτουργεῖ ἔτσι σὰν ἐνισχύτρια Χ.Σ. καὶ τὸ σῆμα Χ.Σ. ἀναπαράγεται: ἐνισχυμένο στὸ ἀνοδικὸ κύκλωμα. Αὐτὸς ἀποτελεῖ προφανῶς μιὰ εὐτυχὴ σύμπτωση. ‘Η λυχνία ἐργάζεται συγχρόνως σὰν φωράτρια καὶ σὰν ἐνισχύτρια Χ.Σ. Τοῦτο αὐξάνει πολὺ τὴν εὐαισθησία τοῦ συστήματος. Γι’ αὗτὸν ἀκριβῶς τὸν λόγο, ἡ φώραση ἀπὸ τὸ πλέγμα εἶχε παλαιότερα χρησιμοποιηθῆναι μεγάλο βαθμό.

‘Η συνεχής ἀρνητική τάση ἔξασφαλίζει μὲν ἐπιτυχία τὴν πόλωση τοῦ πλέγματος. ‘Ετσι, ἡ κάθοδος τῆς λυχνίας συνδέεται ἀπ’ εὐθείας στὴν « γῆ ».

Τὸ ὑπόλειμμα ὅμως ὑψηλῆς συχνότητας δημιουργεῖ σοθαρὰ μειονεκτήματα. ‘Η τάση Γ.Σ. ἐνισχύεται καὶ αὐτὴ (ὅπως ἡ Χ.Σ.). ‘Αν ἡ ἐνισχυση εἴναι σημαντικὴ καὶ ἀν, δπως συμβαίνει συνήθως, ὑπάρχουν στὸ κύκλωμα παρασιτικὰ στοιχεῖα (χωρητικότητες), ποὺ νὰ προκαλοῦν κατάλληλη θετικὴ ἀνάδραση, τότε ἡ λυχνία μπορεῖ νὰ μετατρέπεται σὲ ταλαντώτρια Γ.Σ. (βλ. Κεφ. 10). Αὐτὸς ἔχει σὰν συνέπεια γὰ δώση, στὸ μεγάφωνο πολὺ ἐνοχλητικὰ σφυρίγματα. Σ’ αὗτὸν τὸ μειονέκτημα τῆς ἀστάθειας, προστίθενται καὶ διάφορα δὲλλα ποὺ ἀφοροῦν κυρίως στὴν παραμόρφωση.

Τελικὰ καταλήγομε νὰ ἀρνηθοῦμε τὴν φανομενικὴ ἀπλότητα καὶ οἰκονομία τῆς φωράσεως ἀπὸ τὸ πλέγμα. ‘Η ἀπαιτούμενη εὐαισθησία ἔξασφαλίζεται, στοὺς νεώτερους δέκτες, μὲ δὲλλους τρόπους. ‘Η φώραση γίνεται γενικὰ μὲ ἔχωριστη δίοδη λυχνία. ‘Η φώραση μὲ δίοδη λυχνία ἀκολουθεῖται ἀπαραίτητα μὲ ἔχωριστη ἐνισχυση τῆς χαμηλῆς συχνότητας.

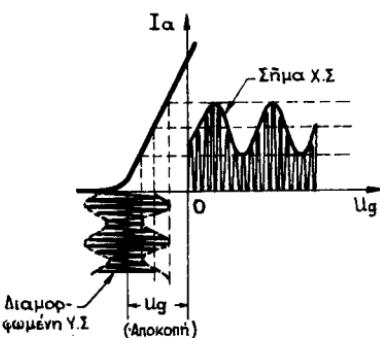
‘Οπως καὶ νὰ ἔχῃ τὸ πρόγμα, δὲς ξανάρθωμε στὸ σχῆμα 12.6α γιὰ νὰ συμπληρώσωμε τὴν περιγραφή. Τὰ στοιχεῖα RC εἴναι: τὰ στοιχεῖα φωράσεως στὸ κύκλωμα πλέγματος. Τὸ ἀνοδικὸ κύκλωμα περιλαμβάνει ἕνα φίλτρο $C_1 R_1 C_1$, ποὺ σταθιατὰ τὴν Γ.Σ. χω-

ρὶς βέβαια νὰ ἐμποδίζῃ τὴν Χ.Σ. Ἡ ἀντίσταση R_2 ἀποτελεῖ τὸ φορτίο τῆς τρίοδης λυχνίας σὰν ἔνισχύτριας (βλ. Κεφ. 9). C_2 εἶναι, τέλος, ὁ πυκνωτής συζεύξεως πρὸς τὴν ἐπόμενη βαθμίδα. Στὴν πράξη, εἶναι δύνατὸν νὰ συναντήσωμε καὶ ἄλλες παραλλαγὲς τοῦ κυκλώματος αὐτοῦ.

12·7 Φώραση άπό τὴν ἄνοδο.

Μιὰ τρίοδη (ἢ μιὰ πέντεοδη) λυχνία μπορεῖ νὰ χρησιμοποιηθῇ ως φωράτρια καὶ κατὰ ἓνα διαφορετικὸ τρόπο.

Ὕποθέτομε ὅτι τὸ πλέγμα τῆς λυχνίας εἶναι πολωμένο στὸ συγκεῖο τῆς ἀποκοπῆς (παρ. 8·6). Ἡ διέγερση τοῦ πλέγματος ἀποτελεῖται ἀπὸ τὴν διαμορφωμένη τάση Υ.Σ. ποὺ θέλομε νὰ ὑποεξάλωμε σὲ φώραση (σχ. 12·7α). Ἡ λυχνία εἶναι ἀγώγι-

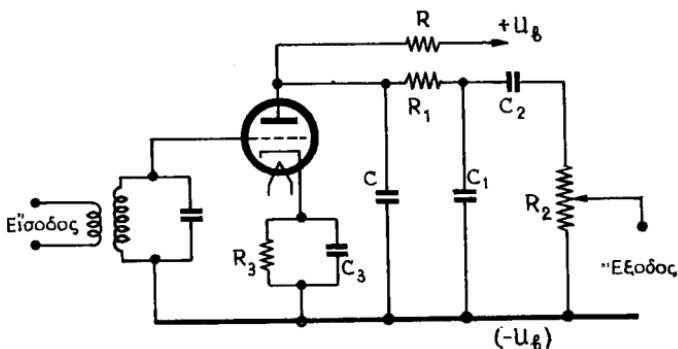


Σχ. 12·7 α.

Φώραση άπὸ τὴν ἄνοδο (τὸ ὑπόλειμμα Υ.Σ. ἀπομακρύνεται στὸ ἄνοδικὸ κύκλωμα μὲ τὴ βοήθεια φίλτρου).

μη, μόνο κατὰ τὶς θετικὲς γῆμιπερίόδους Υ.Σ., ἐνῶ οἱ ἀρνητικὲς γῆμιπερίόδοι ἀποκόπτονται. Αὐτὸ μοιάζει ἐντελῶς μὲ τὸν τρόπο ποὺ ἐνεργεῖ μιὰ δίοδη λυχνία. Ἀπὸ κεὶ καὶ πέρα, ἡ φώραση γίνεται μὲ τὸν ἕδιο μηχανισμὸ τῆς δίοδης λυχνίας. Μόνο ποὺ τὰ στοιχεῖα φωράσεως RC εὑρίσκονται στὸ ἄνοδικὸ κύκλωμα καὶ ἔχομε τόρα φώραση άπὸ τὴν ἄνοδο (σχ. 12·7β).

Τὸ σύστημα αὐτὸ ἔχει τὸ πλεονέκτημα, ὅπως καὶ ἡ φώραση ἀπὸ τὸ πλέγμα, νὰ συνδυάζῃ τὴν φώραση μὲ κάποια ἐνίσχυση τοῦ σήματος Χ.Σ. Ἐγείρει ἐπίσης τὸ πλεονέκτημα, ὅσο τουλάχιστο τὸ πλέγμα δὲν γίνεται θετικὸ στὶς κορυφὲς Γ.Σ., νὰ μὴν ἀπορροφᾶ πρακτικὰ καθόλου ἐνέργεια ἀπὸ τὸ συντονισμένο κύκλωμα εἰσέδου, ἀρα νὰ διατηρῇ ὑψηλὸ τὸν συντελεστὴν ποιότητας Q αὐτοῦ τοῦ κυκλώματος.



Σχ. 12·7 β.

Συνδεσμολογία φωράσεως ἀπὸ τὴν ἀνοδο. Τὰ διάφορα στοιχεῖα κυκλώματος (ἀντιστάσεις καὶ πυκνωτές) παίζουν τὸν ἴδιο ρόλο μὲ τὰ ἀντίστοιχα στοιχεῖα τοῦ σχήματος 12·4 γ.

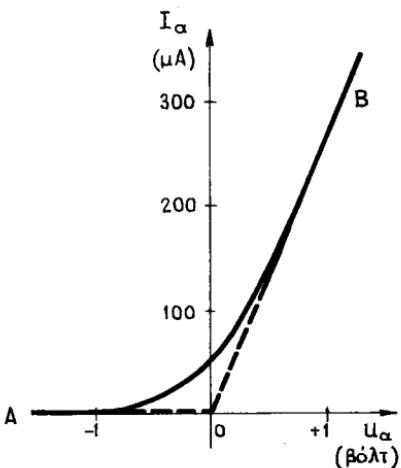
Ὑπάρχουν δῆμως καὶ σοβαρὰ μειονεκτήματα. Τὸ κυριότερο εἶναι ὅτι τὸ κάτω καμπύλο τμῆμα τῆς χαρακτηριστικῆς (U_g , I_a) (σχ. 12·7 α) εἶναι στὴν πραγματικότητα ἀρκετὰ ἐκτεταμένο καὶ προκύπτει ἀπὸ ἐκεῖ σοβαρὴ αἰτία παραμορφώσεως. Γι' αὐτό, καὶ γιὰ μερικοὺς ἄλλους λόγους, ἡ φώραση ἀπὸ τὴν ἀνοδὸ χρησιμοποιεῖται μόνο σὲ εἰδικὲς περιπτώσεις.

"Οπως διέπομε, παρ' ὅλη τὴν σημαντικὴ ποικιλία κυκλωμάτων φωράσεως, ποὺ μόνο τὰ κυριότερα ἀναφέρομε ἐδῶ, τὴν καλύτερη φώραση τὴν ἔξασφαλίζει τελικὰ μιὰ ἔξιωριστὴ δίοδη λυχνία. Γι' αὐτὸ καὶ ἡ φώραση μὲ δίοδη εἶναι σήμερα ἡ πιὸ συνηθισμένη.

12·8 Παρατηρήσεις— Ήλεκτρονικά βολτόμετρα.

Μιὰ ἀτέλεια τῆς δίοδης λυχνίας εἶναι ότι, σταν ἡ ἄνοδος ἔχη τάση μηδέν, ὑπάρχει στὸ κύκλωμα ἕνα μικρό, ἀλλὰ ὅχι μηδενικό, ρεῦμα (π.χ. τῆς τάξεως τῶν 50 μικροαμπέρ). Αὐτὸ συμβαίνει γιατὶ τὰ ἡλεκτρόνια ἐκτοξεύονται ἀπὸ τὴν κάθοδο μὲ ποικίλες ταχύτητες σὲ τρόπο, ὥστε μερικὰ νὰ μποροῦν νὰ φθάνουν ὡς τὴν ἄνοδο ἀκόμα καὶ ἀν δὲν ἔλκωνται ἀπὸ αὐτήν.

Ἐτοι, ἡ πραγματικὴ χαρακτηριστικὴ τάσεως ρεύματος: (U_a, I_a) ἔχει τὴν καμπύλη μορφὴ τοῦ σχήματος 12·8 α καὶ ὅχι



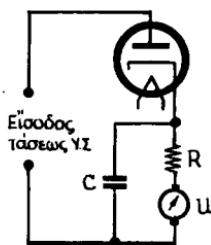
Σχ. 12·8 α.

Τὸ ἄνοδικὸ ρεῦμα τῆς δίοδης δὲν εἶναι μηδὲν γιὰ $U_a = 0$.

τὴν ἰδανικὴ μορφὴ τῆς τεθλασμένης γραμμῆς AOB. Τὸ γεγονός αὐτὸ ἀποτελεῖ αἰτία παραμορφώσεως τοῦ σήματος X.Σ., μετὰ τὴ φώραση. Τὸ κακὸ διορθώνεται ἀν ἡ διαμορφωμένη Y.Σ. ἔχη τάση πολλῶν βόλτ. Τότε τὸ πλάτος τοῦ σήματος X.Σ. γίνεται μετὰ τὴ φώραση, μὲ μεγάλη προσέγγιση, ἀνάλογο πρὸς τὸ πλάτος τῆς ὑψηλῆς συχνότητας. Γι' αὐτὸ μιὰ τέτοια φώραση λέγεται γραμμικὴ («γραμμικὸ» εἶναι κάθε φαινόμενο ποὺ ὑπακούει σὲ ἓνα

νόμο εύθειας άναλογίας). "Εστω, τώρα, ότι ή τάση εἰσόδου δὲν είναι μιὰ διαμορφωμένη τάση ύψηλής συχνότητας, ἀλλὰ μιὰ τάση Γ.Σ. μὲ σταθερὸ πλάτος (ὅπως ἔνα ἀδιαμόρφωτο φέρον κύμα). "Αν μιὰ τέτοια τάση τὴν ὑποβάλωμε σὲ φώραση, τὸ ἀποτέλεσμα θὰ είναι προφανῶς μιὰ συνεχῆς τάση (δὲν ὑπάρχει πιὰ χαμηλή συχνότητα διαμορφώσεως). Στὴν περίπτωση ποὺ ή φώραση εἶναι γραμμική, ή συνεχῆς τάση θὰ είναι ἀνάλογη πρὸς τὸ πλάτος Γ.Σ. Ἀρκεῖ, τότε, νὰ μετρήσωμε τὴν συνεχή τάση ποὺ δίνει η φώραση, γιὰ νὰ ἔχωμε ἔμμεσα τὸ πλάτος τῆς τάσεως Γ.Σ.

"Η μέθοδος αὐτὴ μετατρέπει τὴν μέτρηση μιᾶς τάσεως Γ.Σ. στὴ μέτρηση μιᾶς συνεχοῦς τάσεως. Η συνεχῆς ὅμως τάση μπορεῖ νὰ μετρηθῇ πολὺ εὔκολα. Η φώραση μᾶς δίνει λοιπὸν ἕναν εὔκολο τρόπο μετρήσεως μιᾶς τάσεως Γ.Σ., ποὺ διαφορετικὰ θὰ ἔται δύσκολη δουλειά. Τὰ δργανα ποὺ κατασκευάζονται σὲ αὐτὴν τὴν βάση λέγονται ἡλεκτρονικὰ βολτόμετρα.



Σχ. 12·8 β.

Ἐλεκτρονικὸ βολτόμετρο μὲ δίοδη λυχνία.

