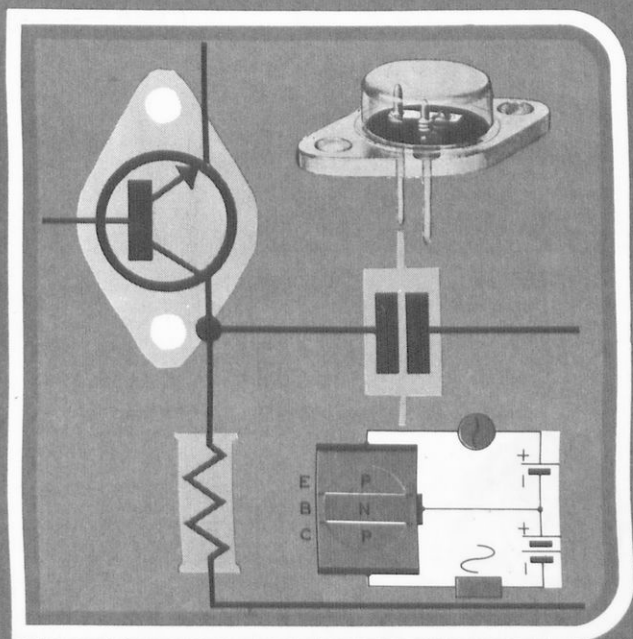


ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Σ. Κοντοράβδη

ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ M.S.





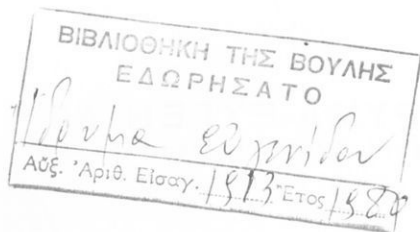
1954

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ



Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής





Ε 39
Κοντοραβδη, Σ.

Ι΄ ΤΑΞΗ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Σ. ΚΟΝΤΟΡΑΒΔΗ

ΔΙΕΥΘΥΝΤΗ ΜΕΣΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΥ-ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ Μ.Σ.

ΑΘΗΝΑ
1979

002
WNE
ET2B
2154

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ὁ Εὐγένιος Εὐγενίδης, ὁ ιδρυτής καί χορηγός τοῦ «Ἰδρύματος Εὐγενίδου», πολὺ νωρὶς πρόβλεψε καί σχημάτισε τὴν πεποίθησιν ὅτι ἡ ἄρτια κατάρτιση τῶν τεχνικῶν μας, σέ συνδυασμὸ μὲ τὴν ἐθνικὴ ἀγωγή, θά ἦταν ἀναγκαῖος καί ἀποφασιστικὸς παράγοντας τῆς προόδου τοῦ ἔθνους μας.

Τὴν πεποίθησίν του αὐτὴ ὁ Εὐγενίδης ἐκδήλωσε μὲ τὴ γενναιοφρονα πράξιν εὐεργεσίας, νὰ κληροδοτήσῃ σεβαστὸ ποσὸ γιὰ τὴ σύστασιν Ἰδρύματος πού θά εἶχε σκοπὸ νὰ συμβάλλῃ στὴν τεχνικὴ ἐκπαίδευση τῶν νέων τῆς Ἑλλάδας.

Ἔτσι τὸ Φεβρουάριον τοῦ 1956 συστήθηκε τὸ «Ἰδρυμα Εὐγενίδου», τοῦ ὁποίου τὴν διοίκησιν ἀνέλαβε ἡ ἀδελφὴ του κυρία Μαριάνθη Σίμου, σύμφωνα μὲ τὴν ἐπιθυμίαν τοῦ διαθέτη.

Ἀπὸ τὸ 1956 μέχρι σήμερα ἡ συμβολὴ τοῦ Ἰδρύματος στὴν τεχνικὴ ἐκπαίδευσιν πραγματοποιεῖται μὲ διάφορες δραστηριότητες. Ὅμως ἀπ' αὐτές ἡ σημαντικότερη, πού κρίθηκε ἀπὸ τὴν ἀρχὴ ὡς πρῶτης ἀνάγκης, εἶναι ἡ ἐκδόσις βιβλίων γιὰ τοὺς μαθητὲς τῶν τεχνικῶν σχολῶν.

Μέχρι σήμερα ἐκδόθηκαν 150 τόμοι βιβλίων, πού ἔχουν διατεθεῖ σέ πολλὰ ἐκατομμύρια τεύχη, καί καλύπτουν ἀνάγκες τῶν Κατώτερων καί Μέσων Τεχνικῶν Σχολῶν τοῦ Ὑπ. Παιδείας, τῶν Σχολῶν τοῦ Ὁργανισμοῦ Ἀπασχολήσεως Ἑργατικῶν Δυναμικῶν (ΟΑΕΔ) καί τῶν Δημοσίων Σχολῶν Ἑμπορικοῦ Ναυτικοῦ.

Μοναδικὴ φροντίδα τοῦ Ἰδρύματος σ' αὐτὴ τὴν ἐκδοτικὴν του προσπάθειαν ἦταν καί εἶναι ἡ ποιότητα τῶν βιβλίων, ἀπὸ ἀποψη ὅχι μόνον ἐπιστημονικὴ, παιδαγωγικὴ καί γλωσσικὴ, ἀλλὰ καί ἀπὸ ἀποψη ἐμφανίσεως, ὥστε τὸ βιβλίον νὰ ἀγαπηθεῖ ἀπὸ τοὺς νέους.

Γιὰ τὴν ἐπιστημονικὴ καί παιδαγωγικὴ ποιότητα τῶν βιβλίων, τὰ κείμενα ὑποβάλλονται σέ πολλές ἐπεξεργασίες καί βελτιώνονται πρὶν ἀπὸ κάθε νέα ἐκδόσις.

Ἰδιαίτερη σημασία ἀπέδωκε τὸ Ἰδρυμα ἀπὸ τὴν ἀρχὴ στὴν ποιότητα τῶν βιβλίων ἀπὸ γλωσσικὴ ἀποψη, γιατί πιστεύει ὅτι καί τὰ τεχνικὰ βιβλία, ὅταν εἶναι γραμμένα σέ γλῶσσα ἄρτια καί ὁμοιόμορφη ἀλλὰ καί κατάλληλη γιὰ τὴ στάθμην τῶν μαθητῶν, μποροῦν νὰ συμβάλλουν στὴν γλωσσικὴ διαπαιδαγύγησιν τῶν μαθητῶν.

Ἔτσι μὲ ἀπόφασιν πού ἀρθῆκε ἤδη ἀπὸ τὸ 1956 ὅλα τὰ βιβλία τῆς Βιβλιοθήκης τοῦ Τεχνίτη, δηλαδὴ τὰ βιβλία γιὰ τίς Κατώτερες Τεχνικὲς Σχολές, ὅπως ἀργότερα καί γιὰ τίς Σχολές τοῦ ΟΑΕΔ, εἶναι γραμμένα σέ γλῶσσα δημοτικὴ μὲ βάση τὴν γραμματικὴν τοῦ Τριανταφυλλίδη, ἐνῶ ὅλα τὰ ἄλλα βιβλία εἶναι γραμμένα στὴν ἀπλὴ καθαρεύουσα. Ἡ γλωσσικὴ ἐπεξεργασία τῶν βιβλίων γίνεται ἀπὸ φιλόλογους τοῦ Ἰδρύματος καί ἔτσι ἐξασφαλίζεται ἡ ἐνιαία σύνταξιν καί ὁρολογία καθέ κατηγορίας βιβλίων.