Τὸ σχῆμα 12·8 β δίνει ἔνα παράδειγμα μὲ δίοδη λυχνία. Η ἀντίσταση φόρτου R είναι ἀρκετὰ μεγάλη καὶ συνδέεται σὲ σειρὰ μὲ ἔνα μικροαυτερόμετρο συνεχοῦς ρεύματος βαθμολογημένο ἔτσι, ὥστε νὰ δίνῃ ἀπ' εύθειας τὸ πλάτος U τῆς τάσεως Γ.Σ. Η φώραση ἀπὸ τὴν ἀνοδὸ χρησιμοποιεῖται ἐπίσης στὰ ἡλεκτρονικὰ βολτόμετρα. Τὰ δργανα αὐτὰ είναι πολύτιμοι βοηθοὶ στὸ ραδιοτεχνικὸ ἔργαστήριο.

Ἐστω, τέλος, ὅτι τὸ πλάτος τῆς ἀδικιόρφωτης Γ.Σ. εἶναι σχετικὰ μικρό. Τότε τὸ συνεχὲς ρεῦμα, μετὰ τὴν φώραση, δὲν εἶναι πιὰ ἀνάλογο πρὸς τὸ πλάτος Ζ τῆς Γ.Σ. (βλ. σχ. 12·8 α), ἀλλὰ πρὸς τὸ τετράγωνο Ζ² τοῦ πλάτους Γ.Σ. Ἡ φώραση παύει νὰ εἶναι γραμμικὴ καὶ γίνεται τετραγωνικὴ (ἢ δευτέρας δυνάμεως). Ἡ τετραγωνικὴ φώραση δὲν εἶναι κατάλληλη γιὰ συνηθισμένη φώραση διαμορφωμένης Γ.Σ., γιατὶ τότε ἡ παραμόρφωση εἶναι ἀπαράδεκτα μεγάλη. Χρησιμοποιεῖται ὅμως σὲ ἥλεκτρονικὰ βολτόμετρα, καθὼς καὶ σὲ δρισμένες ἀλλεις ἐφαρμογές.

12·9 Φώραση γιὰ διαμόρφωση συχνότητας.

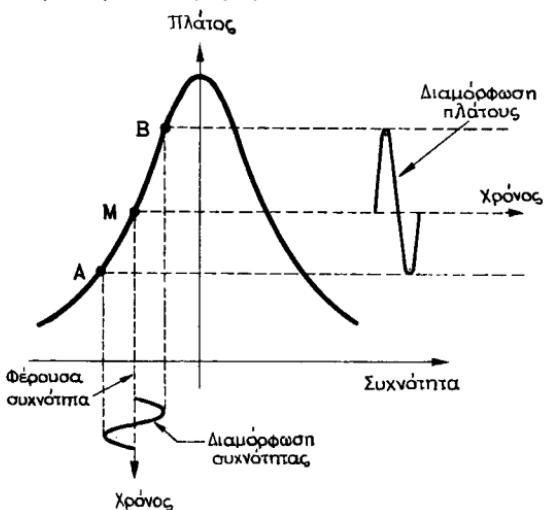
Οσα εἴπαμε μέχρι τώρα γιὰ τὴν φώραση, ἐφαρμόζονται στὴν περίπτωση ποὺ τὸ φέρον κύμα εἶναι διαμορφωμένο κατὰ πλάτος. Ο μηχανισμὸς τῆς φωράσεως εἶναι τότε πρακτικῶς ἀνεξάρτητος ἀπὸ τὴν συχνότητα. Ενας τέτοιος φωρατὴς δὲν δίνει βένταια κανένα ἀποτέλεσμα στὴν περίπτωση διαμορφώσεως κατὰ συχνότητα (παράγρ. 11·6). Στὴν περίπτωση αὐτὴν πρέπει νὰ χρησιμοποιηθοῦν ἀλλα εἰδικὰ συστήματα φωράσεως.

Ἐνα ἀπὸ τὰ συστήματα αὐτὰ στηρίζεται στὴν μετατροπὴ τῆς διαμορφώσεως συχνότητας σὲ διαμόρφωση πλάτους, δόπτε μπορεῖ πιὰ νὰ χρησιμοποιηθῇ ἐνας φωρατὴς γιὰ διαμόρφωση πλάτους. Γιὰ νὰ ἐπιτύχωμε τὴν μετατροπὴν τῆς διαμορφώσεως, τὸ συντονισμένο κύκλωμα εἰσόδου συντονίζεται ὡς τὴν ἀκριβὴ συχνότητα τοῦ φέροντος κύματος, ἀλλὰ μὲ τέτοιο τρόπο, ὡστε ἡ φέρουσα συχνότητα νὰ πέφτῃ σὲ ἓνα ἀπὸ τὰ πλευρὰ τῆς καμπύλης συντονισμοῦ (σχ. 12·9 α).

Τότε, καθὼς ἡ συχνότητα μεταβάλλεται ἐξ αἰτίας τῆς διαμορφώσεως συχνότητας, καὶ τὸ πλάτος τῆς Γ.Σ. μεταβάλλεται ἀνάλογα στὴν ἔξοδο τοῦ συντονισμένου κυκλώματος (σχ. 12·9 α). Δὲν ἔχομε πιὰ παρὰ νὰ ἐφαρμόσωμε αὐτὴ τὴν τάση, τὴν διαμορφωμένη κατὰ πλάτος, σὲ ἓνα συνηθισμένο φωρατὴ πλάτους.

Τὸ σύστημα αὐτὸ ἔχει σοβαρὰ μειονεκτήματα :

1) Τὸ τμῆμα AB τῆς καμπύλης συντονισμοῦ, τὸ τμῆμα δηλαδὴ ποὺ κάνει τὴ μετατροπὴ (σχ. 12·9 α), δὲν εἶναι ποτὲ ἐντελῶς εὐθύγραμμο. Ἀρα, ἡ διαμόρφωση πλάτους δὲν ἀποτελεῖ ἀκριβὴ εἰκόνα τῆς διαμορφώσεως συχνότητας. Ἡ μετατροπὴ συνοδεύεται δηλαδὴ μὲ παραμόρφωση.



Σχ. 12·9 α.

Μετατροπὴ τῆς διαμορφώσεως συχνότητας σὲ διαμόρφωση πλάτους.

2) Τὸ σύστημα δὲν εἶναι μόνο εὐαίσθητο σὲ μεταβολὲς συχνότητας, ἀλλὰ καὶ σὲ μεταβολὲς πλάτους. Ἐπειδὴ τὰ διάφορα παράσιτα σήματα ἐκδηλώνονται κυρίως σὰν μεταβολὲς πλάτους, ἡ φώραση ἀναπαράγει τὰ παράσιτα. Ἔτοι χάνεται ἔνα ἀπὸ τὰ σοθιαρότερα πλεονεκτήματα τῆς διαμορφώσεως συχνότητας, ποὺ εἶναι ἀκριβῶς ἡ δυνατότητα γιὰ τὴν ἐξαφάνιση τέτοιων παρασίτων.

Γιὰ νὰ ἀποφύγωμε τὰ μειονεκτήματα αὐτὰ χρησιμοποιοῦμε ἄλλα εἰδικὰ συστήματα φωράσεως. Οἱ φωρατὲς αὐτοὶ εἶναι εὐαίσθητοι μόνο στὶς μεταβολὲς συχνότητας. Ἡ σύνθεσή τους περιλαμβάνει ἔνα περιοριστὴ (ἀγγλικὰ limiter) καὶ ἔνα διευκρινη-

τὴ (ἀγγλικὰ *discriminator*). Τὰ δύο αὐτὰ μέρη μποροῦν νὰ συνδυασθοῦν σὲ μιὰ μόνη συνδεσμολογία, ποὺ νὰ κάνῃ καὶ τὶς δύο λειτουργίες συγχρόνως.

‘Ο περιοριστὴς ἔχει τὸν ἔξῆς σκοπό. “Οταν τὸ διαμορφωμένο κατὰ συχνότητα κύμα ἐκπέμπεται ἀπὸ τὴν κεραία ἐκπομπῆς, τὸ πλάτος του εἶναι, δπως ξέρομε, σταθερό. Τὸ πλάτος δμως ἐπηρεάζεται, κατὰ τὴν διάδοση τοῦ κύματος μέχρι τὴν κεραία λήψεως, ἀπὸ διαφόρους παράγοντες. Οἱ μεταβολές πλάτους δίνουν στὴν λήψη παράσιτα. Ηρέπει λοιπὸν νὰ ἔξαφανίσωμε στὴν λήψη κάθε μεταβολὴ πλάτους, σὲ τρόπο, ὥστε νὰ μὴ μένη τελικὰ παρὰ ἡ διαμόρφωση συχνότητας.

‘Ο περιοριστὴς ἐκτελεῖ ἀκριθῶς αὐτὸν τὸν προσορισμό. Δηλαδὴ, κάθε φορὰ ποὺ τὸ πλάτος Γ.Σ. τείνει νὰ ξεπεράσῃ, μιὰ καθορισμένη τιμή, δ περιοριστὴς ἐνεργεῖ καὶ τὸ περιορίζει στὴν τιμὴ ποὺ προκαθορίζθηκε. Ετοι τὸ πλάτος Γ.Σ. ξαναγίνεται στὴν λήψη σταθερὸς καὶ τὸ μεγαλύτερο μέρος τῶν παρασίτων ἔξαφανίζεται.

‘Η ἔξοδος τοῦ περιοριστῆρος ἐφαρμόζεται στὴν εἰσόδο τοῦ διευκρινητῆρος. Οἱ διευκρινητὲς εἶναι εἰδικὰ συμμετρικὰ κυκλώματα, ποὺ ἐκμεταλλεύονται τὶς ὁδιότητες τῶν συντονισμένων κυκλωμάτων σὲ σύζευξη (Κεφ: 7). ‘Η λειτουργία τους καταλήγει καὶ πάλι οὐσιαστικὰ σὲ ἔνα εἰδός μετατροπῆς τῶν μεταβολῶν συχνότητας σὲ μεταβολές πλάτους, χωρὶς δμως πιὰ νὰ ὑπάρχουν τὰ μειονεκτήματα ποὺ ἀναφέραιμε παραπάνω. Τὸ σῆμα ἔξεδου τοῦ διευκρινητῆρος λαμβάνεται πάνω σὲ δύο συμμετρικές φωράτριες πλάτους.

Οἱ συνδεσμολογίες ποὺ χρησιμοποιοῦνται στὴν πράξη παρουσιάζουν ἀρκετὴ ποικιλία καὶ ἡ ἀνάλυσή τους εἶναι ἀρκετὰ πολύπλοκη. Γι’ αὐτὸν τὸ λόγο δὲν θὰ ἐπεκταθοῦμε περισσότερο ἐδῶ.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΠΛΩΝ ΔΕΚΤΩΝ - ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

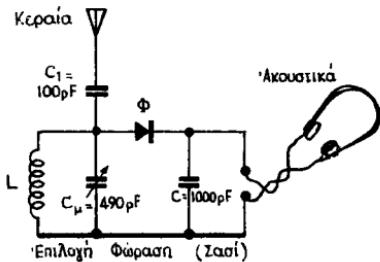
13 · 1 'Ο πιὸ ἀπλὸς δέκτης (μὲ κρύσταλλο).

Θὰ δώσωμε στὸ Κεφάλαιο αὐτὸ μερικὰ παραδείγματα ἀπλῶν δέκτῶν γιὰ ραδιοφωνικὴ λήψη μὲ διαμόρφωση, πλάτους. Σκοπός μας εἶναι νὰ ἀνακεφαλαΐσωμε, πάνω στὰ παραδείγματα αὗτά, δια τοῦ ἔχομε πεῖ ὡς ἐδῶ γιὰ τὶς διάφορες λειτουργίες τοῦ δέκτη. Τὰ παραδείγματά μας ἐπομένως δὲν ἔχουν τὴν ἀξίωση νὰ παρουσιασθοῦν τὰν πρέτυπα γιὰ ἔξαιρετικὲς ἐπιδόσεις, παρ' ὅτι πού, ὅποι δρισμένες συνθῆκες, μποροῦν νὰ δώσουν ἀρκετὰ καλὰ ἀποτελέσματα. Ἐξ ἀλλού, τὰ ζητήματα ποὺ σχετίζονται μὲ τὴ γενικὴ συγκρότηση, τὶς τελειοποίησεις, τοὺς ποικίλους τύπους καὶ τὶς διάφορες λειτουργίες καὶ ἐπιδόσεις τῶν δέκτῶν, θὰ μᾶς ἀπασχολήσουν στὸ δεύτερο τόμο.

Τὸν ἀπλούστερο δυνατὸ δέκτη μποροῦμε νὰ τὸν κατασκευάσωμε μὲ τὴ βοήθεια ἑνὸς κρυσταλλικοῦ φωρατῆ (μὲ γαλγνίτη ἢ καλύτερα, μὲ γερμάνιο, παράγρ. 12 · 5). Ἔχομε, πραγματικά, ἔνηγγήσει ὅτι ἡ φώραση εἶναι ἡ οὐσιαστικότερη λειτουργία τῆς λήψεως, ποὺ δὲν μπορεῖ νὰ παραλειφθῇ (παράγρ. 12 · 1). Εἶναι ἐπίσης ἀπαραίτητο νὰ προτάξωμε μιὰ κεραία καὶ μιὰ διάταξη ἐπιλογῆς. Ἡ τελευταία θὰ ἀποτελήται τουλάχιστο ἀπὸ ἑνα συντονισμένο κύκλωμα, γιατὶ ἀλλοιῶς εἶναι ἀδύνατο νὰ ξεχωρίσωμε τὸν ἑνα σταθμὸ ἐκπομπῆς ἀπὸ τὸν ἀλλον (παράγ. 2 · 6, 6 · 7, 7 · 3). Πρέπει, τέλος, ἡ ἔξιδος τοῦ δέκτη νὰ περιλαμβάνῃ διπωσ-δήποτε ἑνα ὄργανο ἵνανδ νὰ μετατρέπῃ τὸ φεῦμα χαμηλῆς συ-γνότητας σὲ ἡγε. "Αν ἡ ισχὺς τοῦ δέκτη εἶναι μικρὴ (κλάσμα τοῦ βάττ), τὸ ὄργανο μετατροπῆς θὰ εἶναι ἑνα ζευγάρι ἀκουστικά,

Σήμων, όταν ή ισχύς είναι μεγαλύτερη, θα χρησιμοποιήσωμε ενα μεγάφωνο.

Οι σκέψεις αυτές δδηγούν στήν απλούστερη σύνθεση δέκτη, που δείχνει το σχήμα 13·1 α. Γιατί γάτα διαλέξωμε τόσο σταθμό που θέλουμε να ακούσωμε, στρέφομε τόνο μεταβλητή πυκνωτή C_{μ} (παράγρ. 5·6) μέχρις δτου τόσο κύκλωμα είσόδου LC συντονισθή στήν φέρουσα υψηλή συχνότητα αυτού τού σταθμού. Η φώραση έξα-



Σχ. 13·1 α.

Ο απλούστερος ραδιοφωνικός δέκτης με κρυσταλλικό φωρατή και ακουστικά.