Ἡ ποιότητα τοῦ χαρτιοῦ, τὸ εἶδος τῶν τυπογραφικῶν στοιχείων, τὰ σωστά σχήματα καὶ ἡ καλαίσθητη σελιδοποίηση, τὸ ἐξώφυλλο καὶ τὸ μέγεθος τοῦ βιβλίου περιλαμβάνονται καὶ αὐτὰ στίς φροντίδες τοῦ Ἰδρύματος.

Τὸ Ἰδρυμα θεώρησε ὅτι εἶναι ὑποχρέωσή του, σύμφωνα μέ τὸ πνεῦμα τοῦ ἰδρυτῆ του, νὰ θέσει στήν διάθεση τοῦ Κράτους ὅλη αὐτὴ τὴν πείρα του τῶν 20 ἐτῶν, ἀναλαμβάνοντας τὴν ἔκδοση τῶν βιβλίων καὶ γιὰ τίς νέες Τεχνικὲς καὶ Ἑπαγγελματικές Σχολές καὶ τὰ νέα Τεχνικά καὶ Ἑπαγγελματικά Λύκεια, σύμφωνα μέ τὰ Ἀναλυτικά Προγράμματα τοῦ Κ.Ε.Μ.Ε.

Τὰ χρονικά περιθώρια γι' αὐτὴ τὴν νέα ἐκδοτικὴ προσπάθεια ἦταν πολὺ περιορισμένα καὶ ἴσως γι' αὐτό, ἰδίως τὰ πρῶτα βιβλία αὐτῆς τῆς σειρᾶς, νὰ παρουσιάσουν ἀτέλειες στὴ συγγραφή ἢ στὴν ἐκτύπωση, ποὺ θὰ διορθωθοῦν στὴ νέα τους ἔκδοση. Γι' αὐτό τὸ σκοπὸ ἐπικαλούμαστε τὴν βοήθεια ὧν ὅσων θὰ χρησιμοποιοῦσαν τὰ βιβλία, ὥστε νὰ μᾶς γνωστοποιήσουν κάθε παρατήρησή τους γιὰ νὰ συμβάλλουν καὶ αὐτοὶ στὴ βελτίωση τῶν βιβλίων.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ἀλέξανδρος Ι. Παπᾶς, Ὁμ. Καθηγητῆς ΕΜΠ, Πρόεδρος.

Χρυσόστομος Φ. Καβουνίδης, Διπλ. Μηχ.-Ἠλ. ΕΜΠ, Ἀντιπρόεδρος.

Μιχαὴλ Γ. Ἀγγελόπουλος, Τακτικὸς Καθηγητῆς ΕΜΠ, Διοικητῆς ΔΕΗ.

Παναγιώτης Χατζηγιάννου, Μηχ.-Ἠλ. ΕΜΠ, Γεν. Δ/ντῆς Ἐπαγ/κῆς Ἑκπ. Ὑπ. Παιδείας.

Ἐπιστημ. Σύμβουλος, Γ. Ροῦσσος, Χημ.-Μηχ. ΕΜΠ.

Σύμβουλος ἐπὶ τῶν ἐκδόσεων τοῦ Ἰδρύματος **Κ.Α. Μανάφης**, Καθηγητῆς Φιλοσοφικῆς Σχολῆς Παν/αίου Ἀθηνῶν.

Γραμματεὺς, **Δ.Π. Μεγαρίτης**.

Διατελέσαντα μέλη ἢ σύμβουλοι τῆς Ἐπιτροπῆς

Γεώργιος Κακριδῆς † (1955 — 1959) Καθηγητῆς ΕΜΠ. **Ἄγγελος Καλογεράς** † (1957 — 1970)

Καθηγητῆς ΕΜΠ, **Δημήτριος Νιάνιαν** (1957 — 1965) Καθηγητῆς ΕΜΠ, **Μιχαὴλ Σπεταιέρης**

(1956 — 1959), **Νικόλαος Βασιώτης** (1960 — 1967) Θεόδωρος Κουζέλης (1968 — 1976)

Μηχ.-Ἠλ. ΕΜΠ.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τό βιβλίο αυτό είναι εργαστηριακό βοήθημα. Ἡ χρήση του προϋποθέτει τήν ὑπαρξή ὀργανωμένου εργαστηριακοῦ χώρου μέ τά ἀπαραίτητα μέσα, δηλαδή μέ τά ἀνάλογα ὄργανα καί συσκευές (ἀσκήσεις).

Οἱ πενήντα (50) ἀσκήσεις, πού περιέχει, καλύπτουν μεγάλο μέρος τῶν Ἠλεκτρονικῶν ἐφαρμογῶν καί στηρίζονται στίς θεωρητικές γνώσεις, πού θά ἔχουν οἱ μαθητές. Ὁ σκοπός τῆς διεξαγωγῆς τους εἶναι κυρίως ἡ ἐμπέδωση τῶν θεωρητικῶν αὐτῶν γνώσεων πού παρέχει τό μάθημα τῶν Ἠλεκτρονικῶν. Ἀκόμα συντελεῖ στήν καλή γνωριμία μέ τά βασικά τουλάχιστον ἀπό τά τόσα πολλά σέ ἀριθμό καί ποικιλία ἠλεκτρονικά ὄργανα, πού ἡ σωστή τους χρήση αὐξάνει τήν τεχνική πείρα καί τή δεξιότητά τοῦ μαθητῆ.

Ἡ σειρά, μέ τήν ὁποῖαν οἱ ἀσκήσεις θά πραγματοποιηθοῦν σέ κάθε Τεχνικό Λύκειο, θά ρυθμισθεῖ ἀπό τόν ὑπεύθυνο τοῦ Ἐργαστηρίου μέ ὁδηγό τή διδασκαλία τοῦ θεωρητικοῦ μέρους τοῦ μαθήματος τῶν Ἠλεκτρονικῶν καί σέ συνάρτηση μέ τόν ἐξοπλισμό καί τήν ὀργάνωση τοῦ σχολικοῦ Ἐργαστηρίου.

Πολλές ἀπό τίς ἀσκήσεις αὐτές ἀπαιτοῦν πλήρες δῖωρο ἢ καί τρίωρο γιά τή διεξαγωγή τους. Ἄλλες ὅμως εἶναι μικρές καί θά μπορούσαν νά γίνουν ἀνά δύο ἢ καί ἀνά τρεῖς στήν ἴδια ἐργαστηριακή περίοδο. Ἐκεῖνο πού πρέπει ἰδιαίτερα νά προσεχθεῖ εἶναι ἡ σωστή καί ὀλοκληρωμένη συμμετοχή τῶν μαθητῶν στή διεξαγωγή τῶν ἀσκήσεων. Ὅλοι οἱ μαθητές (ὅπως θά εἶναι χωρισμένοι σέ ὁμάδες) θά πρέπει νά χρησιμοποιοῦν προσωπικά ὁ καθένας τά ὄργανα καί νά προβαίνουν στίς δέουσες μετρήσεις. Στό τέλος ὅλοι θά πρέπει νά γράφουν μιά πλήρη ἔκθεση μέ τίς παρατηρήσεις καί τά ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων στό εἰδικό «Τετράδιο Ἐργαστηριακῶν Ἀσκήσεων», ἀπαραίτητο γιά κάθε μαθητή. Χωρίς αὐτή τή διαδικασία ἡ ἐργαστηριακή ἀπασχόληση δέν θά ἀσφαλίσαι τήν οὐσιαστική κατοχύρωση τῶν γνώσεων. Ἀντίθετα, ἡ προγραμματισμένη καί μέ μεθοδικό τρόπο διεξαγωγή τῶν μετρήσεων καί παρατηρήσεων, πού ζητεῖται μέ κάθε ἀσκηση, θά θεμελιώσκει τή γνώση, θά ἀναπτύξει τήν ἀγάπη τοῦ μαθητῆ γιά τό σύνολο τοῦ μαθήματος, θά κεντρίσει τό ἐνδιαφέρον γιά πειραματική πράξη, θά ἐνισχύσει τά ἐνδιαφέροντά του γιά κατασκευές καί ἔρευνα καί θά τοῦ δημιουργήσει ἀληθινή ἐφεση γιά μάθηση καί πρόοδο.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ – ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

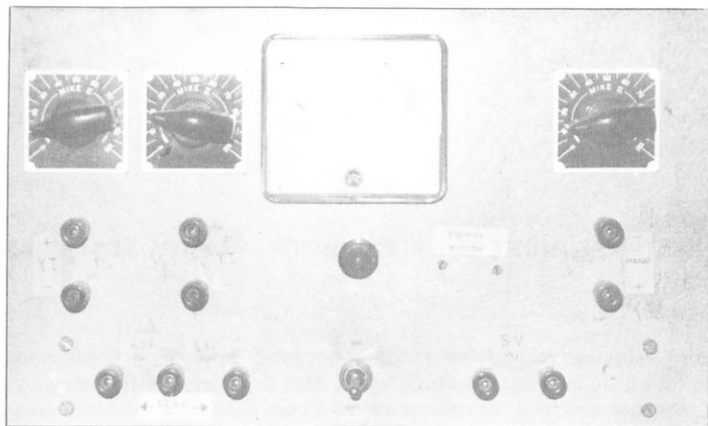
1.1 Γενικά.

Γιά τή διεξαγωγή τῶν ἀσκήσεων στό ἠλεκτρονικό Ἐργαστήριο χρειάζονται διάφορες τάσεις. Τό ἴδιο ἐξάλλου συμβαίνει σέ ὅλες τίς ἠλεκτρονικές συσκευές, οἱ ὁποῖες, παρ' ὅλο πού τροφοδοτοῦνται ἀπό τό δίκτυο (220 βόλτ, ἐναλλασσόμενο) ἐσωτερικά, στά διάφορα σημεῖα τῶν κυκλωμάτων τους, χρειάζονται ποικίλες τάσεις συνεχοῦς μορφῆς ἢ καί, σέ σπάνιες περιπτώσεις, ἐναλλασσόμενης. Ἐτσι προκύπτει ἡ ἀνάγκη τῶν τροφοτικῶν συσκευῶν, οἱ ὁποῖες ἀπό τά 220 βόλτ τοῦ δικτύου τῆς ΔΕΗ ἐξασφαλίζουν μέ κατάλληλη μετατροπή τίς ἀπαιτούμενες κάθε φορά συνεχεῖς τάσεις.

Τά τροφοδοτικά πού χρησιμοποιοῦνται στά ἠλεκτρονικά Ἐργαστήρια μποροῦν νά διακριθοῦν σέ τροφοδοτικά ὑψηλῆς συνεχοῦς τάσεως (π.χ. ὡς 400 V) καί σέ τροφοδοτικά χαμηλῆς συνεχοῦς τάσεως (π.χ. ὡς 15 ἢ 30 ἢ 50 V). Ἡ μελέτη τῶν κυκλωμάτων τέτοιων τροφοδοτικῶν μπορεῖ νά γίνει ἀργότερα, ἀφοῦ πραγματοποιηθοῦν οἱ ἀσκήσεις 16, 17, 18 καί 21 γιά τήν ἀνόρθωση καί τή σταθεροποίηση τῶν τάσεων. Στήν ἀσκηση αὕτη ἐξετάζεται ἡ χρήση τῶν τροφοδοτικῶν (ἀναγνώριση καί χειρισμός τῶν «κουμπιών») γιά τήν ἐξυπηρέτηση τῶν ἠλεκτρονικῶν ἀσκήσεων, πού ὅλες τους σχεδόν χρειάζονται διαφορετικές τάσεις ἀπό τά 220 βόλτ τοῦ δικτύου.

Στά σχήματα 1.1α, 1.1β, 1.1γ, 1.1δ, 1.1ε καί 1.1στ φαίνονται οἱ προσόψεις ἀντισπροσωπευτικῶν τροφοδοτικῶν καί σημειώνονται τά χαρακτηριστικά τοῦ καθενός. Ὅλα εἶναι ἐλληνικῆς κατασκευῆς καί μάλιστα Ἐργαστηρίων Τεχνικῶν Σχολῶν, ἐκτός ἀπό τό σχῆμα 1.1ε, πού εἶναι κατασκευῆ τῶν ἠλεκτρονικῶν Ἐργαστηρίων τοῦ κέντρου ἐρευνῶν ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ.

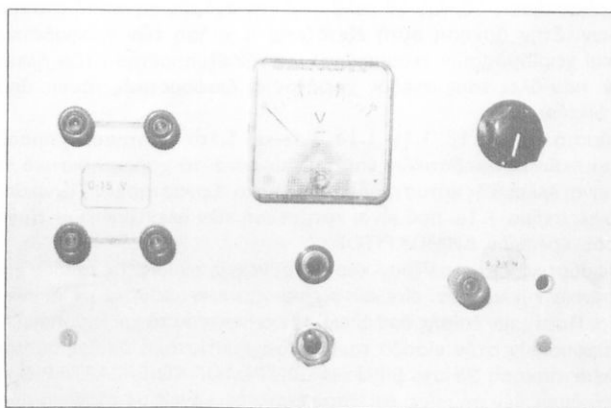
Τά τροφοδοτικά ἐξασφαλίζουν κυρίως συνεχεῖς τάσεις, τίς ὁποῖες χρειάζονται τά ἠλεκτρονικά κυκλώματα, εἴτε αὐτά εἶναι κατασκευασμένα μέ λυχνίες εἴτε μέ τρανζίστορ. Παρέχουν ἐπίσης ἀσφάλεια σέ ἐκεῖνον πού τά χρησιμοποιεῖ, γιατί πάντοτε χρησιμοποιοῦν στήν εἰσοδό τους μετασχηματιστή, ὁ ὁποῖος ἀπομονώνει τό δίκτυο (βλέπε ἀσκηση 35 στό βιβλίο ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ τῆς Α' Τάξεως). Αὐτό ὁμως δέν σημαίνει ὅτι, ὅταν δουλεῖ κανεῖς μέ τάσεις πού παίρνει ἀπό κάποιο τροφοδοτικό, δέν διατρέχει κανένα κίνδυνο. Ὁ κίνδυνος ὑπάρχει πάντοτε γιά ὅποιον δέν προσέχει, γιατί τό κύκλωμα τοῦ τροφοδοτικοῦ πού χρησιμοποιεῖ μπορεῖ νά μὴ εἶναι μέ ἐπιμέλεια κατασκευασμένο ἢ μπορεῖ νά ἔχει κάποια βλάβη. Ἐπίσης, παρ' ὅλο πού τό τροφοδοτικό ἔχει μετασχηματιστή στήν εἰσοδό του, πού τό ἀπομονώνει ἀπό τό δίκτυο, εἶναι πιθανό κατὰ τήν τροφοδότηση τοῦ κυ-



Σχ. 1.1α.

Τροφοδοτικό με τρεις ακόλουθες παροχές:

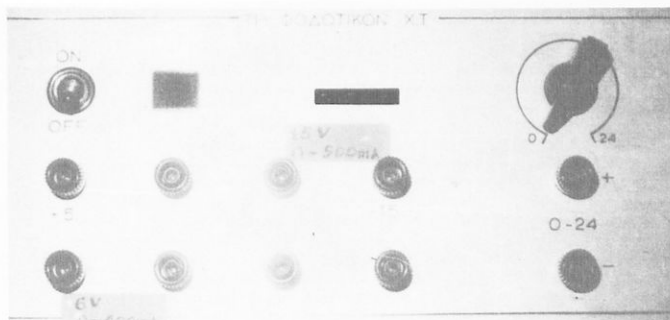
- α) 0 - 300 V/0,1 A. Συνεχής τάση που μπορεί να μεταβάλλεται από 0 ως 300 V με ρεύμα ως 0,1 A. Δύο παροχές, β) 0 - 100 V/10 mA. Συνεχής τάση ως 100 V με ρεύμα ως 10 mA. γ) 6,3 V/4 A. Έναλλασσόμενη σταθερή τάση 6,3 V με ρεύμα ως 4 A. δ) 12,6 V/4 A. Έναλλασσόμενη σταθερή τάση 12,6 V. ε) 5 V/6 A. Έναλλασσόμενη σταθερή τάση 5 V.