σφαλίζεται από τόνο κρυσταλλικό φωρατή Φ . Τόσο φορτίο τού φωρατή αποτελείται από τόνο πυκνωτή C και τή σύνθετη αντίσταση τών ακουστικών (συνήθως, ή ωμική αντίσταση, τών ακουστικών στό συνεχές ρεύμα είναι γύρω στά 3 000 Ω).

Μένει νά καθορίσωμε τό πηγή συντονισμοῦ L . Γιατί τό πρόβλημα αύτό μιλήσαμε με αρκετές λεπτομέρειες στήν παράγραφο 6·5. Εύργκαμε τότε ότι (π.χ. για τήν περιοχή τών μεσαίων κυμάτων 500 ώς 1 600 kc/s) πρέπει, με τόν ίδιο πυκνωτή, σπως και έδω, νά χρησιμοποιήσωμε ενα πηγή με αύτεπαγωγή $L' = 200 \mu H$ περίπου (μH σημιτάνει μικροχνρύ). Γιατί τά βραχέα κύματα (6 ώς 22 Mc/s) χρειάζεται μιά αύτεπαγωγή $L'' = 0,5 \mu H$.

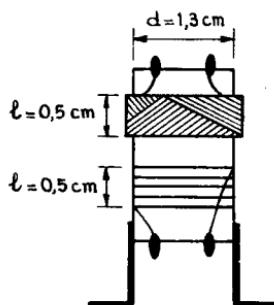
"Ας δημιύρσωμε ότι τά δύο αύτά πηγήα τά πραγματοποιούμε σήμων δύο ξεχωριστά τυλίγματα πάνω σε ενα μονωτικό κυλινδρικό τύμπανο με διάμετρο π.γ. $d = 1,3 cm$ (σχ. 13·1 β). Τό πηγήα

L' , μὲ τὴν μεγάλην αὐτεπαγωγὴν, τὸ πραγματοποιοῦμε μὲ κυψελο-εἰδὲς τύλιγμα, ἐνῷ γιὰ τὸ ἄλλο L'' χρησιμοποιοῦμε τύλιγμα σὲ ἀπλὴ στρώση (παραγ. 4·5).

Πόσες στροφὲς (σπεῖρες) πρέπει νὰ ἔχουν αὐτὰ τὰ πηγία; Πρέπει νὰ θυμηθοῦμε τὸν παλὴὸν γνωστὸν μας τύπο 1 (παρ. 4·1). Ὁ τύπος αὐτὸς περιέχει τὴν ἐπιφάνειαν τῆς διατομῆς S τοῦ πηγίου. Ἡ διατομὴ εἶναι ἑδῶν κύκλος μὲ ἐπιφάνεια $S = \pi d^2/4$. Ἀν ἀντικαταστήσωμε τὴν ἐπιφάνειαν S μὲ τὸ ⅔ της καὶ κάνωμε τὶς πράξεις, εὑρίσκομε ὅτι οἱ στροφὲς τοῦ πηγίου πρέπει νὰ εἶναι:

$$\text{στροφὲς } n = 10 \frac{\sqrt{Ll}}{d} \quad (1)$$

μὲ τὴν αὐτεπαγωγὴν L σὲ μH , τὴν διάμετρον d σὲ cm καὶ τὸ μῆκος τοῦ πηγίου l σὲ cm . Παίρνοντας μῆκος $l = 0,5 \text{ cm}$ εὑρίσκομε στὸ παράδειγμά μας $n' = 77$ στροφὲς γιὰ αὐτεπαγωγὴ $L' = 200 \mu\text{H}$ καὶ $n'' = 4$ στροφὲς γιὰ αὐτεπαγωγὴ $L'' = 0,5 \mu\text{H}$.



Σχ. 13·1 β.

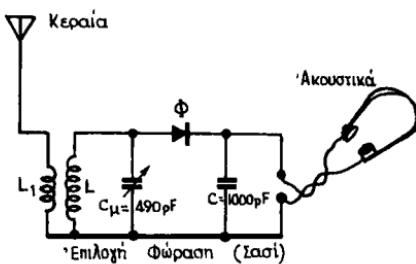
Πηγία κατάλληλα γιὰ τὸ δέκτη τοῦ σχήματος 13·1 α.

Ἄλλα, δπως εἴχαμε ἐξηγήσει στὴν παράγραφο 4·1, οἱ τύποι αὐτοὶ γιὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῶν πηγίων εἶναι θεωρητικοὶ τύποι ποὺ δὲν δίνουν στὴν πρᾶξη παρὰ χονδρικὴ μέρος προσέγγιση. Ἐνας καλύτερος τύπος, στὴν περίπτωση τοῦ κυψελοειδοῦς πηγίου, εἶναι:

$$n = 10 \sqrt{\frac{L}{d}}, \quad (2)$$

ὅπὸ τὴν προϋπόθεση ὅτι ἡ διάμετρος τοῦ πηγῶν θὰ εἶναι περίπου τὸ τριπλάσιο τοῦ πάχους του. Ἡ προϋπόθεση δημος αὐτῇ δὲν εἶναι· καὶ τόσο αὐτηρή. Ἀν λοιπὸν ἐφαρμόσωμε τὸν τελευταῖον αὐτὸν τύπον στὴν περίπτωση τοῦ πηγῶν $L' = 200 \mu\text{H}$, εὑρίσκομε ὅτι πρέπει νὰ ἔχωμε $n' = 124$ στροφές. Τὸ πηγήσιο μπορεῖ νὰ κατασκευασθῇ μὲ μονωμένο σύρμα μὲ διάμετρο 0,2 mm.

Γιὰ τὸ πηγήσιο $L'' = 0,5 \mu\text{H}$ μὲ μιὰ μόνη στρώση, δὲ τελευταῖος τύπος 2 κανονικὰ δὲν ἐφαρμόζεται. Ἀν, παρ’ ὅλα αὐτά, τὸν χρησιμοποιηθεῖσα, εὑρίσκομε $n'' = 6$ στροφές περίπου. Στὴν πραγματικότητα πρέπει νὰ ἐφαρμόσωμε ἕναν ἄλλον διορθωμένο τύπο πού, στὴν περίπτωσή μας, δίνει $n'' = 5,5$ στροφές περίπου.



Σχ. 13.1 γ.

Ἡ ἔμμεση (μαγνητική) σύζευξη τῆς κεραίας αὐξάνει τὴν ἐπιλογή.

Τελικὰ πρέπει νὰ πάρωμε $n' = 124$ στροφές καὶ $n'' = 5,5$ στροφές (σχ. 13.1 β). Μικρὲς διορθώσεις τῶν πηγῶν μποροῦν νὰ γίνουν, στὴν ἀνάγκη, κατὰ τὴν ρύθμιση τοῦ δέκτη. Στὴ θέση τοῦ πηγήσιον L τοῦ συντονισμένου κυκλώματος (σχ. 13.1 α) θὰ συνδέωμε εἴτε τὸ πηγήσιο L' γιὰ τὰ μεσαῖα κύματα, εἴτε τὸ πηγήσιο L'' γιὰ τὰ βραχέα κύματα (τὸ ἀχρησιμοποίητο πηγήσιο θὰ μένῃ μὲ τὰ ἄκρα του ἀνοιχτά). Τὴν λειτουργία αὐτὴ τὴν ἔξασφαλίζομε μὲ ἓνα μεταγωγέα κυμάτων.

‘Η ἀπ’ εὐθείας σύνδεσγι τὴς κεραίας πρὸς τὸ μοναδικὸ συγ-
τονισμένο κύκλωμα τοῦ δέκτη ὅδηγει σὲ μιὰ ἐπιλογή, ποὺ δὲν
είναι συχνὰ ἀρκετή. Κάπως καλύτερη ἐπιλογὴ (καλύτερο δια-
χωρισμὸ τῶν πολιπῶν) δίνει ἡ συνδεσμολογία τοῦ σχήματος
13·1γ. Τὸ ρεῦμα τῆς κεραίας περνᾷ ἐδῶ ἀπὸ ἕνα πηγής L_1 , ποὺ
εὑρίσκεται σὲ μαγνητικὴ σύζευξη μὲ τὸ πηγό τοῦ συντονισμένου
κυκλώματος (παραγ. 4·2 καὶ 7·5).

Τέτοιοι ἀπλούστατοι δέκτες μὲ κρύσταλλο δὲν μποροῦν νὰ
χρησιμοποιηθοῦν παρὰ μόνο γιὰ τοπικές, ἀρα ἀρκετὰ ἴσχυρὲς
ἐκπομπές. Η λήψη βελτιώνεται ὅταν χρησιμοποιηθῇ μιὰ κεραία
ἀρκετὰ μεγάλου μήκους (πολλῶν μέτρων) σὲ ἐλεύθερο χῶρο καὶ
ὅταν τὸ σασί τοῦ δέκτη συγδεθῇ μὲ μιὰ καλὴ προσγείωση.

Φυσικά, θαύματα δὲν γίνονται. “Ἐνας τέτοιος δέκτης δὲν πε-
ριλαμβάνει καγενὸς εἰδούς ἐνίσχυση, ἡ εὐαισθησία του είναι μι-
κρή, ἡ ἐπιλογή του ἀνεπαρκής, ἡ ἴσχυς του ἀνίκανη νὰ κάμη
ἕνα μεγάφωνο νὰ λειτουργήσῃ. Είναι δημιουργὸς τηγανί-
κατασκευὴ καὶ δὲν ἀπαιτεῖ καμιὰ τροφοδότηση, ἀπὸ στήλες ἢ
ἀπὸ τὸ δύκτυο.

13·2 Παράδειγμα ἀπλοῦ δέκτη μὲ λυχνίες.

Γιὰ νὰ ἔχωμε καλύτερες ἐπιδόσεις, ἡ συγδεσμολογία θὰ γί-
νῃ διπλωμένη ποτε πολυπλοκότερη. Ἐπειδὴ ὅμως θέλομε ἐδῶ νὰ
παραμείνωμε δισε είναι δυνατὸν στὸ ἀπλό, θὰ ἀποφύγωμε τὴν ἐνί-
σχυση, ὑψηλῆς συχνότητας. Ο δέκτης θὰ ἀρχίζῃ πάλι μὲ μιὰ διά-
ταξη ἐπιλογῆς καὶ ἀπ’ εὐθείας φώραση. Ὡποτίθεται διτέ
θέλομε τώρα νὰ χρησιμοποιήσωμε ἕνα μεγάφωνο. Ἀρα, ἡ φώρα-
ση θὰ ἀκολουθήσῃ απὸ μιὰ ἐνίσχυση τάσεως καὶ μιὰ ἐνίσχυση,
ἴσχυος χαμηλῆς συχνότητας. Η φώραση καὶ οἱ ἐνίσχυσεις X.Σ.
θὰ γίνουν μὲ λυχνίες ποὺ ἀπαιτοῦν θέρμανση καὶ συνεχὴ ἀνοδικὴ
τάση (Κεφ. 8). Πρέπει λοιπὸν νὰ προστεθῇ καὶ ἕνα σύστημα
τροφοδοτύσεως, π.χ. ἀπὸ τὸ δύκτυο.

Τὸ ἀπλούστερὸ ποὺ ἔχομε νὰ κάνωμε, γιὰ νὰ ἔξασφαλίσωμε
ὅλες αὐτὲς τὶς λειτουργίες, εἶναι λίγο πολὺ μιὰ συνδεσμολογία
ζὰν αὐτὴ τοῦ σχῆματος $13 \cdot 2\alpha$. Ἐπειδὴ, ὅπως εἴπαμε, σκοπός
μας εἶναι νὴ ἀνακεφαλαίωση, θὰ περιγράψωμε κάπως λεπτομερέ-
στερα αὐτὸν τὸ δέκτη.

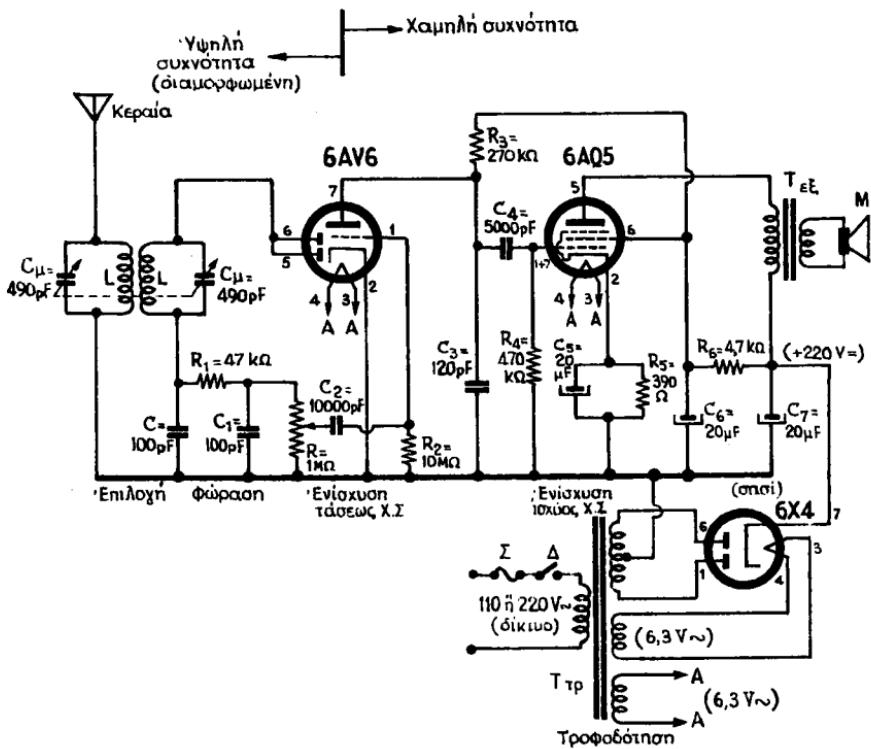
1o. *Ἐπιλογή*. Ἡ ἔξασφαλίζεται, στὸ παράδειγμά
μας, μὲ δύο συντονισμένα κυκλώματα σὲ σύζευξη. Ο τρόπος αὐ-
τές, ὅπως τὸ ἔχομε ἔξηγήσει στὴν παράγραφο 7·5, βελτιώνει ση-
μαντικὰ τὴν ἐπιλογήν. Οἱ δύο μεταβλητοὶ πυκνωτὲς C_m στρέφονται
ταυτόχρονα μὲ κοινὸ δἴξονα καὶ ἔτσι τὰ δύο κυκλώματα εὑρίσκον-
ται πάντα συντονισμένα στὴν ἕδια συγχότητα. Τὰ πηγία συντονι-
σμοῦ L μποροῦν νὰ κατασκευασθεῖσην ὅπως στὴν προηγούμενη πα-
ράγραφο.