Σχ. 1.1β.

Τροφοδοτικό χαμηλής τάσεως:

- α) 0 - 15 V/0,5 A. Συνεχής σταθεροποιημένη τάση για κυκλώματα τρανζίστορ. β) 6,3 V/4 V. Έναλλασσόμενη σταθερή τάση 6,3 V.



Σχ. 1.1γ.

Τροφοδοτικό συνεχών χαμηλών τάσεων με παροχές:

- α) 5 V/0,5 A. Συνεχής σταθερή τάση 5 V. β) 6 V/0,4 A. Συνεχής σταθερή τάση 6 V. γ) 15 V/0,5 A. Συνεχής σταθερή τάση 15 V. δ) 0 - 24 V/0,3 A. Συνεχής τάση που μπορεί να μεταβάλλεται από 0 ως 24 V με ρεύμα ως 0,3 A.



Σχ. 1.1δ.

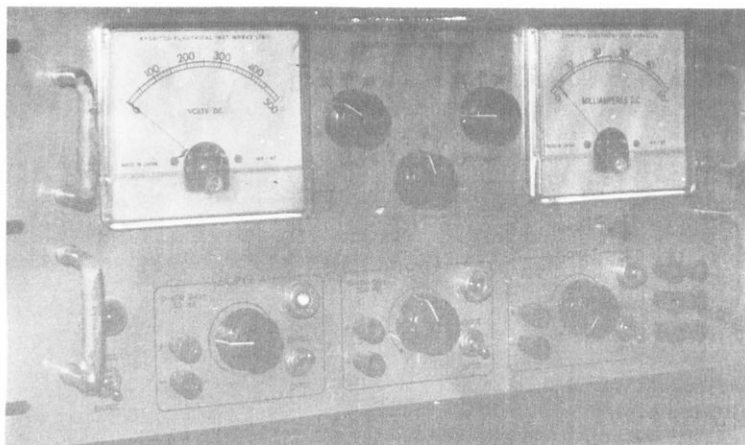
Τροφοδοτικό ποικίλων παροχών:

- α) 0 - 300 V, με μεταβολή ανά 1 V και με ρεύμα ως 0,2 A. β) 0 - 80 V/30 mA. Συνεχής τάση μέχρι 80 V για πολώσεις. γ) 6,3 V/3 A. Έναλλασσόμενη σταθερή τάση 6,3 V.

κλώματος κάποιας άσκησης να επικρατεί σέ δύο σημεία του διαφορά δυναμικού, επικίνδυνη για τόν άνθρωπο. "Ας μήν ξεχνάμε ότι τάσεις πάνω από 50 περίπου βόλτ θεωρούνται επικίνδυνες. Γι' αυτό λοιπόν, τόσο εδώ στο Έργαστήριο του σχολείου, όσο καί στή δουλειά του ο καθένας έξω από αυτό, πρέπει πάντοτε να προσέχει όταν δουλεύει με συσκευές υπό τάση.

1.2 Έργασία.

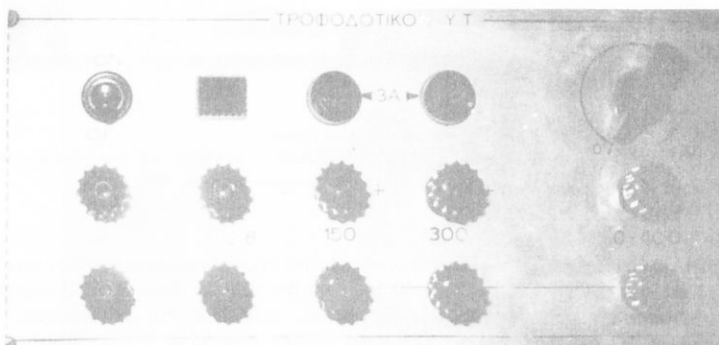
- 1) Νά σχεδιασθούν οι προσόψεις των τροφοδοτικών που δίνονται στήν άσκηση.



Σχ. 1.1ε.

Τροφοδοτικό πολλών παροχών:

- α) 0 - 400 V/50 mA. Συνεχής τάση που μπορεί να μεταβάλλεται από 0 - 400 V. β) 0 - 400 V/200 mA. Συνεχής τάση που μπορεί να μεταβάλλεται από 0 - 400 V. γ) 0 - 400 V/400 mA. Συνεχής τάση που μπορεί να μεταβάλλεται από 0 - 400 V. δ) 6,3 V /5 A. Έναλλασσόμενη τάση. ε) 12,6 V/5 A. Έναλλασσόμενη τάση.



Σχ. 1.1στ.

Τροφοδοτικό υψηλών τάσεων:

- α) 150 V/50 mA. Συνεχής σταθερή τάση. β) 300 V/50 mA. Συνεχής σταθερή τάση. γ) 0 - 400 V/300 mA. Συνεχής τάση που μπορεί να μεταβάλλεται από 0 ως 400 V με ρεύμα ως 0,3 A. δ) 6,3 V/3 A. Έναλλασσόμενη τάση. ε) 12,6 V/3 A. Έναλλασσόμενη τάση.

2) Νά γραφούν τά χαρακτηριστικά κάθε τροφοδοτικού (οί τάσεις πού δίνει τό καθένα). Έπάνω στίς προσόψεις νά σημειωθεί τί δουλειά κάνει τό κάθε κουμπί.

3) Μέ βάση τά κατασκευαστικά σχέδια τών τροφοδοτικών τής άσκήσεως, πού θά δοθούν από τόν καθηγητή του Έργαστηρίου, νά συμπληρωθούν όλα τά χαρακτηριστικά (μορφή καί μέγεθος τάσεων καί ρευμάτων).

4) Νά έπαληθευθούν τά χαρακτηριστικά κάθε τροφοδοτικού μέ μετρήσεις πού θά γίνουν μέ βολτόμετρο, άφοϋ τεθεί τό τροφοτικό υπό τάση (σύνδεση στο δί-κτυο).

Προσοχή: Οί μετρήσεις θά γίνουν άφοϋ πρώτα ό καθηγητής τών Έργαστηρίων έξετάσει τίς άπαντήσεις στίς προηγούμενες έρωτήσεις καί άφοϋ έγκρίνει τή σύνδεση του τροφοδοτικού καί τών άλλων όργάνων τής άσκήσεως.

ΑΣΚΗΣΗ 2

ΠΟΛΥΜΕΤΡΑ

2.1 Κύκλωμα βολτομέτρου για τή μέτρηση έναλλασσομένων τάσεων.

Τό πολύμετρο είναι ένα σύνθετο όργανο πού χρησιμοποιείται για τή μέτρηση **τάσεων**, **έντάσεων**, καί **άντιστάσεων**, είναι δηλαδή συνδυασμός βολτομέτρου, αμπερομέτρου καί ωμομέτρου.

Στίς άσκήσεις 20, 21 καί 22 του βιβλίου σας ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ τής Α΄ Τάξεως εξετάσθηκε αναλυτικά ή λειτουργία των οργάνων αυτών καί στην άσκηση 23 εξετάσθηκε καί τό πολύμετρο. Γι' αυτό μία επανάληψη των τεσσάρων αυτών άσκήσεων θά βοηθοῦσε ὥστε νά ξαναθυμηθεῖ ὁ μαθητής τίς βασικές αρχές καί ἔτσι νά καταλάβει καλύτερα τή σημερινή άσκηση, πού ολοκληρώνει τή μελέτη του πολυμέτρου.

Τά πολύμετρα μετρᾶνε συνεχή καί έναλλασσόμενα μεγέθη τάσεων καί εντάσεων καθώς καί αντίστασεις. Στίς άσκήσεις πού αναφέρθηκαν προηγουμένως εξετάζονται ὅλες αὐτές οἱ περιπτώσεις, ἑκτός ἀπό τή μέτρηση των έναλλασσομένων μεγεθών. Σέ αὐτή τήν άσκηση θά εξετασθεῖ ή επέκταση του πολυμέτρου για μετρήσεις έναλλασσομένων τάσεων.

“Ένα βασικό όργανο D' Arsonval (τέτοια ἔχουν ὅλα τά πολύμετρα) μπορεῖ νά μετρήσει συνεχεῖς τάσεις, δέν μπορεῖ ὅμως νά μετρήσει τάσεις έναλλασσόμενες. Για νά γίνει μέτρηση έναλλασσόμενης τάσεως μέ τέτοιο όργανο, πρέπει πρῶτα ή πρὸς μέτρηση έναλλασσόμενη τάση νά ἀνορθωθεῖ, δηλαδή νά μετατραπεί σέ τάση συνεχή.

Στά κυκλώματα των πολυμέτρων ή μετατροπή του έναλλασσόμενου σέ συνεχές γίνεται μόνο κατά τή μέτρηση, χωρίς νά ἐπηρεάζεται ή μορφή τής μετρούμενης τάσεως στό κύκλωμα, ή ὁποία παραμένει έναλλασσόμενη.

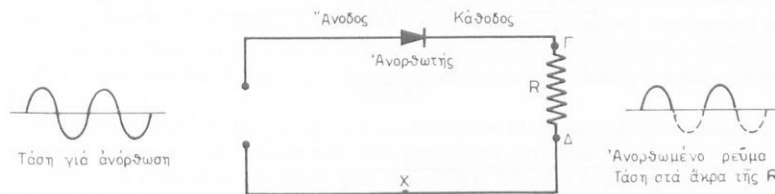
Ἡ διαδικασία τής ἀνορθώσεως εξετάζεται στίς άσκήσεις 16 καί 17 αὐτοῦ του βιβλίου. Για νά ολοκληρωθεῖ ὅμως ή μελέτη του πολυμέτρου καί μέχρις ὅτου γίνουν οἱ άσκήσεις αὐτές, δίνονται μερικές πληροφορίες για τά κυκλώματα ἀνορθώσεως στά πολύμετρα.

“Ένα ἀπλό κύκλωμα ἀνορθώσεως παριστάνεται στό σχήμα 2.1α.

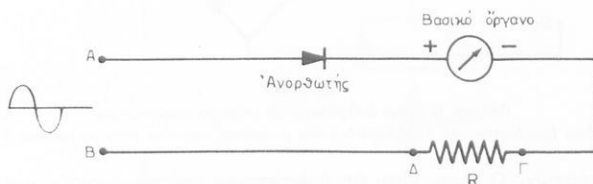
Ἡ ἀνορθωτής, πού τά δύο του άκρα διακρίνονται σέ **ἀνοδο** καί **κάθοδο**, ἔχει τήν ἀκόλουθη ιδιότητα: Ὅταν ἐφαρμόζεται έναλλασσόμενη τάση στά σημεία Α - Β, ἐπιτρέπει τή διέλευση ρεύματος κατά τή μία διεύθυνση, ἀπό τήν κάθοδο πρὸς τήν ἀνοδο, ἀλλά ὄχι καί ἀντίθετα, γιατί κατά τήν ἀντίθετη διεύθυνση παρουσιάζει πολύ μεγάλη ἀντίσταση. Τό ἀποτέλεσμα ἀπό τήν κυκλοφορία του ρεύματος αὐτοῦ τής

μιάς ημιπεριόδου είναι η εμφάνιση τάσεως (πτώση τάσεως στην R) στα σημεία $\Gamma - \Delta$ με τη μορφή που φαίνεται στο σχήμα 2.1α· παραμένουν δηλαδή τά θετικά ημικύματα της τάσεως που εφαρμόζεται προς ανόρθωση στα σημεία $A - B$.

Αυτός ο τρόπος ανορθώσεως λέγεται απλή ανόρθωση και η μέση τιμή της τάσεως των παλμών (των θετικών ημικυμάτων), δηλαδή της **άνορθωμένης** τάσεως, είναι ανάλογη προς την τάση που επικρατεί στα σημεία $A - B$. "Αν τώρα σε όποιοδήποτε σημείο του κυκλώματος (π.χ. στο σημείο X) παρεμβάλουμε ένα όργανο D' Arsonval, ή βελόνα του θα αποκλίνει ανάλογα με τη μέση τιμή της ανορθωμέ-



Σχ. 2.1α.



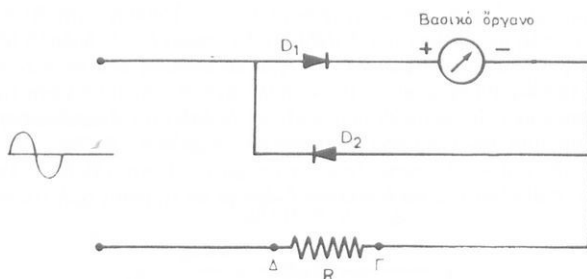
Σχ. 2.1β.

νης τάσεως. Έτσι λοιπόν η κλίμακα του βασικού οργάνου του πολυμέτρου μπορεί να βαθμονομηθεί και να δείχνει εναλλασσόμενες τάσεις (και μάλιστα την ενεργό τους τιμή), ενώ το όργανο διεγείρεται μόνο από τους θετικούς παλμούς της μετρούμενης εναλλασσόμενης τάσεως. Το απλούστερο κύκλωμα βολτομέτρου που μετρά εναλλασσόμενη τάση φαίνεται στο σχήμα 2.1β.

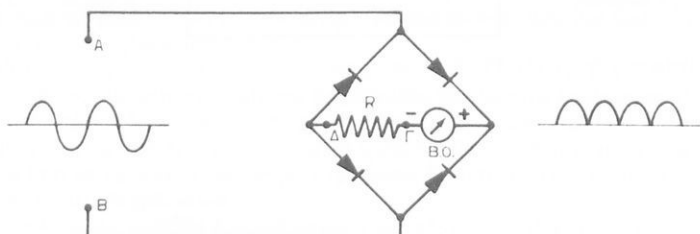
Στο κύκλωμα αυτό μπορεί να υπάρχει και δεύτερος ανορθωτής D_2 (σχ. 2.1γ). Το ρεύμα στο όργανο κυκλοφορεί πάλι μόνο κατά τη μία ημιπερίοδο, όποτε έχουμε απλή ανόρθωση. Ο δεύτερος ανορθωτής D_2 , επιτρέπει την ελεύθερη διέλευση του ρεύματος, εκτός οργάνου, κατά την αρνητική ημιπερίοδο και απλώς προστατεύει τον πρώτο ανορθωτή D_1 από τυχόν υπερβολική ανάστροφη τάση.

Ένα άλλο κύκλωμα ανορθώσεως που χρησιμοποιείται επίσης στα πολύμετρα είναι το κύκλωμα με γέφυρα (σχ. 2.1δ).