2o. *Φόραση*. Τὸ κύκλωμα φωράσεως εἶναι μιὰ παραλλαγὴ
τοῦ σχῆματος 12·4γ. Τὰ στοιχεῖα φωράσεως C καὶ R στὸ σχῆ-
μα αὐτὸς γίνονται ἐδῶ C καὶ $R_1 + R$. Μὲ ἄλλα λόγια, δ πυκνω-
τὴς φωράσεως ἔμεινε ὁ ἴδιος, ἐνῷ νὴ ἀντίσταση, φωράσεως $R_1 + R$
ἄλλαξε.

Ἐπειδὴ ὅμως νὴ R_1 εἶναι μικρὴ σχετικὰ μὲ τὴν R , νὴ ἀντίστα-
ση φωράσεως περισσεῖται καὶ πάλι πρακτικὰ στὴν R . Μόνο ποὺ
νὴ R ἔχει ἐδῶ διαφορετικὴ τιμὴ καὶ χρησιμοποιεῖται συγχρόνως
καὶ σὰν ποτανιόμετρο γιὰ τὴν ρύθμιση τῆς ἐντάσεως τοῦ θέρμου.

Τὸ φίλτρο $R_1 C_1$, ποὺ ἀπομακρύνει τὰ διπολείμματα ὑψηλῆς
συγχότητας, δὲν ἄλλαξε (παρ' ὅλο ποὺ τὰ στοιχεῖα του μποροῦν
νὰ ἔχουν κάπως διαφορετικὲς τιμές).

"Οσον ἀφορᾶ στὸν πυκνωτὴ συζεύξεως C_2 , νὴ θέση του τώρα
εἶναι τέτοια, ὥστε νὰ κόβῃ τὸν ἀγώγυμα δρόμο τοῦ πλέγματος
τῆς τρίσδικης ἐνισχύτριας πρὸς τὴν γῆ, μέσα ἀπὸ τὸ ποτανιόμετρο.
Τὸ πλέγμα ὅμως διφεύλει πάντοτε νὰ εὑρίσκῃ, τὴν γῆ μέσα ἀπὸ
ἔναν ἀγώγυμα δρόμο (ἀπὸ μιὰ ὡμικὴ ἀντίσταση). Διαφορετικά,
ὅταν θηλαδὴ τὸ πλέγμα εὑρίσκεται, ὅπως λέμε, «στὸν ἀέρα», τότε



Σχ. 13·2 α.

Παράδειγμα άπλου φαδιοφωνικού δέκτη με δύο λυχνίες και μια άνορθωτρια. Λυχνίες: (βλ. Κεφ. 8 και κατάλογο για λυχνίες). Μία 6AV6 (διπλοδίοδη - τριόδη), μία 6AQ5 (ισχύος με κατευθυνόμενη δέσμη), μία 6X4 (διπλή άνορθωτρια). Τὰ νήματα θερμάνσεως ἀκροδέκτες Α Α τῶν δύο πρώτων λυχνιών ἐνώνονται μὲ τὸ δευτερεῦν Α Α τοῦ μετασχηματιστῆ τροφοδοτήσεως. "Ολες οι λυχνίες είναι τύπου «μινιατούρας» και στηρίζονται σὲ βάσεις μὲ 7 ἀκροδέκτες.— 'Αντιστάσεις (παρ. 3·4): "Ολες είναι ἀντιστάσεις ἀνθρακος τοὺς 1·2 βάττ. ἐκτὸς ἀπὸ τὶς R_5 και R_6 ποὺ είναι τῶν 2 βάττ. R είναι ἔνα ποτανούμετρο ἀνθρακος. — Πνκνωτές (παρ. 5·4, 5·5, 5·6): C_{μ} είναι ἔνας διπλὸς μεταβλητὸς πνκνωτής. Οἱ C , C_1 και C_3 είναι πνκνωτές μίκας. Οἱ C_2 (50V) και C_4 (300V) είναι πνκνωτές χάρτου. Οἱ C_5 (25V), C_6 (450V) και C_7 (450V) είναι ήλεκτρολυτικοι πνκνωτές. — Γιὰ τὰ πηγά L , τοὺς μετασχηματιστὲς κλπ. βλέπε τὸ κείμενο. — Ή συνδεσμολογία πραγματοποιεῖται πάνω σὲ μεταλλικοὶ σασὶ (κατὰ προτίμηση προσγειωμένο).

Σημ. σχ. 13·2 α.— Οἱ ἀριθμοὶ, δίπλα στὸ περίβλημα κάθε λυχνίας, σημαίνουν τὸν ἀριθμὸν τοῦ ἀντιστοίχου ἡλεκτροδίουν. Οἱ ἀκροδέκτες (ποδαράκια) τῶν ἡλεκτροδίων θεωροῦνται ἀριθμημένοι μὲ τοὺς ἀριθμοὺς 1, 2, 3, . . . , ποὺ τοὺς φανταζόμαστε ἀπὸ τὰ ἀριστερὰ πρὸς τὰ δεξιά, δταν κρατᾶμε τὴ λάμπα, ὥστε ἡ βάση τῆς νὰ βλέπῃ πρὸς ἔμας. Ἡ βάση ἔχει ἔνα σημάδι (ἐδῶ δύο ἀκροδέκτες σὲ μεγαλύτερη ἀπόσταση) ποὺ ἀριστερά του ἀρχίζει ἡ ἀριθμημοη.

αὐτὸν μιπορεῖ νὰ συγκεντρώνῃ, τόσα ἡλεκτρόνια καὶ νὰ πολώνεται τέσσα ἀρνητικά, ὥστε ἡ λυχνία νὰ περνᾷ στὴν ἀποκοπή. Ἔνας ἀγώγυμος δρόμος μέσα απὸ μιὰ ἀντίσταση διαφυγῆς ἐπιτρέπει στὰ ἀρνητικὰ φορτία νὰ διαφεύγων πρὸς τὴ γῆ, χωρὶς νὰ ἐπηρεάζουν τὴ μόνιμη πόλωση τῆς λυχνίας. Τέτοια ἀντίσταση διαφυγῆς πλέγματος είναι ἡ R_2 .

Στὸ παράδειγμα μας ὅμως, ἡ ἀντίσταση πλέγματος R_2 παίζει καὶ ἔναν ἄλλο ἀκόμη ρόλο. Ὁχι μόνο σταθεροποιεῖ τὴν πόλωση τοῦ πλέγματος, ὅπως τὸ ἐξηγήσαμε, ἀλλὰ συγχρόνως εἰναὶ αὐτὴ ἡ ἕδια ποὺ ἔξασφαλίζει τὴν πόλωση αὐτῆς. Ἡ καλύτερα, ἡ πόλωση ἔξασφαλίζεται ἀπὸ τὰ στοιχεῖα R_2 καὶ C_2 . Τὰ στοιχεῖα αὐτὰ ἔχουν πολὺ μεγαλύτερες τιμὲς ἢ ποὺ τὰ στοιχεῖα RC ποὺ συμμετέχουν στὴ φώραση ὑψηλῆς συχνότητας. Αὐτὸν σημαίνει ὅτι τὰ στοιχεῖα R_2C_2 μποροῦν νὰ κάνουν, ἃς ποῦμε, μιὰ φώραση σὲ χαμηλὴ συχνότητα. Τέτοια, ὅπως ἡ φώραση στὴν Γ. Σ. δίνει μιὰ τάση Χ. Σ., ἔτσι καὶ ἡ φώραση σὲ Χ. Σ. δίνει μιὰ συνεχὴ τάση (ἀρνητική). Ἡ τελευταία αὐτὴ χρησιμοποιεῖται ἀκριβῶς γιὰ τὴν πόλωση τῆς τρίσδιης λυχνίας. Καὶ ἐπειδή, μὲ τὸν τρόπο αὐτόν, ἔχομε πόλωση ἀπὸ τὸ πλέγμα, ἡ κάθοδος τῆς λυχνίας συνδέεται ἀπ' εὐθείας στὴ γῆ (δὲν ὑπάρχουν στοιχεῖα πολώσεως στὴν κάθοδο).

Ἐξηγήσαμε μὲ κάποιες λεπτομέρειες τὸ κύκλωμα φωράσσεως σχετικὰ μὲ τὸ προγραύμενο κύκλωμα τοῦ σχήματος 12·4 γ. Αὐτὸν τὸ κάναμε καὶ σὰν εἶδος ἀσκήσεως γιὰ τὶς περιπτώσεις ὅπου ἔνα κύκλωμα μπορεῖ νὰ φαίνεται σὰν καινούργιο, ἐνῷ δὲν είναι στὴν πραγματικότητα παρὰ μιὰ παραλλαγὴ ἐνὸς ἄλλου γνωστοῦ

κυκλώματος. Μόνο ποὺ δὲν εἶναι πάντοτε εύκολο νὰ ἀναγνωρίσωμε τὶς διαφορές. Πολὺ περισσότερο μάλιστα θταν τὰ διάφορα κυκλώματα ἔχουν σχεδιασθῆ στὸ χαρτὶ μὲ διαφορετικοὺς τρόπους (ὅπως δυστυχῶς συμβαίνει συχνά). Ηρέπει λοιπὸν νὰ ἐξασκηθῇ κανεὶς πολὺ μέχρις ὅτου φθάσῃ νὰ «διαβάζῃ» τὰ ραδιοτεχνικὰ σχέδια, νὰ μπορῇ δηλαδὴ νὰ καταλαβαίνῃ τὴν λειτουργία τοῦ κάθε κυκλώματος καὶ νὰ ἐξηγῇ τὸ ρόλο τοῦ κάθε στοιχείου κυκλώματος.

30. *Ένισχυση.* Τὸ διπόλοιπο τμῆμα τοῦ δέκτη, ἀπὸ τὴν φύραση ὡς τὸ μεγάφωνο, ἀποτελεῖ ἔναν ἐνισχυτὴ χαμηλῆς συχνότητας. Τὸ τρίσδο μέρος τῆς λυχνίας 6AQ6 ἀποτελεῖ ἔναν ἐνισχυτὴ τάσεως. Ή λειτουργία ἐνὸς ἐνισχυτῆ τάσεως ἐξηγγύθηκε στὸ Κεφάλαιο 9 (παρ. 9·6). Ή μόνη οὐσιαστικὴ διαφορά, γιὰ τὴν ἑποίᾳ μιλήσαμε παραπάνω, εἶναι ὅτι ἡ λυχνία πολώνεται ἐδῶ ἀπὸ τὸ πλέγμα. Τὸ ἀνοδικὸ φορτίο ἀποτελεῖται ἀπὸ τὴν ἀντίσταση R_3 (C_3 εἶναι ἔνας συμπληρωματικὸς πυκνωτὴς διαφυγῆς ὑψηλῶν συχνοτήτων). Ή σύνδεση μὲ τὴν τελευταία βαθμίδα ἰσχύος γίνεται μὲ τὸν πυκνωτὴ συζεύξεως C_4 .

Η βαθμίδα ἰσχύος (λυχνία 6AQ5) δὲν παρουσιάζει τίποτε τὸ ἰδιαίτερο. Λειτουργεῖ καθ' ὅλα σύμφωνα μὲ δσα εἴπαμε στὴν παράγραφο 9·7. "Ας ἀνακεφαλαιώσωμε: R_4 εἶναι ἡ ἀντίσταση διαφυγῆς πλέγματος, R_5C_5 εἶναι τὰ στοιχεῖα πολώσεως ἀπὸ τὴν κάθοδο, Τεξ εἶναι ὁ μετασχηματιστὴς ἐξόδου, ποὺ μετατρέπει τὴν χαμηλὴ σύνθετη ἀντίσταση τοῦ μεγαφώνου M σὲ ἔνα ἀνοδικὸ φορτίο ἵσσο, ἐδῶ, μὲ 5 000 Ω περίπου. Ή ἰσχὺς ἐξόδου φθάνει γύρω στὰ 2 βάττ.

40. *Τροφοδότηση.* Ο δέκτης τροφοδοτεῖται ἀπ' εύθειας ἀπὸ τὸ δίκτυο ἐναλλασσομένου ρεύματος τῆς πόλεως. Αὐτὸ τὸ ἐπιτυγχάνομε μὲ τὴ βοήθεια ἐνὸς μετασχηματιστῆ τροφοδοτήσεως καὶ ἐνὸς ἀνορθωτικοῦ συστήματος.

Τὸ πρωτεύον τοῦ μετασχηματιστῆ τροφοδοτήσεως T μπορεῖ

νὰ συνδεθῇ σὲ ἐναλλασσόμενο δίκτυο 110·ἢ 220 βόλτ (ἀρκεῖ νὰ μὴ ἔχεισι τοῦ συμμορφωθοῦμε μὲ τὶς ὁδηγίες τοῦ κατασκευαστῆ). Μιὰ ἀσφάλεια Σ καὶ ἔνας διακόπτης Δ συνδέονται σὲ σειρὰ στὸ πρωτεῦον.

Τὸ δευτερεῦον ἀποτελεῖται ἀπὸ τρία τυλίγματα. Ὡπάρχουν δύο τυλίγματα τῶν 6,3 βόλτ (ἔνα γιὰ τὴν θέρμανση τῆς ἀνορθώτριας λυχνίας καὶ ἔνα γιὰ τὴν θέρμανση γιὰ ὅλες τὶς ἄλλες λυχνίες). Τὸ τρίτο τύλιγμα δίνει τὴν ύψηλὴν τάσην. Εἶναι ἔνα διπλὸ τύλιγμα μὲ μεσαία λύψη. Ἡ τάση σὲ κάθε μισὸ τύλιγμα πρέπει νὰ εἰναι, στὸ παράδειγμά μας, γύρω στὰ 200 βόλτ (ἐνεργὸς τιμῆ).

Τὸ ἀνορθωτικὸ σύστημα συνδεσμολογεῖται δπως δείχνει τὸ σχῆμα 13·2 α. Ἡ ἀνορθώτρια 6X4 ἐργάζεται σύμφωνα μὲ τὴν ἀρχὴ τῆς ἀνορθώσεως, ποὺ ἔξιγγήσαμε μὲ συντομία στὶς παραγράφους 8·4 καὶ 12·2. Τὸ φλτρο $C_6R_6C_7$ ἔξομαλύνει τὴν κυμάτωση τῆς ἀνορθωμένης τάσεως μὲ τέτοιο τρόπο, ὥστε νὰ παίρνωμε τελικά, γιὰ νὰ τροφοδοτήσωμε τὶς ἀνόδους, μιὰ ἀρκετὰ συνεχὴ τάση. Αὐτὴ ἡ συνεχὴς τάση πρέπει νὰ εἰναι, στὸ παράδειγμά μας, γύρω στὰ 220 βόλτ (ύψηλὴ ἢ ἀνοδικὴ τάση).