Τά κοινά πολύμετρα δέν διαθέτουν συνήθως κλίμακες για τη μέτρηση εναλλασσομένων ρευμάτων, ενώ έχουν τις απαραίτητες κλίμακες για τη μέτρηση εναλλασ-



Σχ. 2.1γ.



Σχ. 2.1δ.

Πλήρης ή διπλή ανόρθωση με γέφυρα ανορθωτών.

Καί τὰ δύο ημικύματα τοῦ ἐναλλασσόμενου ρεύματος περνᾶνε ἀπὸ τὸ βασικό ὄργανο.

σομένων τάσεων. Ὁ λόγος εἶναι ὅτι ἡ ἀντίσταση ποῦ παρουσιάζει ὁ ἀνορθωτής καί τὸ βασικό ὄργανο μπορεῖ νά εἶναι πολὺ μεγάλη σέ σύγκριση μέ τήν ἀντίσταση τοῦ ὁποιοῦδήποτε κυκλώματος στό ὁποῖο θέλουμε νά μετρήσουμε τὸ ρεῦμα καί ἐπομένως δέν θά ἔχομε σωστές μετρήσεις.

Φυσικά ὑπάρχουν βασικά ὄργανα εἰδικῆς κατασκευῆς (ὄχι D' Arsonval) γιά μέτρηση σχετικά ἰσχυρῶν ἐναλλασσόμενων ρευμάτων ἀπευθείας (δίχως ἀνορθωτή), ἀλλά δέν ἐνδιαφέρουν τοὺς ἠλεκτρονικούς, γιατί τὰ ρεύματα τῶν ἠλεκτρονικῶν κυκλωμάτων εἶναι μικρῆς ἐντάσεως. Ἀν πάλι χρειασθεῖ νά μετρήσουμε ἐναλλασσόμενο ρεῦμα σέ ἓνα ἠλεκτρονικό κύκλωμα, μπορούμε νά μετρήσουμε τήν ἐναλλασσόμενη τάση στά ἄκρα μιᾶς γνωστῆς ἀντιστάσεως τοῦ κυκλώματος καί μέ τὸ νόμο τοῦ "Ὠμ, ποῦ ἰσχύει καί στό ἐναλλασσόμενο ρεῦμα, νά ὑπολογίσουμε τήν ἐνταση τοῦ ρεύματος.

Τὰ κοινὰ πολύμετρα παρέχουν συνήθως ἀκρίβεια 3 ὡς 5% καί αὐτό εἶναι ἀρκετὰ ἱκανοποιητικό στίς μετρήσεις, π.χ. σέ ἓνα ἐργαστήριο ἐπισκευῶν. Φυσικά δέν πρέπει νά ξεχνᾶμε πῶς ἡ ἐκλογή τῆς κατάλληλης κλίμακας τοῦ πολυμέτρου βελτιώνει τήν ἀκρίβεια τῆς μετρήσεως, γιατί βέβαια δέν μπορεῖ κανεῖς νά μετρά π.χ. στήν κλίμακα τῶν 250 V μιά τάση 5 ἢ 10 V. Ἐπίσης τὰ κοινὰ πολύμετρα εἶναι ἀκατάλληλα γιά μετρήσεις σέ κυκλώματα ποῦ ἐπικρατοῦν συχνότητες πάνω ἀπὸ τίς λεγόμε-

νες Βιομηχανικές (π.χ. πάνω από τούς 200 Hz). Για μεγαλύτερες συχνότητες χρησιμοποιούμε τά ηλεκτρονικά πολύμετρα.

Καί στis μετρήσεις αντιστάσεων έχομε επίσης ανάλογη ακρίβεια μέ τά κοινά πολύμετρα. Άν θέλομε ακρίβεια μεγαλύτερη, πρέπει νά χρησιμοποιούμε γέφυρες μετρήσεως αντιστάσεων.

2.2 Έργασία.

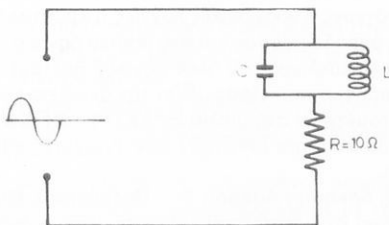
1) Νά ανοιχθεί τό πολύμετρο τής άσκήσεως καί μέ τή βοήθεια του σχεδίου κατασκευής του πού θά δώσει ο καθηγητής των Έργαστηρίων, νά σχεδιασθεί τό κύκλωμα άνορθώσεως πού διαθέτει για τή μέτρηση έναλλασσομένων τάσεων.

2) Τί τύπο άνορθωτή έχει καί τί κύκλωμα χρησιμοποιεί; Άπλης ή διπλής άνορθώσεως;

3) Νά κλεισθεί τό πολύμετρο καί νά σχεδιασθούν οι κλίμακες έναλλασσομένων μεγεθών (τάσεων ή καί ρευμάτων) πού μπορεί νά μετρήσει.

4) Όταν ή βελόνα του όργάνου σας δείχνει π.χ. 50 βόλτ έναλλασσόμενο, ποιά τιμή τής έναλλασσόμενης τάσεως είναι; Μέγιστη, ένεργός ή μέση τιμή;

5) Στο κύκλωμα του σχήματος 2.2 κυκλοφορεί έναλλασσόμενο ρεύμα πού τό πολύμετρό μας δέν διαθέτει κλίμακα για νά τό μετρήσομε. Υποδείξτε τρόπο για έμμεση μέτρηση.



Σχ. 2.2.

6) Νά μετρηθούν διάφορες έναλλασσόμενες τάσεις από πηγές πού διαθέτει τό Έργαστήριο. Οί μετρήσεις νά γίνουν έκ περιτροπής από όλους τούς μαθητές, για νά άποκτήσουν όλοι εύχέρεια στή χρήση του πολυμέτρου.

7) Οί ίδιες τάσεις νά μετρηθούν σε διαφορετικές κλίμακες του όργάνου (δχι σε μικρότερες φυσικά), για νά διαπιστωθεί ή διαφορά ένδειξεων κάθε φορά.

ΑΣΚΗΣΗ 3

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΒΟΛΤΟΜΕΤΡΑ (Ήλεκτρονικά Πολύμετρα)

3.1 Γενικά.

Σέ όλες σχεδόν τίσ μετρήσεις οί τεχνικοί χρησιμοποιοῦν κοινά πολύμετρα μέ όλα τά μειονεκτήματα πού περιγράφονται στήν προηγούμενη άσκηση. Στίς περιπτώσεις όμως πού απαιτείται ακρίβεια στίς μετρήσεις, χρησιμοποιοῦνται ηλεκτρονικά βολτόμετρα. Οί ένδείξεις τῶν ηλεκτρονικῶν βολτομέτρων ανταποκρίνονται στήν πραγματική τιμή τῶν μεγεθῶν πού μετράμε.

Τό ηλεκτρονικό βολτόμετρο εἶναι βασικά ὁμοιο μέ τό πολύμετρο, ἐκτός ἀπό τό ὅτι ἔχει μία ἢ περισσότερες ηλεκτρονικές λυχνίες ἢ κρυσταλλοδίοδους καί τρανζίστορ ἀνάμεσα στούς ἀκροδέκτες του καί στό βασικό ὄργανο. Οί λυχνίες ἢ τά τρανζίστορ ἀπομονώνουν τό κύκλωμα τοῦ ηλεκτρονικοῦ βολτομέτρου ἀπό τό κύκλωμα στό ὁποῖο μετράμε, πράγμα πού ἐξασφαλίζει τήν ακρίβεια τῶν μετρήσεων (βλέπε άσκηση 21 περί βολτομέτρων στό βιβλίΟ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ). Ἐπίσης τά ηλεκτρονικά βολτόμετρα ἐνεργοῦν σάν ἐνισχυτές καί αὐξάνουν τήν εὐαισθησία τοῦ ὀργάνου.