Τὸ θέμα τῶν τροφοδοτικῶν συστημάτων δὲν ἔξχντλεῖται βέβαια μὲ αὐτὰ τὰ λίγα λόγια. Θὰ ἐπανέλθωμε στὸν δεύτερο τόμο. Ἀλλὰ δὲν εἰναι καὶ τὸ μόνο θέμα ὃπου χρειάζεται νὰ ἐπανέλθωμε. Ὡπάρχουν πολλὰ ἄλλα τύπωματα πού, εἴτε δὲν τὰ ἀναφέραμε καθόλου μέχρι τώρα, εἴτε ἔχουν ἀνάγκη ἀπὸ συμπληρώσεις.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΥ ΤΟΜΟΥ

Στὸν πρῶτον αὐτὸν τόμον ἀσχοληθήκαμε κυρίως μὲ τὶς βασικὲς λειτουργίες ποὺ συναντοῦμε στὶς ραδιοτεχνικές κατασκευές. Αὐτὲς εἰναι : δ συντονισμός, ἡ ἐνσχυση, ἡ παραγωγὴ ταλαντώσεων, ἡ διαμόρφωση καὶ ἡ φύραση. Χρειάσθηκε βέβαια, γιὰ νὰ μπορέσωμε νὰ ἔξεγγήσωμε τὶς λειτουργίες αὐτές, νὰ μιλήσωμε, σὲ μερικὰ πρώτα Κεφάλαια, γιὰ τοὺς νόμους τῶν ἀπλῶν κυκλωμάτων καὶ, κατόπιν, νὰ παρεμβάλωμε ἓνα Κεφάλαιο γιὰ τὶς ἡλεκτρονικὲς λυχνίες. Ο τόμος ἔκλεισε μὲ μιὰ ἀνακεφαλαίωση πάνω σὲ μερικὰ παραδείγματα ἀπλῶν δεκτῶν.

Ο ἀναγνώστης διεῖλει νὰ ἀφομοιώσῃ καλὰ αὐτὲς τὶς βασικὲς λειτουργίες προτοῦ ἀποπειραθῆ νὰ προχωρήσῃ παραπέρα. Πραγματικά, ὁ δεύτερος τόμος ἀσχολεῖται κυρίως μὲ ἐφαρμογές, ποὺ στηρίζονται πάνω σ' αὐτὲς τὶς βασικὲς λειτουργίες, καθὼς καὶ μὲ δρισμένα ἄλλα συμπληρωματικά θέματα. Οἱ διάφοροι τύποι δεκτῶν, οἱ τρανζίστορες, ἡ τηλεόραση καὶ τὰ μικρούματα ήταν ἀποτελέσουν τὸ ἀντικείμενο αὐτοῦ τοῦ δευτέρου τόμου.

Αν δ ἀναγνώστης εἶναι βιαστικὸς νὰ κάνῃ δικές του παράμοιες ζηγλευτὲς κατακτήσεις τῆς ραδιοτεχνίας καὶ τῶν ἡλεκτρονικῶν, αὐτὸν εἶναι βέβαια ἀρκετὰ δικαιολογημένο. Μποροῦμε μάλιστα νὰ τὸν διαβεβαιώσωμε διτὶ παρὰ τοὺς πιθανοὺς φόβους του, ήταν τὸ ἐπιτύχη μὲ ἀρκετὴ εύκολία. Αρκεῖ μόνο νὰ ἀφομοιώσῃ καλὰ τὶς βασικὲς λειτουργίες, ποὺ περιγράφονται σ' αὐτὸν τὸν τόμο. Γιατί, ἀν ὑπάρχῃ κάτι δύσκολο, αὐτὸν δὲν εἶναι οἱ προγραμμένες γνώσεις, δισο καὶ ἂν αὐτὲς εἶναι θεαματικές. Τὸ δύσκολο εἶναι ἀκριβῶς ἔκεινο ποὺ φαίνεται ἀπλὸς (ἢ ἀνιαρό). Δύσκολα εἶναι τὰ θειέλια, οἱ πρώτες βασικὲς γνώσεις. "Ας μὴν κουρασθῇ λοιπὸν δ ἀναγνώστης ἐπαναλαμβάνοντας ἀρκετὲς φορὲς αὐτὸν τὸν πρῶτο τόμο.

Ε Π Ι Μ Ε Τ Ρ Ο

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

‘Η άσύρματος τηλεπικοινωνία.

1. Τί είναι, σὲ τί μοιάζουν καὶ σὲ τί διαφέρουν τὸ βιομηχανικὸ ρεῦμα καὶ τὰ ρεύματα ὑψηλῆς καὶ χαμηλῆς συχνότητας;
2. Μὲ ποιό ἀπλὸ τρέπο πρέπει νὰ καταλάβωμε τὴν ἡλεκτρομαγνητικὴ ἀκτινοθολία; Ποιός είναι ὁ κύριος ρόλος της στὶς ραδιογλεντρικὲς ἐπικοινωνίες;
3. Ποιές είναι οἱ κυριότερες διαφορὲς ἀνάμεσα στὰ ἡλεκτρομαγνητικὰ κύματα καὶ στὰ ἡχητικὰ κύματα;
4. Πόσες φορὲς μεγαλύτερη είναι ἡ ταχύτητα μεταδόσεως τῆς ἡλεκτρομαγνητικῆς ἀκτινοθολίας ἀπὸ τὴν ταχύτητα τοῦ ἥχου;
5. Τί θὰ πή διαμόρφωση ἐνδὲς πομποῦ;
6. Ποιά είναι τὰ κύρια μέρη ἐνδὲς ραδιοφωνικοῦ πομποῦ καὶ τί δουλειὰ κάνει τὸ καθένα;
7. ‘Υπάρχουν, δπως λένε οἱ ἔμποροι, ραδιόφωνα χωρὶς κεραία καὶ γιατί;
8. Τί θὰ πή καὶ τί χρειάζεται ἡ φώραση στὸ δέκτη;
9. Ποιές είναι οἱ κυριότερες λειτουργίες τοῦ δέκτη;
10. Γιὰ ποιοὺς λόγους ἡ ὑψηλὴ συχνότητα ἐπιβάλλεται σὰν μέσο μεταφορᾶς τοῦ σήματος;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.

Μῆκος κύματος καὶ διάταξη τῆς ἀκτινοθολίας.

1. Τί είναι συχνότητα καὶ τί μῆκος κύματος τῆς ἡλεκτρο-

μαγνητικής άκτινοσεισλίας; Στούς Ηίνακες 3 καὶ 4 νὰ ἐπαλγθεύσετε στις τὰ μήνη, ποὺ ἀναγράφονται στὴ δεύτερη στήλη, ἀντιστοιχούν πραγματικὰ στὶς συγνότητες τῆς τρίτης στήλης (π. χ. γιὰ τὴν συγνότητα 0,015 Mc/s, δηλαδὴ, $15\ 000\ c/s$, ἔχομε $\lambda = c/f = 300\ 000\ 000/15\ 000 = 20\ 000\ m$).

2. Νὰ γράψετε σὲ ἀπλὲς μονάδες τὰ πολλαπλάσια ἢ ὑποπολλαπλάσια : 0,5 MΩ, 50 kΩ, 10 mA, 5 µV, 100 pf (π.χ. 0,5 MΩ = 500 000 Ω).

3. Σὲ ποιές περιοχὲς κυμάτων κατατάσσονται σὶ πομποὶ σύμφωνα μὲ τὸ σύστημα C. C. I. R. καὶ σύμφωνα μὲ τὴν πρακτικὴ κατάταξη;

4. Πόση, εἶναι ἡ περίοδος (σὲ δεύτερόλεπτα) τοῦ ἀμερικανικοῦ διομηχανικοῦ ρεύματος (μὲ συγνότητα 60 c/s), τῆς νότας λὰ τῆς μουσικῆς ακλίματας (435 c/s), ἐνὸς πομποῦ έραχέων κυμάτων μὲ συγνότητα 15 Mc/s (στὴν τελευταίᾳ ἐρώτηση σὶ Mc/s πρέπει πρῶτα νὰ μετατραποῦν σὲ c/s).

5. Πόση, ξώνη, συγνοτήτων θὰ ἔπρεπε νὰ ἀφήνῃ, νὰ περνᾶ ἔνας δέκτης ραδιοφωνίας γιὰ νὰ ἔχῃ ἰδανικὴ πιστότητα ; Ποιό μειονέκτημα θὰ εἴχαμε ἀν δέκτης ἀφηνε πραγματικὰ νὰ περάσῃ δλόκληρη αὐτὴ ἡ ξώνη, συγνοτήτων ;

6. Τί εἶναι ἐπιλογὴ καὶ τί πιστότητα ἐνὸς δέκτη ; Εξηγεῖστε γιατὶ οἱ δύο αὐτὲς ἰδιότητες τοῦ δέκτη εἶναι ἀντίθετες ;

7. Μιὰ ἐναλλασσόμενη (ήμιτονικὴ) τάση ἔχει τιμὴ ἀπὸ κορυφὴ σὲ κορυφὴ 200 βόλτ. Πόσο εἶναι τὸ πλάτος καὶ πόση ἡ ἐργός τιμὴ αὐτῆς τῆς τάσεως ;

8. Τὴ στιγμὴ ποὺ ἀρχίζομε νὰ μετροῦμε τὸν χρόνο, μιὰ ἐναλλασσόμενη (ήμιτονικὴ) τάση ἔχει στιγμιαία τιμὴ ποὺ ἀντιστοιχεῖ στὸ 1/8 τῆς περιόδου. Νὰ έργητε τὴ φάση τῆς τάσης ;

9. Τί θὰ πῆ στις ἔνα ήμιτονικὸ μέγεθος εύρισκεται στὴν ἀρχὴ τῶν φάσεων ; Πόση, διαφορὰ φάσεως ἔχει ἡ τάση τοῦ προβλήματος 8 σὲ σχέση μὲ μιὰ ἄλλη τάση στὴν ἀρχὴ τῶν φάσεων ;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

'Ωμική άντισταση.

1. Πόση τιμή σε ώμι Ω έχει μιας άντιστασης σταν, έφαρμόζοντας στάν άκρα της τάση 200 V, τὸ ρεῦμα είναι 5 mA (νὰ έφαρμόσετε τὸ νόμο τοῦ "Ωμ, ἀφοῦ προηγουμένως μετατρέψετε τὰ mA σὲ άμπερ).

2. Γιὰ ποιό λόγο δίπλα στὴν τιμὴ μιᾶς άντιστάσεως σὲ ώμι, πρέπει νὰ γράψωμε καὶ τὴν μέγιστη $I_{\text{σχ}}$ ποὺ μπορεῖ νὰ θυμοφέρῃ σὲ βάττ.; Νὰ βρῆτε πόση πρέπει νὰ είναι ἡ $I_{\text{σχ}}$ μιᾶς άντιστάσεως 100 k Ω , σταν πρόκειται νὰ συνδεθῇ σὲ τάση 200 V (τύπος 4, παρ. 3 · 2).

3. Τὸ σύρμα ἐνὸς πηγίου έχει μῆκος 10 μέτρα, διατομὴ 0,1 mm² καὶ είναι κατασκευασμένο ἀπὸ χαλκό. Πόση είναι ἡ ώμική του άντισταση; (τύπος 6, παρ. 3 · 2).

4. Γιὰ ποιό λόγο ἡ ώμική άντισταση ἐνὸς πηγίου αὐξάνει στὴν υψηλὴ συχνότητα; Μὲ ποιούς τρόπους μποροῦμε νὰ κάνωμε πρακτικὰ ἀσύγκριτη, τὴν αὐξησην αὐτῆ;

5. "Έχομε τρεῖς άντιστάσεις: 10 k Ω , 22 k Ω καὶ 33 k Ω . Νὰ βρῆτε τὴν $I_{\text{σοδύναμη}}$ άντιστασῆ τους, σταν τὶς συνδέσωμε καὶ τὶς τρεῖς σὲ σειρὰ (τύπος 7, παρ. 3 · 2) ἡ καὶ τὶς τρεῖς παράλληλα (στὴν τελευταίᾳ περίπτωση, θὰ συνδέσετε παράλληλα πρῶτα τὶς άντιστάσεις 10 καὶ 22 k Ω (τύπος 8, παρ. 3 · 2) καὶ κατόπιν τὸ ἀποτέλεσμα θὰ τὸ συνθέσετε μὲ τὴν 33 k Ω).

6. Νὰ βρῆτε πέντε είναι τὸ συνολικὸ ρεῦμα στὶς δύο περιπτώσεις τοῦ προβλήματος 5, σταν τὰ άκρα τῆς συνδεσμολογίας συνδεθεῖν σὲ τάση 100 V (νόμος τοῦ "Ωμ").

7. "Έχομε στὸ ἔργαστήριο μας άντιστάσεις μὲ τὶς συνηθισμένες τυποποιημένες τιμὲς μὲ $I_{\text{σχ}}$ μόνο 1 βάττ. Χρειαζόμαστε μιὰ άντιστασή, 10 k Ω , ἀλλὰ μὲ $I_{\text{σχ}}$ 2 βάττ. Πῶς θὰ λύσωμε τὸ πρόβλημα μὲ ὅ,τι ἔχομε στὸ ἔργαστήριο μας;

8. Νὰ μάθετε ἀπ' ἔξω τὸν κώδικα χρωμάτων γιὰ τὶς ἀντιστάσεις.

9. Ὁ νόμος τοῦ "Ωμ ἐφαρμόζεται γιὰ τὶς ώμικες ἀντιστάσεις, ἐξ ἵσου καλὰ στὸ συνεχὲς δσο καὶ στὸ ἐναλλασσόμενο ρεύμα. Τὸ πάρχουν ὅμως μερικὲς διαφορές στὶς δύο περιπτώσεις. Ποιές εἰναι ἀκριβῶς αὐτές οἱ διαφορές;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.

Π η νία

1. Τί ἐννοοῦμε ὅταν λέμε : μαγνητικὸ πεδίο, αὐτεπαγωγή, σταθερὰ χρόνου ἐνὸς πηγίου, ἀμοιβαία ἐπαγωγή;

2. Γιατὶ παραβάλλομε τὴν αὐτεπαγωγὴν ἐνὸς πηγίου μὲ τὴν ἀδράνεια ἐνὸς σώματος; Πῶς ἐξηγοῦμε ὅτι ἔνα (ἰδανικὸ) πηγίο δὲν καταναλώνει καμιαὶ πραγματικὴ ἰσχὺν ἀπὸ τὴν πηγὴν ποὺ τὸ τροφοδοτεῖ;

3. Νὰ βρῆτε τὴν ἐπαγωγικὴ ἀντίσταση ἐνὸς πηγίου $10 \mu\text{H}$ στοὺς 500 kC/s (ἐφαρμόζετε τὸν τύπο 2, παρ. 4·1). Πόσο ρεύμα θὰ περάσῃ ἀπὸ τὸ πηγίο αὐτό, ὅταν ἐφαρμόσωμε στὰ ἄκρα του τάση 2 βόλτα; (τύπος 3, παρ. 4·1).

4. Ἐνα πηγίο ἀέρος βραχέων κυμάτων ἔχει $\eta = 30$ σπειραῖς, τὸ μῆκος του εἶναι $l = 5 \text{ cm}$ καὶ εἶναι τυλιγμένο πάνω σὲ ἔνα τύμπανο μὲ διάμετρο $d = 1,5 \text{ cm}$ (ἄρα η διατομῆ του εἶναι

$$s = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (1,5)^2}{4} = 1,76 \text{ cm}^2).$$

Πόση εἶναι περίπου η αὐτεπαγωγὴ του; (τύπος 1 παρ. 4·1, μὲ $\mu = 1$).