Στήν προηγούμενη άσκηση (Άσκηση 2 — Πολύμετρα), εἶδαμε ὅτι τό κοινό πολύμετρο δέν ἐξυπηρετεῖ στίς ὑψηλές συχνότητες, γιατί ὁ ἀνορθωτής του δέν παρουσιάζει σταθερότητα λειτουργίας. Τό ηλεκτρονικό βολτόμετρο ὁμως, εἶτε δίοδο λυχνία διαθέτει εἶτε κρυσταλλοδίοδο, εἶναι κατάλληλο γι' αὐτές τίσ περιπτώσεις. Ἀκόμη καί παλιές κατασκευές ηλεκτρονικῶν βολτομέτρων μέ δίοδο λυχνία παλιοῦ τύπου ἐξυπηρετοῦν ικανοποιητικά σέ κυκλώματα μέ συχνότητες μέχρι δεκάδες MHz (Μεγάκυκλους).

Τά κύρια χαρακτηριστικά τῶν ηλεκτρονικῶν βολτομέτρων εἶναι:

1) Μεγάλη ἀντίσταση εἰσόδου (έσωτερική ἀντίσταση). Στό συνεχές ρεῦμα ἡ ἀντίσταση αὐτή εἶναι πάντοτε μεγαλύτερη ἀπό 10 ΜΩ καί σέ ὄργανα καλῆς ποιότητος φθάνει τά 50 καί 100 ΜΩ. Στό ἐναλλασσόμενο ρεῦμα ἡ ἀντίσταση εἰσόδου εἶναι 1 - 2 ΜΩ γιά τά ηλεκτρονικά βολτόμετρα μέ λυχνίες (VTVM — Vacuum tube volt meter) καί φθάνει τά 10 ΜΩ γιά τά ηλεκτρονικά βολτόμετρα μέ τρανζίστορ (SSVM — Solid state volt meter).

Τονίζεται, καί αὐτό ἔχει μεγάλη σημασία, ὅτι ἡ ἀντίσταση εἰσόδου τῶν ηλεκτρονικῶν βολτομέτρων εἶναι ἴδια σέ όλες τίσ κλίμακες τάσεων πού διαθέτουν.

2) Μετράνε πολύ μικρές τάσεις διατηρώντας πάντοτε σταθερή τή μεγάλη ἀντίσταση εἰσόδου. Σύγχρονα ηλεκτρονικά βολτόμετρα μέ τρανζίστορ ἐπιδράσεως πε-

δίου (FET — Field effect transistor) έχουν κλίμακες 0 - 5 mV και 0 - 5 μ A, πάντοτε με την ίδια αντίσταση εισόδου.

3) Τό κύκλωμα στά ηλεκτρονικά βολτόμετρα προστατεύει τό βασικό ὄργανο σέ περίπτωση πού θά γίνει λανθασμένη σύνδεση.

4) Γιά νά λειτουργήσουν τά ηλεκτρονικά βολτόμετρα, ἄν εἶναι μέ λυχνίες, πρέπει νά συνδεθοῦν στό δίκτυο. Τά ηλεκτρονικά βολτόμετρα μέ τρανζίστορ λειτουργοῦν μέ μικρές μπαταρίες καί σέ αὐτό πλεονεκτοῦν ἔναντι τῶν ηλεκτρονικῶν βολτομέτρων μέ λυχνίες, γιατί μεταφέρονται καί χρησιμοποιοῦνται εὐκολότερα. Ἀκόμη, εἶναι μικρότερα σέ μέγεθος καί ἐλαφρύτερα.

5) Τά ηλεκτρονικά βολτόμετρα (πολύμετρα) χρησιμοποιοῦνται καί γιά μετρήσεις ἀντιστάσεων καί μάλιστα δίνουν ἀκριβή ἀποτελέσματα, γιατί ἔχουν παράλληλο κύκλωμα ὤμομέτρου (βλέπε ἀσκηση 22 στό βιβλίο ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ τῆς Α΄ τάξεως).

Στή συνέχεια δίνονται γενικές πληροφορίες καί ὁδηγίες γιά τήν ὀρθή χρήση τῶν ηλεκτρονικῶν βολτομέτρων. Δέν ἐξετάζεται ἡ λειτουργία τῶν κυκλωμάτων τους, γιατί δέν εἶναι ἀκόμη γνωστή ἡ θεωρία τῶν ηλεκτρονικῶν λυχνιῶν καί τῶν τρανζίστορ.

3.2 Ὑποδείξεις χρήσεως ηλεκτρονικῶν βολτομέτρων μέ λυχνίες.

1) Μετά τή σύνδεση τοῦ ηλεκτρονικοῦ βολτομέτρου στό δίκτυο πρέπει νά περάσει ἕνα μικρό χρονικό διάστημα, μέχρι καί 5 λεπτά, γιά νά ζεσταθοῦν οἱ λυχνίες καί νά ἰσοροπήσει τό κύκλωμά του.

2) Γιά τήν ἀκριβή μέτρηση πρέπει νά γίνει προηγουμένως ρύθμιση τῆς ἀποκλίσεως τῆς βελόνας τοῦ ὀργάνου στήν κλίμακα πού θά χρησιμοποιηθεῖ γιά τή μέτρηση αὐτή.

3) Ἡ ρύθμιση τοῦ μηδενός (ὁ δείκτης τοῦ ὀργάνου ἀκριβῶς στό μηδέν) γίνεται μετά τή θέρμανση καί τήν ἰσορροπία τοῦ κυκλώματος μέ τή στροφή τοῦ εἰδικοῦ ρυθμιστῆ (ἕνα κουμπί πού ἀντιστοιχεῖ σέ ποτενσιόμετρο).

4) Γιά τή μέτρηση ἀντιστάσεων πρέπει νά γίνεται:

α) Ρύθμιση τοῦ μηδενός μέ βραχυκύκλωμα τῶν ἀκροδεκτῶν τοῦ ὀργάνου (μηδενική ἀντίσταση).

β) Ρύθμιση πλήρους ἀποκλίσεως τοῦ δείκτη (τῆς βελόνας), ὅταν τό κύκλωμα εἶναι ἀνοικτό (ἀκροδέκτες ἐλεύθεροι - ἀπειρη ἀντίσταση).

5) Μετά τή ρύθμιση πιθανόν ὁ δείκτης νά μὴ σταθεροποιηθεῖ στό μηδέν, ἀλλά νά δείχνει κάποια μικρή ἔνδειξη. Ἡ ἔνδειξη αὐτή δέν πρέπει νά ὑπολογίζεται, γιατί ἐξαφανίζεται μόλις οἱ ἀκροδέκτες συνδεθοῦν γιά μέτρηση.

6) Ὁ κοινός ἀκροδέκτης (τό —) πρέπει νά συνδέεται στό κοινό ἀρνητικό (σασσί) τοῦ κυκλώματος πού πρόκειται νά γίνει ἡ μέτρηση. Ἄν δέν συνδεθεῖ κανονικά, πιθανόν νά γίνει λανθασμένη μέτρηση, γιατί τό ὄργανο ἐπηρεάζεται ἀπό τήν ἐναλλασσόμενη τάση τοῦ δικτύου μέσω τῆς χωρητικότητας, ἡ ὁποία δημιουργεῖται μεταξύ αὐτοῦ καί τοῦ καλωδίου τροφοδοτήσεώς του.

7) Συνδέεται συνήθως πρῶτα ὁ κοινός (ἀρνητικός) ἀκροδέκτης καί ἔπειτα ὁ θετικός. Ὁ μαθητής δέν πρέπει νά ἀγγίζει τά μεταλλικά ἄκρα τῶν ἀκροδεκτῶν, ἀλλά νά τοῦς κρατᾷ ἀπό τίς μονώσεις.