5. Ἐνα πηγίο μὲ ἀντίσταση 800Ω συνδέεται σὲ σειρὰ μὲ μιὰ ώμικὴ ἀντίσταση 200Ω . Στὰ ἄκρα τῆς συνδεσμολογίας ἐφαρμόζεται τάση 3V. Νὰ βρῆτε: α) τὴν σύνθετη ἀντίσταση τῆς συνδε-

συμολογίας (τύπος 4, παρ. 4·3), καὶ β) τὸ συνολικὸ ρεῦμα (τύπος 5, παρ. 4·3).

6. Τὸ ἵδιο πρόβλημα μὲ τὸ προγραφόμενο, ἀλλὰ μὲ τὸ πηνίο καὶ τὴν ὡμικὴν ἀντίστασην σὲ παράλληλη σύνδεση, (τύποι 2, παρ. 4·4 καὶ 5 παρ. 4·3).

7. Ό συντελεστὴς ποιότητας ἐνὸς πηνίου εἰναι 150 καὶ ἡ ἐπαγωγικὴ του ἀντίσταση, στὴ συχνότητα ποὺ ἐργάζεται, εἰναι 300Ω . Πόση εἰναι ἡ ὡμικὴ ἀντίσταση ἀπωλειῶν; (τύπος 2, παρ. 4·6). Πῶς θὰ παραστήσωμε αὐτὸ τὸ πραγματικὸ πηνίο μὲ μιὰ συνδεσμολογία ἐνὸς ἰδιανικοῦ πηνίου καὶ μιᾶς ὡμικῆς ἀντιστάσεως;

8. Σὲ ποιές αἰτίες διφείλονται: οἱ ἀπώλειες ἴσχυος ἐνὸς πηνίου στὴν ὑψηλὴν συχνότητα; Νὰ ἔξηγήσετε πῶς θὰ κατασκευάζετε καὶ ποιές φροντίδες θὰ παίρνατε γιὰ νὰ ἔξασφαλίσετε τὸ μεγαλύτερο συντελεστὴ ποιότητας σὲ ἕνα πηνίο μεσαίων κυμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.

Πυκνωτές.

1. Τί εἰναι ἔνας πυκνωτὴς καὶ τί ἡ χωρητικότητά του;
2. Τί θὰ πῇ γήλεκτρικὸ πεδίο καὶ τί εἰναι οἱ γήλεκτρικὲς γραμμές του;

3. Τί ἐννοοῦμε ὅταν λέμε ὅτι τὸ διηλεκτρικὸ ὄλικὸ ἐνὸς πυκνωτῆς παρουσιάζει ἐλαστικές ἰδιότητες;

4. Γιατί ἔνας πυκνωτὴς δὲν ἀποτελεῖ διακοπὴ στὸ ἐναλλασσόμενο ρεῦμα;

5. Σὲ τί μοιάζουν καὶ σὲ τί διαφέρουν ἔνας πυκνωτὴς καὶ ἔνα πηνίο;

6. Πῶς εὑρίσκομε τὴν ἴσοδύναμη χωρητικότητα δύο πυκνωτῶν σὲ σειρὰ καὶ σὲ παράλληλη σύνδεση;

7. Πῶς ἔξηγοῦμε ὅτι ἔνα ἀπλὸ κομμάτι σύρμα παρουσιάζει καὶ τὰ τρία εἴδη ἀντιστάσεων;

8. Ηώς ενδέσκομε τη χωρητική άντίσταση ένδες πυκνωτή; "Αν συνδέσωμε στὸν πυκνωτὴν μιὰ ωμικὴ άντίσταση σὲ σειρὰ ή παράλληλα, μὲ ποιό τρόπο υπολογίζομε τὴ σύνθετη άντίσταση τῆς συνδεσμολογίας;

9. Τί είναι δι συντελεστὴς ἀπωλειῶν ένδες πυκνωτῆ;

10. Πώς ἔξηγοῦνται οἱ μονωτικὲς ἀπώλειες ένδες πηγίου; Τί είναι ή κατανεμωμένη χωρητικότητα τοῦ πηγίου;

11. Γιὰ ποιό λόγο πρέπει νὰ χρησιμοποιοῦμε ἕνα πυκνωτὴ σὲ τόσο μικρότερη τάση, δσο ή συχνότητα ἐργασίας είναι ύψηλότερη;

12. Ποιά είναι τὰ συνηθισμένα εἰδῆ πυκνωτῶν ποὺ χρησιμοποιοῦμε στὴ ραδιοτεχνικὴ πρακτική;

13. Τί ἔννοοῦμε ὅταν λέμε: ἡλεκτρικὸ πεδίο, ἐλαστικὲς ἴδιότητες ένδες διηλεκτρικοῦ ὄλικοῦ, χωρητικότητα ένδες πυκνωτῆ, κατανεμημένη χωρητικότητα ένδες πηγίου;

14. Σὲ τὶ μοιάζουν καὶ σὲ τὶ διαφέρουν ἔνας πύκνωτὴς καὶ ἔνα πηγίο; Νὰ ἔξηγήσετε τὴ σημασία τῆς σταθερᾶς χρόνου ένδες πυκνωτῆ σὲ σειρὰ μὲ μιὰ ωμικὴ άντίσταση.

15. "Ενα κύκλωμα διαρρέεται συγχρόνως ἀπὸ ρεύματα χαμηλῆς καὶ ύψηλῆς συχνότητας. Τί θὰ συμβῆ, ἂν συνδέσωμε σ' αὐτὸ τὸ κύκλωμα: α) ἔνα πυκνωτὴ σὲ παράλληλη σύνδεση, β) ἔνα πηγίο σὲ σειρά;

16. "Ενας (ἡλεκτρολυτικὸς) πυκνωτὴς ἔχει χωρητικότητα 16 μF καὶ φορτίζεται σὲ συνεχὴ τάση 300 V. Πόσα φορτία συγκρατοῦνται στοὺς δόπλισμούς του; (νὰ ἐφαρμόσετε τὸν τύπο 1, παρ. 5 · 1).

17. "Ενας μεταβλητὸς πυκνωτὴς ἀέρος ἀποτελεῖται ἀπὸ 10 πλάκες στὸ στάτορ καὶ 9 πλάκες στὸ ρότορ. Κάθε πλάκα τοῦ ρότορ ἔχει ἑπιφάνεια $s = 5 \text{ cm}^2$, ἐνῷ ή ἀπόσταση μεταξὺ δύο γειτονικῶν πλακῶν είναι $l = 1 \text{ mm}$. Πόση είναι ή μέγιστη χωρη-

τικότηγτα του πυκνωτή (10 φορές αύτή ποὺ δίνει δ τύπος 2, παρ. 5 · 1 μὲ ε = 1).

18. Δύο πυκνωτές ἔχουν χωρητικότητα $1 \mu\text{F}$ δ ἔνας, $8 \mu\text{F}$ δ ἄλλος. Νὰ βρῆτε τὴν ίσοδύναμη χωρητικότητα δταν τὸν συνδέσωμε: α) σὲ σειρά (τύπος 6, παρ. 5 · 1), β) παράληλα (τύπος 7, παρ. 5 · 1).

19. Ἐνας πυκνωτής $2\,000 \text{ pF}$ συνδέεται σὲ σειρά μὲ μιὰ ὡμικὴ ἀντίσταση 20Ω . Στὰ ἀκρα τῆς συνδεσμολογίας ἐφαρμόζεται τάση 15 V μὲ συχνότητα 1 Mc/s . Νὰ βρῆτε: α) τὴ σύνθετη ἀντίσταση του πυκνωτή (τύπος 3, παρ. 5 · 1), β) τὴ σύνθετη ἀντίσταση τῆς συνδεσμολογίας (τύπος 1, παρ. 5 · 2), γ) τὸ συνολικὸ ρεῦμα ποὺ διαρρέει τὴ συνδεσμολογία (νόμος τοῦ "Ωμ").

20. Ἰδιο πρόβλημα, δταν ἡ ὡμικὴ ἀντίσταση συνδέεται παράληλα πρὸς τὸν πυκνωτή (βλέπε παρ. 5 · 3).

21. Ποὺ δφείλονται οἱ διηλεκτρικὲς ἀπώλειες ίσχύος τῶν πυκνωτῶν. Τὶ δνομάζομε συντελεστὴ (ἢ γυνία) ἀπωλειῶν, τάση δοκιμῆς καὶ τάση ἐργασίας ἐνὸς πυκνωτῆ;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.

Συντονισμένα κυκλώματα—Συντονισμὸς σὲ σειρά.

1. Τὶ δνομάζομε ίδιοσυχνότητα ἐνὸς κυκλώματος LrC ; Τὶ ἐννοοῦμε δταν λέμε δτι ἔνα τέτοιο κύκλωμα εὑρίσκεται σὲ συντονισμὸ μὲ τὴν πηγὴ ποὺ τὸ τροφοδοτεῖ; Νὰ ἀναφέρετε τὰ χαρακτηριστικὰ γνωρίσματα τοῦ συντονισμοῦ σὲ σειρά.

2. Τὶ σημαίνει δτι ἔνα συντονισμένο κύκλωμα LrC σὲ σειρά ἔχει ἐπαγωγικὴ συμπεριφορὰ γιὰ συχνότητες ὑψηλότερες ἀπὸ τὴ συχνότητα συντονισμοῦ; Ποιά θὰ εἰναι ἢ συμπεριφορὰ τοῦ κυκλώματος σὲ συχνότητες πάρα πολὺ ὑψηλότερες ἀπὸ τὴ συχνότητα συντονισμοῦ;

3. Ἐνα κύκλωμα LrC τροφοδοτεῖται σὲ σειρά ἀπὸ μA πη-

γη μὲ πολικὴ τάση 3 βόλτα καὶ μὲ συχνότητα 100 πρὸς τὴν 100-
συχνότητα τοῦ κυκλώματος. "Αν ἡ τάση στὰ ἄκρα τοῦ πηγῶν είναι 450 βόλτα, πόσος είναι ὁ συντελεστὴς ποιότητας τοῦ κυ-
κλώματος;

4. Συνδέομε σὲ σειρὰ ἔνα πηγό μὲ $L = 160 \mu\text{H}$ καὶ ἔνα
πυκνωτὴ μὲ $C = 250 \text{ pF}$. Πόση είναι ἡ συχνότητα συντονισμοῦ
καὶ τὸ ἀντίστοιχο μῆκος κύκλωματος τοῦ κυκλώματος; (νὰ ἐφαρμό-
σετε τοὺς τύπους 1 καὶ 2 τῆς παρ. 6·5).

5. "Εστω ὅτι ἡ χωρητικότητα ἐνὸς μεταβλητοῦ πυκνωτῆς
μπορεῖ νὰ μεταβάλλεται μεταξὺ 55 καὶ 490 pF . "Αν μὲ τὸν
πυκνωτὴ αὐτὸν καὶ μὲ ἔνα πηγό $L = 160 \mu\text{H}$ σχηματίσωμε ἔνα
συντονισμένο κύκλωμα, ποιά περιοχὴ συχνοτήτων θὰ καλύπτῃ ἡ
συχνότητα συντονισμοῦ τοῦ κυκλώματος; (τύποι 1 καὶ 4 τῆς
παρ. 6·5).

6. Δίδεται κύκλωμα LrC μὲ $L = 100 \mu\text{H}$, $C = 100 \text{ pF}$
καὶ $r = 10 \Omega$. "Αν τὸ κύκλωμα τροφοδοτῆται σὲ σειρὰ ἀπὸ πηγὴ
μὲ συχνότητα 1 592 kc/s καὶ πολικὴ τάση 2 βόλτα, ζητεῖται: 1ο
τὸ ρεῦμα ποὺ διαρρέει τὸ κύκλωμα καὶ 2ο ὁ συντελεστὴς ποιότη-
τας τοῦ κυκλώματος. (Άρκεῖ νὰ παρατηρηθῇ ὅτι σύμφωνα μὲ
τὸν τύπο 1 τῆς παρ. 6·5, τὸ κύκλωμα εὑρίσκεται σὲ συντονισμὸ
καὶ νὰ ἐφαρμοσθοῦν οἱ γνωστοὶ τύποι $I_0 = U/r$ καὶ $Q = \omega_0 L/r$).

7. "Ενα συντονισμένο κύκλωμα ἔχει $L = 160 \mu\text{H}$, $C = 250$
 pF καὶ $Q = 150$ καὶ τροφοδοτεῖται σὲ σειρὰ ἀπὸ μία πηγὴ μὲ
πολικὴ τάση 1 βόλτα καὶ μὲ μεταβλητὴ συχνότητα. Νὰ χαράξετε
πρόχειρα τὴν καμπύλη συντονισμοῦ τοῦ ρεύματος στὸ κύκλωμα
αὐτὸ χρησιμοποιώντας τοὺς κανόνες γιὰ τὰ 5ψη 70,7% καὶ
44,7% τῆς παρ. 6·7.

8. Νὰ ἀπαντήσετε στὸ ἑρώτημα: "Αν τὸ συντονισμένο κύ-
κλωμα τοῦ προηγουμένου προβλήματος χρησιμοποιηθῇ σὰν μονα-
δικὸ κύκλωμα ἐπιλογῆς ἐνὸς δέκτη, ἡ ἐπιλογὴ τοῦ δέκτη θὰ
είναι ἀρκετὰ καλὴ ἢ θὰ ἔχῃ σοβαρὰ μειονεκτήματα καὶ ποιά;

9. Η συχνότητα συντονισμού ένδει κυκλώματος LrC είναι 1200 kc/s γιατί άποσυντονισμούς θέους πρὸς 6 kc/s πάνω ή κάτω άπὸ τὴν συχνότητα συντονισμοῦ, τὸ ρεῦμα τοῦ κυκλώματος γίνεται ίσο πρὸς τὰ $70,7\%$ τῆς μεγίστης τιμῆς του. Ήδος είναι ὁ συντελεστὴς ποιότητας τοῦ κυκλώματος ($Q = \frac{f_0}{f_2 - f_1}$ σύμφωνα μὲ τὸν τύπο 1 τῆς παρ. 6 · 7).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.

Παράλληλος συντονισμός.

1. Ποιές είναι οἱ διαφορὲς ἀνάμεσα στὸν παράλληλο συντονισμὸν καὶ τὸ συντονισμὸν σὲ σειρά; Ποιά φαινόμενα χαρακτηρίζουν τὸν παράλληλο συντονισμὸν σὲ σύγκριση μὲ τὸ συντονισμὸν σὲ σειρά;

2. Τέ έννοοοῦμε δταν λέμε δτι τὸ παράλληλο κύκλωμα LrC ἔχει χωρητικὴ συμπεριφορὰ σὲ συχνότητες ὑψηλότερες ἀπὸ τὴν συχνότητα συντονισμοῦ; Πῶς συμπεριφέρεται τὸ κύκλωμα σὲ συχνότητες πάρα πολὺ ὑψηλότερες ἀπὸ τὴν συχνότητα συντονισμοῦ;

3. Ἐνα συντονισμένο κύκλωμα μὲ $L = 160 \mu H$, $C = 250 \mu F$ καὶ $Q = 150$ τρόφοδοτεῖται παράλληλα ἀπὸ μιὰ πηγὴ μὲ πολικὴ τάση 1 βέλτ. Ζητοῦνται 10 ή συχνότητα συντονισμοῦ καὶ τὸ μῆκος κύκλωματος συντονισμοῦ (τύποι 1 καὶ 2 τῆς παρ. 6 · 5), 20 ή δυναμικὴ ἀντίσταση R_π τοῦ κυκλώματος στὸ συντονισμὸν (τύπος 1 τῆς παρ. 7 · 2), 30 τὸ συνολικὸ ρεῦμα τοῦ κυκλώματος στὸ συντονισμὸν ($I_0 = U/R_\pi$) καὶ 40 τὰ ρεύματα στοὺς κλάδους τοῦ πηγίου καὶ τοῦ πυκνωτῆ χωριστὰ ($I_L = I_C = QI_0$).

4. Χρησιμοποιώντας τοὺς κανόνες γιὰ τὰ 5ψη $70,7\%$ καὶ $44,7\%$ τῆς παρ. 6 · 7, νὰ χαράξετε πρόχειρα τὴν καμπύλη ἐπιλογῆς γιὰ τὴν σύνθετη ἀντίσταση τοῦ παράλληλου κυκλώματος τοῦ προγραμματίου προβλήματος. Νὰ συγκρίνετε τὸ ἀποτέλεσμα

μιὲ τὴν καμπύλη ἐπιλογῆς τοῦ ρεύματος τοῦ ἵδιου κυκλώματος σὲ σειρὰ (πρόβλημα 8 τοῦ Κεφ. 6).

5. Νὰ ἐφαρμόσετε δῆλους τοὺς τύπους τοῦ Πίνακα ἀνακεφαλαιώσεως τῆς παραγράφου 7·4 παίρνοντας σὰν παράδειγμα ἓνα πηγέο μὲ αὐτεπαγωγὴ $L = 100 \mu\text{H}$ καὶ μὲ ἀντίσταση ἀπωλειῶν $r = 10 \Omega$ καὶ ἓνα πυκνωτὴ $C = 100 \text{ pF}$.

6. Τί ὀνομάζομε ἀμοιβαίνα ἐπαγωγὴ καὶ τί συντελεστὴ συνεύξεως δύο πηγών σὲ μαγνητικὴ σύζευξη; "Αν δύο δμοια συντονισμένα κυκλώματα ἔχουν συντελεστὴ ποιότητας ἵσο πρὸς 200 πόσος εἰναι δικέιμιος συντελεστὴς συζεύξεως ($K_{\text{κρ}} = 1/\sqrt{Q_1 Q_2}$).

7. Τί ἐννοοῦμε δταν λέμε δτι τὰ συντονισμένα κυκλώματα καὶ τὰ κυκλώματα σὲ σύζευξη μποροῦν νὰ χρησιμοποιηθοῦν σὰν φίλτρα ζώνης συγχονήτων; Μὲ ποιόνς γενικὰ τρόπους μποροῦμε νὰ ρυθμίζωμε τὴν ζώνη συγχονήτων ποὺ τὰ κυκλώματα αὗτὰ ἀφύγουν νὰ περγᾶ;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.

'Ηλεκτρονικὲς λυχνίες.

1. Ἀπὸ ποιά μέρη ἀποτελεῖται γενικὰ μιὰ ἡλεκτρονικὴ λυχνία καὶ ποιός εἰναι ἐρόλος τοῦ καθενός;

2. Νὰ περιγράψετε μὲ ποιὸ τρόπο γίνεται ἡ ἐκπομπὴ ἡλεκτρονών ἀπὸ μιὰ θερμὴ κάθοδο. Ποιές διαφορὲς ὑπάρχουν ἀνάμεσα σὲ καθόδους ἀμέσου καὶ ἐμμέσου θερμάνσεως;

3. Τί εἰναι τὸ καθόδικὸ χωρικὸ φορτίο μιᾶς λυχνίας καὶ τί ρόλο παίζει κατὰ τὸ σχηματισμὸ τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος μιᾶς διόδης λυχνίας;

4. Γιὰ ποιόνς λόγους μιὰ τρίσδη λυχνία εἰναι ἴδιατερα εὐαίσθητη στὶς μεταβολὲς τάσεως τοῦ πλέγματός της;

5. Νὰ ἀντιγράψετε ἀπὸ ἓνα κατάλογο λυχνιῶν τὶς χαρακτηριστικὲς καμπύλες τῆς τρίσδης 6C5 καὶ νὰ ὑπολογίσετε ἀπὸ

αύτὲς τὴν ἐσωτερικὴν ἀντίσταση, τὸ συντελεστὴν ἐνισχύσεως καὶ τὴν διαγωγιμότητα τῆς λυχνίας γιὰ ἀνοδικὴν τάση 200 βόλτα καὶ πόλωση — 6 βόλτα. Νὰ ἐλέγξετε κατὰ πόσον τὰ ἀποτελέσματα που θὰ βρῆτε ἐπαλγθεύονταν τὸν τύπο 1 τῆς παραγράφου 8.7.

6. Πῶς ἔξηγεῖται ἡ κατάδυση τῶν χαρακτηριστικῶν ἀνόδου μιᾶς τέτροδης λυχνίας; Μὲ ποιούς τρόπους μποροῦμε νὰ ἀπαλλαγοῦμε ἀπὸ τὴν κατάδυση;

7. Ποιές διαφορὲς ὑπάρχουν ἀνάμεσα στὶς πέντοδες καὶ στὶς τρίοδες λυχνίες; (Ως πρὸς τὴν κατασκευὴν, καὶ ὡς πρὸς τὴν βασικὴν συμπεριφορά τους).

8. Τί εἶναι καὶ πῶς λειτουργεῖ μιὰ λυχνία θύρατρον;

9. Πῶς εἶναι κατασκευασμένο καὶ πῶς λειτουργεῖ ἕνα φωτοκύτταρο;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9.

Ἐνίσχυση.

1. Σύμφωνα μὲ ποιό, μηχανισμὸ μιὰ τρίοδη (ἢ πέντοδη) λυχνία ἐνισχύει τὸ σῆμα ποὺ ἐφαρμόζεται στὸ δόηγὸ πλέγμα της;

2. Μιὰ τρίοδη λυχνία ἔχει ἐσωτερικὴ ἀντίσταση $r = 10 \text{ k}\Omega$ καὶ συντελεστὴ ἐνισχύσεως $\mu = 15$. Αν ἡ λυχνία συνδεθῇ ὡς ἐνισχύτρια μὲ ἀνοδικὸ φορτίο $R_a = 20 \text{ k}\Omega$, πόση ἀπολαβὴ δίδει; (τύπος 4, παρ. 9.5). Πόση εἶναι ἡ πιὸ μεγάλη ἀπολαβὴ ποὺ μπορεῖ νὰ δώσῃ αὐτῇ ἡ λυχνία;

3. Μιὰ ἐνισχύτρια πέντοδη λυχνία ἔχει διαγωγιμότητα $g = 1,5 \text{ mA/V}$ καὶ φέρει ἀνοδικὸ φορτίο $R_a = 220 \text{ k}\Omega$. Πόση εἶναι ἡ ἀπολαβὴ; (τύπος 5, παρ. 9.5).

4. Τί εἶναι ἡ καμπύλη ἀποκρίσεως ἐνὸς ἐνισχυτῆ τάσεως X.Σ. καὶ ποιός εἶναι ὁ ρόλος της γιὰ τὴν καλὴ λειτουργία τοῦ ἐνισχυτῆ;

5. Νὰ περιγράψετε μία συνδεσμολογία ἐνισχυτῆ ισχύος X.Σ.

καὶ νὰ ἀναφέρετε τὶς διαφορὲς ἀνάμεσα σ' αὐτὸν καὶ σὲ ἐνισχυτὴ τάσεως Χ.Σ.

6. Τί διομάζομε προσαρμογὴ καὶ πῶς τὴν ἐπιτυγχάνομε σὲ ἐνισχυτὴ ἴσχυος Χ.Σ.;

7. Ἐνας ἐνισχυτὴς τάσεως ἀποτελεῖται ἀπὸ δύο βαθμίδες. Η ἐνισχυση (ἀπολαβὴ) τῆς πρώτης εἶναι 10 καὶ τῆς δεύτερης 31,6. Ήδη εἶναι ἡ ἀπολαβὴ καὶ τῶν δύο βαθμίδων μαζί; Νὰ ἔχφράσετε τὶς τρεῖς ἐνισχύσεις (καθεμιᾶς ἀπὸ τὶς δύο βαθμίδες καὶ τοῦ συνόλου τους) σὲ ντεσιμπέλ (μὲ τὴν βοήθεια τοῦ Πίνακα τῆς παρ. 9·10). Νὰ ἐπαληθεύσετε ὅτι τὰ ντεσιμπέλ τῆς δλικῆς ἐνισχύσεως εἶναι τὸ ἄθροισμα τῶν ντεσιμπέλ ποὺ ἀντιστοιχοῦν χωριστὰ στὶς δύο βαθμίδες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10.

Παραγωγὴ ταλαντώσεων.

1. Ἐξηγεῖστε τὸ ρόλο ποὺ παίζει, σὲ μιὰ συνδεσμολογία Hartley ἡ θέση τῆς μεσαίας λήψεως στὸ πηνίο τοῦ συντονισμένου κυκλώματος.

2. Νὰ περιγράψετε ἀπὸ ποιὰ στοιχεῖα ἀποτελεῖται καὶ πῶς λειτουργεῖ μιὰ ταλαντώτρια σὲ συνδεσμολογία TPTG.

3. Τί ἐννοοῦμε λέγοντας «ἀρνητικὴ ἀντίσταση»; Πῶς μποροῦμε νὰ πραγματοποιήσωμε μιὰ ἀρνητικὴ ἀντίσταση μὲ μιὰ τέτροδη λυχνία καὶ πῶς λειτουργεῖ τὸ δύνατρον;

4. Τί ἐπιδραση ἔχει δ συντελεστὴς ποιότητας Q τοῦ συντονισμένου κυκλώματος στὴ λειτουργία μιᾶς ταλαντώτριας;

5. Νὰ εξηγήσετε πάνω σὲ ποιὰ βάση λειτουργοῦν οἱ διάφορες ταλαντώτριες καὶ μὲ ποιοὺς τρόπους μποροῦμε νὰ ἐπεμβαίνωμε στὶς συνδεσμολογίες τους γιὰ νὰ ἐπιτυγχάνωμε τὸ ξεκίνημα τῶν ταλαντώσεων.

6. Γιὰ ποιούς λόγους εἶναι δύσκολο γιὰ συχνότητα ἐνὸς τα-

λαντωτή νὰ διατηρῆται ἐντελῶς σταθερή καὶ μὲ ποιούς τρόπους μποροῦμε νὰ αὐξάνωμε τὴν σταθερότητα τῆς συχνότητας;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11.

Πομποὶ καὶ διαμόρφωση.

1. Γιὰ ποιούς λόγους ἔνας πομπὸς πρέπει νὰ ἔχῃ ἐπὶ κεφαλῆς ἔναν δδηγὸ ταλαντωτή; Ποιές συνδεσμολογίες χρησιμοποιοῦνται συνήθως γιὰ τὸν δδηγὸ ταλαντωτή;

2. Νὰ δώσετε ἔνα σχέδιο μικροῦ καὶ ἔνα σχέδιο μεγάλου τηλεγραφικοῦ πομποῦ (σημειώνοντας μόνο τὶς βαθμίδες μὲ «τετραγωνάκια») καὶ νὰ περιγράψετε τὴν λειτουργία τους.

3. Ποιές οὖσιαστικὲς διαφορὲς ὑπάρχουν ἀνάμεσα σὲ ἔνα τηλεγραφικὸ καὶ σὲ ἔνα ραδιοφωνικὸ πομπό;

4. Νὰ περιγράψετε πῶς γίνεται ἡ διαμόρφωση πλάτους καὶ πῶς γίνεται ἡ διαμόρφωση συχνότητας. Νὰ ἔξηγήσετε τὶς οὖσιαστικὲς διαφορὲς ἀνάμεσα στὰ δύο αὐτὰ εἴδη διαμορφώσεως.

5. "Ἐνας πομπὸς μὲ διαμόρφωση συχνότητας ἔχει φέρουσα συχνότητα 80 Mc/s καὶ διαμορφώνεται μὲ σῆμα χαμηλῆς συχνότητας, που ἡ συχνότητά του εἶναι $1\,000 \text{ c/s}$, ἐνῶ ἡ διαδρομὴ συχνότητας εἶναι 50 kc/s . Νὰ εὑρεθῇ ἀνάμεσα σὲ ποιές τιμὲς μεταβάλλεται ἡ δψηλὴ συχνότητα τοῦ πομποῦ, μὲ ποιὸ ρυθμὸ γίνονται αὐτὲς οἱ μεταβολὲς τῆς συχνότητας καὶ πόσος εἶναι ὁ δεκτηγὸς διαμορφώσεως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12.

Φώραση.

1. Νὰ ἔξηγήσετε τὸ ρόλο τῆς ἀντιστάσεως φόρτου R καὶ τοῦ πυκνωτῆ φωράσεως C σὲ μιὰ συνδεσμολογία φωράσεως μὲ δίοδη λυχνία.

2. Σὲ μία συνδεσμολογία φωράσεως μὲ δίσοδη λυχνία, μᾶς ἔχει δοθῆ ἡ τιμὴ τῆς ἀντιστάσεως φόρτου R. Γιὰ ποιὸν λόγον
ἡ δοσμένη αὐτὴ ἀντίσταση R δὲν μπορεῖ γὰ συνδυασθῇ μὲ ἓνα
πυκνωτὴ φωράσεως C σύτε πολὺ μικρὸ οὕτε πολὺ μεγάλο;

3. Νὰ σχεδιάσετε τρία διαφορετικὰ κυκλώματα φωράσεως
καὶ νὰ περιγράψετε τὴ λειτουργία τους, συγκρίνοντάς τα συγχρό-
νως μεταξύ τους.

4. Πῶς εἶναι κατασκευασμένος καὶ πῶς λειτουργεῖ ἔνας
κρυσταλλικὸς φωρατής; Ποιά πλεονεκτήματα καὶ ποιὰ μειονε-
κτήματα ἔχει σὲ σύγκριση μὲ μιὰ δίσοδη φωράτρια;

5. Πῶς γίνεται ἡ φώραση ἀπὸ τὸ πλέγμα, ποιά πλεονεκτή-
ματα καὶ ποιά μειονεκτήματα ἔχει;

6. Πῶς γίνεται ἡ φώραση ἀπὸ τὴν ἄνοδο;

7. Νὰ ἐξηγήσετε μὲ ποιὸν τρόπους ἐπιτυγχάνομε τὴ φώ-
ραση τῶν κυμάτων ποὺ εἶναι διαμορφωμένα κατὰ συχνότητα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13.

·Απλοὶ δέκτες.

1. Ό σταθμὸς μεσαίων κυμάτων Αθηνῶν ἔχει συχνότητα 728 kc/s. Νὰ σχεδιάσετε γιὰ τὸ σταθμὸ αὐτὸ μιὰ συνδεσμολογία τοῦ ποὺ ἀπλοῦ δέκτη μὲ κρύσταλλο καὶ ἀκουστικά, νὰ ὑπολογί-
σετε τὴν πυκνωτὴ καὶ τὸ πηγίο τοῦ συντονισμένου κυκλώματος
καὶ νὰ πραγματοποιήσετε τὴ συνδεσμολογία.

2. Νὰ ἐξηγήσετε λεπτομερῶς τὸ ρόλο καθεμιᾶς έκθιμίδας
καὶ τὴ λειτουργία καθενὸς στοιχείου στὸ σχέδιο τοῦ ἀπλοῦ ραδιο-
φώνου τοῦ σχήματος 13 · 2 α.

3. Νὰ συγκρίνετε τὶς φωτογραφίες τοῦ σχήματος 13 · 2 β
μὲ τὸ σχέδιο τοῦ σχήματος 13 · 2 α καὶ νὰ ἀναγνωρίσετε, πάνω
στὶς φωτογραφίες, τὰ διάφορα στοιχεῖα τοῦ σχεδίου.

Ε Υ Ρ Ε Τ Η Ρ Ι Ο

(Οι άριθμοί αναφέρονται σε σελίδες)

- Άγιοιμιστήτητα 53
άκουστικά 9
άκουστικά ρεύματα 9
άκτινες 31
άκτινοβολία 11, 12
άμοιβαία ἐπαγωγή 72
άναδραση 244, 247
άναδραση θετική 246
άναστολής πλέγμα 197
άνοδος 165
άνοδική κατανάλωση 181
άνοδική τάση 175
άνοδικό ρεῦμα 175
άνοδικό φορτίο 213
άνορθωση 179, 272
άνορθωση ἀπλή 182, 272
ἀνών 64
άντιφαση 48, 121, 215
άντισταση 50
άντισταση ἄνθρακος 58
άντισταση διαφυγῆς 245
άντισταση ἐπαγγῆς 65
άντισταση σύνματος 59
άντισταση χωρητική 94
άποδιαμόρφωση 19, 272
άποκριση 141
άπολαβή 214, 236
άποπνικτικό πηνίο 248
άποσβενόμενη ταλάντωση 119
άποσυντονισμός 120, 133, 140
άπωλεια ισχύος 88, 104
άπωλειες μονωτικές 86, 107
άρρωνική ἀνάλυση 41
ἀρνητικό ίὸν 168
ἀσύρματος τηλεπικοινωνία 1
αύτεπαγωγή 63
αύτεπαγωγή ισοδύναμη 71
- Βαθμίδα 18
βάθος διαμορφώσεως 265
βαλβίδα 178
βραχέα κύματα 33, 34
- Γαληνίτης 279
γεωμετρική πρόσθεση 79
γωνία ἀπωλειῶν 104
- Δείκτης διαμορφώσεως 270
δέκτης 5, 18
δευτερεύον 72
δευτερογενής ἐκπομπή 169, 194
διαγωγιμότητα 188
διαδρομή συχνότητας 270
διαμόρφωση ἀπό τὴν ἄνοδο 266
διαμόρφωση πλάτους 16, 265
διαμόρφωση συχνότητας 268
διάτρηση 105
διαφορὰ φάσεως 47
διαχωριστική βαθμίδα 262
διέγερση 209
διευκρινιστής 289
διηλεκτρικό 90
διηλεκτρική σταθερὰ 91
διηλεκτρική σταθερὰ σχετική 91
δινορρεύματα 84
δυναμική ἀντίσταση λυχνίας 180,
184
δυναμική χαρακτηριστική 112, 210
δυναμική ώμικη ἀντίσταση 149
δύνατρον 254
- Ελδική ἀντίσταση 52
εἰσοδος (δόηγό πλέγμα) 221
ἐκθετική καμπύλη 74
ἐκπομπή ἡλεκτρονίων 169
ἐλαστικές ἰδιότητες 91
ἐλεύθερα ἡλεκτρόνια 168
ἐνδεικνυμένη τιμή 45
ἐνεργός τιμή 45, 80
ἐνίσχυση 213
ἐνίσχυση ισχύος 225
ἐνίσχυση τάσεως 220
ἐξασθένηση 237
ἔξοδος 223
ἐναλλασσόμενο μέγεθος 43
ἐπαγωγή 63
ἐπαγωγή ἀμοιβαία 72
ἐπαγωγική ἀντίσταση 65
ἐπιδερμικό φαινόμενο 54
ἐπιλογή 23, 39, 138, 144, 152
ἐρτσιανά κύματα 31
ἐσωτερική ἀντίσταση λυχνίας 178,
180

- ευθεία φόρτου 210, 212
 Ζώνη άποκρισεως 142
 ζώνη διαβάσεως 142
 ζώνη συντονισμού 142
 Ἡλεκτρικές γραμμές 90
 ἡλεκτρικό πεδίο 90
 ἡλεκτρόδια 165
 ἡλεκτρομαγνητικά κύματα 12
 ἡλεκτρομαγνητική ἀκτινοβολία 31
 ἡλεκτρόνια 15, 167
 ἡλεκτρονική λυχνία 165
 ἡλεκτρονικό βολτόμετρο 285
 ἡλεκτρονικός σωλήνας 165
 ἡμιαγγός 280
 ἡμιτονικά μεγέθη 43
 Θεμελιώδης συχνότητα 41
 θερμή κάθοδος 170
 θερμική ἐκπομπή 167, 169
 θετικό λόν 168
 θύρατρον 202
 θωράκιση πηνίου 86
 Ἰδιοσυχνότητα 116
 Ιονισμός 202
 Ισοδύναμα κυκλώματα 216
 Ισοδύναμα κυκλώματα σταθερῆς τάσεως 218
 Ισοδύναμα κυκλώματα σταθεροῦ ρεύματος 218
 Ισοδύναμη αύτεπαγγή 71
 Ισοδύναμη χωρητικότητα 97
 Ισχύς 51
 Καθοδικό χωρικό φορτίο 173
 κάθοδος 165, 167
 κάθοδος ἀμέσου θερμάνσεως 171
 κάθοδος ἀμέσου θερμάνσεως 172
 κάθοδος ψυχρή 203
 καμπύλη ἐκθετική 74
 καμπύλη ἐπιλογῆς 144
 καμπύλη συντονισμού 133, 137, 152
 κατάδυση 194
 κατανεμημένη χωρητικότητα 108
 κεφαία λήψεως 18
 κλίμακα λογαριθμική 238
 κλίση 188
 κόλπιτς 249
 κρυσταλλικοί φωρατές 279
 κρύσταλλος χαλαζίον 260
 κυκλική συχνότητα 66
 κύκλωμα είσόδου 210
 κύκλωμα ἔξόδου 210
 κυμαινόμενο κύκλωμα 157
 κώδικας χρωμάτων 60
 Λέντς 63
 λήψη 18
 λίτσ 57
 λογαριθμική κλίμακα 238
 λόγος μετασχηματισμού 227
 λυχνία 164
 λυχνία ἀερίου 200
 λυχνία δίσοδη 165, 174
 λυχνία ἐκπομπῆς 203
 λυχνία κατευθυνομένης δέσμης 196
 λυχνία μεταβλητής κλίσεως 199
 λυχνία πέντοδη 196
 λυχνία σταθερῆς κλίσεως 199
 λυχνία τέτροδη 165, 190
 λυχνία τριόδη 165, 181
 λυχνία ψυχρῆς καθόδου 203
 Μαγνητικές γραμμές 63
 μαγνητική διαπερατότητα 64
 μαγνητική σύζευξη 72, 159
 μαγνητική ὑστέρηση 84
 μαγνητικό πεδίο 63
 μακρά κύματα 33, 34
 μάξινελ 11
 μεγάφωνο 20
 μεγίστη τιμὴ 45
 μεσαῖα κύματα 33, 34
 μεταβατικά φαινόμενα 75
 μετασχηματιστὲς μεσαίας συχνότητας 162
 μετασχηματιστὲς προσαρμογῆς 227
 μετασχηματιστὲς ἔξόδου 227
 μετασχηματιστὲς μεγαφώνου 227
 μετασχηματιστὲς χαμηλῆς συχνότητας 83
 μῆκος κύματος 7, 27
 μικροφαράντ 91
 μικρόφωνο 9
 μονωτικές ἀπώλειες 86, 107
 Νόμος Lentz 63
 ντεσιμπέλ 235
 Ὁδηγὸν πλέγμα 191
 δδηγός ταλαντωτῆς 260
 δπλισμοὶ πυκνωτῆ 90
 Παραμένονσα χωρητικότητα 110
 παράμετροι ἢ σταθεραι 190
 παραμόρφωση 229

- περιβάλλονσα 265
 περιοδικά μεγέθη 43
 περίοδος 7
 πηνία 63
 πηνία άρρος 64
 πηνία ραδιοτεχνικά 83
 πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο 260
 πικοφαράντ 91
 πιλότος ταλαντωτής 259
 πιστότητα 39, 40
 πλέγμα 165
 πλέγμα άναστολής 197
 πλέγμα άδηγό 191
 πλέγμα προστατευτικό 191
 πλευρικές συχνότητες 37
 πόλωση άποκοπής 188
 πόλωση πλέγματος 183
 πομπής 13, 257
 ποτανιούμετρο γραμμικό 61
 ποτανιούμετρο λογαριθμικό 62
 προπορεία φάσεως 47
 προσαρμογή 227, 230
 πρόσθιεση γεωμετρική 79
 προστατευτικό πλέγμα 191
 πρωτεύον 72
 πρωτογενές 194
 πυκνωτής 90
 πυκνωτής ήλεκτρολυτικός 109, 113
 πυκνωτής κεφαλικός 109, 113
 πυκνωτής μεταβλητός 109, 113
 πυκνωτής μίκας 109, 113
 πυκνωτής ρυθμιζόμενος 109, 113
 πυκνωτής χάρτου 109, 113
- Ραδιοηλεκτρικά κύματα 31
 ραδιοηλεκτρολογία 2
 ραδιοσυχνότητα 15
 ραδιοτεχνία 2
 ραδιοτεχνικά πηνία 83
 ραδιοφωνικοί πομποί 265
 ρεύμα διαφροής 104
 ρεύμα έκφραστισμός 100
 ρεύμα ηρεμίας 209
 ρεύμα φορτίσμενος 100
 ρεύμα χαμηλής συχνότητας 10
- Σημα 5**
 σημείο άποκοπής 188
 σιδηροπυρήνας 88
 σιμήνος χαρακτηριστικῶν ἀνόδου 182
 σιμήνος χαρακτηριστικῶν πλέγματος 186
 στάδιο 18
 σταθερά χρόνον 74
- σταθερές ή παράμετροι 190
 σταθερότητα συχνότητας 255
 στατικές χαρακτηριστικές 209
 στιγμιαία τιμή 45, 77
 στραγγαλιστικό πηνίο 248
 σύζευξη 72, 157
 σύζευξη κρίσιμη 162
 σύζευξη στενή 73
 σύζευξη χαλαρή 72
 συμφασικά μεγέθη 48
 συνεχής συνιστώσα 41
 σύνθετη ἀντίσταση 76
 συντελεστής ἀπολειῶν 104, 106
 συντελεστής αὐτεπαγωγῆς 64
 συντελεστής ἐνισχύσεως 185
 συντελεστής ίσχυος 70, 80
 συντελεστής ποιότητας 86, 89
 συντελεστής συζεύξεως 160
 συντελεστής ψλερτάσεως 128
 συντονισμένα κυκλώματα 157
 συντονισμός 116
 συντονισμός παράλληλος 147
 συντονισμός σειρᾶς 123
 σύρματα λίτς 57
 συχνότητα 9, 27, 67
 συχνότητα θεμελειώδης 41
 συχνότητα πλευρική 37
 συχνότητα συντονισμοῦ 129
 συχνότητα ύψηλή 14, 21
 συχνότητα φέρουσα 263
 σχετική διηλεκτρική σταθερά 91
- Ταλαντεύομενο κύκλωμα 157
 ταλαντωτής 242
 ταλαντωτής ἀρνητικῆς ἀντιστάσεως 252
 ταλαντωτής ECO 257
 ταλαντωτής ίσχυος 257
 ταλαντωτής κόλπιτς 249
 ταλαντωτής δόηγός 260
 ταλαντωτής T.P.T.G. 250
 ταλαντωτής ύψηλῆς συχνότητας 242
 ταλαντωτής χάρτευ 247
 τάξεις A, B, Γ 231
 τάση δοκιμῆς 108
 τάση ἐναύσεως 201
 τάση ἔογασίας 108
 τάση σβέσεως 202
 ταυτότητα φάσεως 48
 ταχύτητα διαδόσεως 6
 τηλεγραφικοὶ πομποὶ 262
 τηλεπικοινωνία 1
 τόμον 130

Υπερβραχέα κύματα 33, 34
 ύπερταση 151
 ύπερτραση διακοπῆς 75
 ίνστερηση μαγνητική 84
 ίνφηλή συχνότητα 14, 21
 Φαινομένη Ισχύς 70
 φαινόμενα άδρανείας 64
 φαινόμενο Έδισον 170
 φαράντ 91
 φάση 47, 78
 φάσμα συχνοτήτων 32, 38
 φέρον κύμα 263
 φέρουσα συχνότητα 15, 37
 φερρίτες 84
 φίλτρο 163
 φυσική συχνότητα 116
 φύσαση 182, 272
 φύσαση από τὴν ἄνοδο 283
 φύσαση από τὸ πλέγμα 281

φύσαση γιὰ διαμόρφωση συχνότη-
 τας 287

φύσαση μὲ δίοδο λυχνία 277

φωρατές κρυσταλλικοὶ 279

φωρατές τετραγωνικοὶ 287

φωτοηλεκτρική ἐκπομπή 169

φωτοηλεκτρόνια 206

φωτοκύτταφα 205

φωτοκυψέλη 205

Χαρακτηριστική διόδου 176

χέρτς 8, 11

χωρητικὴ ἀντίσταση 94

χωρητικότητα 91

χωρητικότητα ίσοδύναμη 97

χωρητικότητα κατανεμημένη 108

χωρητικότητα παραμένουσα 110

Ωμική ἀντίσταση 49, 86

COPYRIGHT ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

ΕΚΤΥΠΩΣΙΣ - ΒΙΒΛΙΟΔΕΞΙΑ : ΓΡΑΦΙΚΑΙ ΤΕΧΝΑΙ "ΑΣΤΙΩΤΗ-ΕΛΚΑ" Α.Ε.