8) Οι ένδειξεις των εναλλασσόμενων τάσεων αναφέρονται σε ένεργές (ένδεικνυμένες) τιμές και ισχύουν μόνο για ήμιτονοειδή μεγέθη.

Σημείωση. "Αν τό Έργαστήριο διαθέτει ηλεκτρονικό βολτόμετρο μέ τρανζίστορ, ό καθηγητής των Έργαστηρίων πρέπει νά δώσει συμπληρωματικές πληροφορίες.

3.3 Έργασία.

1) Νά σχεδιασθεϊ τό καντράν (όλες οι κλίμακες) τοῦ ηλεκτρονικοῦ βολτομέτρου τῆς άσκήσεως.

2) Νά αναφερθοῦν οι κλίμακες πού διαθέτει τό όργανο κατά κατηγορίες ("Ωμ, Βόλτ D.C, Βόλτ A.C κλπ.).

3) Νά τεθεϊ τό όργανο υπό τάση (τό φίς στήν πρίζα και ό διακόπτης έντός — ON) και νά γίνει ρύθμιση, μέ βάση τίς προηγούμενες οδηγίες, σε όλες τίς κλίμακες των βόλτ, μέ συνεχές και έναλλασσόμενο.

4) Άπό τίς παροχές μέ συνεχές και έναλλασσόμενο πού υπάρχουν στό Έργαστήριο νά μετρηθοῦν τρεϊς διαφορετικές τάσεις από κάθε είδος.

5) Οι μετρήσεις τῆς προηγούμενης έρωτήσεως νά επαναληφθοῦν μέ κοινό πολύμετρο και νά σχολιασθοῦν τυχόν διαφορές.

6) Νά γίνει ρύθμιση τῆς κλίμακας των "Ωμ (ρύθμιση τοῦ μηδενός και ρύθμιση σε πλήρη απόκλιση).

7) Νά μετρηθοῦν τρεϊς άντιστάσεις μέ τό ηλεκτρονικό βολτόμετρο και μέ κοινό πολύμετρο και νά συγκριθοῦν οι τιμές των δύο μετρήσεων μεταξύ τους και μέ έκεϊνες πού δίνουν τά χρώματα των άντιστάσεων. Νά δικαιολογηθοῦν οι διαφορές.

8) Νά έξηγηθεϊ, γιατί ή κλίμακα των "Ωμ στό ηλεκτρονικό όργανο έχει τήν ίδια φορά μέ τή κλίμακα των Βόλτ.

9) Τά κοινά βολτόμετρα έχουν διαφορετικές άντιστάσεις (έσωτερικές άντιστάσεις) στίς διάφορες κλίμακες. Τά ηλεκτρονικά βολτόμετρα έχουν τήν ίδια έσωτερική άντίσταση σε όλες τίς κλίμακες. Τί συμπέρασμα βγαίνει για τήν εύαισθησία των κοινών βολτομέτρων και των ηλεκτρονικῶν βολτομέτρων στίς διάφορες κλίμακές τους;

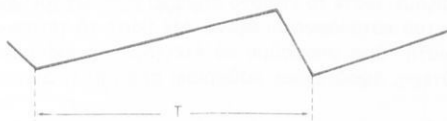
ΑΣΚΗΣΗ 4

ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΣ

4.1 Μετρήσεις τάσεως, συχνότητας και διαφορᾶς φάσεως.

Προϋπόθεση γιά τήν ἐπιτυχή διεξαγωγή τῆς ἀσκήσεως αὐτῆς εἶναι ἡ καλή γνώση τῆς ἀσκήσεως 47 τοῦ βιβλίου 'Ηλεκτρολογικό Ἔργαστήριο τῆς Α' Τάξεως, τήν ὁποία θά ἦταν σκόπιμο νά ἐπαναλάβουν οἱ μαθητές.

Οἱ κυματομορφές πού ἐμφανίζονται στήν ὁθόνη τοῦ παλμογράφου σχηματίζονται ἀπό ἓνα κινούμενο πάνω σέ αὐτή φωτεινό στίγμα. Ἡ τροχιά τοῦ στίγματος στήν ὁθόνη εἶναι ἡ συνισταμένη δύο κινήσεων, μιᾶς κατά τόν κατακόρυφο ἀξονα καί μιᾶς κατά τόν ὀριζόντιο. Ἡ κατακόρυφη κίνηση ὀφείλεται σέ ἐξωτερική τάση, ἐνῶ ἡ ὀριζόντια κίνηση ὀφείλεται σέ μιά τάση πού παράγεται μέσα στόν παλμογράφο ἀπό τή γεννήτρια σαρώσεως, ὅπως λέγεται, καί τῆς ὁποίας ἡ κυματομορφή εἶναι αὐτή τοῦ σχήματος 4.1.



Σχ. 4.1.

Ἡ τάση αὐτή, πού κινεῖ περιοδικά καί ἰσοταχῶς τό στίγμα ἀπό τά ἀριστερά πρὸς τά δεξιά στήν ὁθόνη τοῦ παλμογράφου καί κατόπιν πάρα πολύ γρήγορα ἀπό δεξιά πρὸς τά ἀριστερά, λέγεται **πριονωτή τάση σαρώσεως**.

Ἡ συχνότητα f_{σ} τῆς περιοδικῆς αὐτῆς τάσεως ρυθμίζεται μέ τόν ἐπιλογέα τῆς συχνότητος σαρώσεως (Sweep frequency selector ἢ Horizontal selector), ὁ ὁποῖος ἐπιδρᾷ στό κύκλωμα τῆς γεννήτριας σαρώσεως τοῦ παλμογράφου.

Σύμφωνα μέ ὅσα ἀναφέραμε, ὁ χρόνος πού χρειάζεται γιά νά κινηθεῖ τό στίγμα ἀπό τό ἀριστερό στό δεξιό ἄκρο τῆς ὁθόνης μαζί μέ τόν πολύ μικρότερο χρόνο τῆς πάρα πολύ γρήγορης ἐπιστροφῆς του στό ἀριστερό ἄκρο εἶναι ἡ περίοδος T_{σ} τῆς πριονωτῆς τάσεως καί ἰσχύει ἡ σχέση:

$$T_{\sigma} = \frac{1}{f_{\sigma}}$$



“Έτσι λοιπόν, αν η περίοδος σαρώσεως T_s είναι μεγαλύτερη από την περίοδο του σήματος που παρατηρούμε, στην όθονη εμφανίζονται περισσότερα κύματα του σήματος αυτού.”

Μέ ένα παλμογράφο μπορούμε να μετρήσουμε μία τάση, να βρούμε τη συχνότητα ενός περιοδικά μεταβαλλόμενου σήματος ή να βρούμε τη διαφορά φάσεως που έχουν δύο ήμιτόνικά σήματα της ίδιας συχνότητας. Για να κάνουμε αυτές τις μετρήσεις πρέπει να γνωρίζουμε πόσα βόλτ αντιστοιχούν ανά εκατοστόμετρο κατά την κατακόρυφη μετακίνηση του στίγματος (γιά τη μέτρηση της τάσεως) ή πόσο χρόνο χρειάζεται τό στίγμα γιά να μετακινηθεί κατά ένα εκατοστόμετρο οριζόντια (γιά τη μέτρηση της συχνότητας).

Αυτά τά δύο μεγέθη είναι σημειωμένα σέ κάθε παλμογράφο σέ ένα βαθμονομημένο είδικό διαφανές πλαστικό κάλυμμα της όθονης του. “Αν δέν είναι σημειωμένα, μπορεί νά γίνει βαθμονόμηση, όπως λέμε, του παλμογράφου αυτού κατά τόν κατακόρυφο άξονα σέ βόλτ καί κατά τόν οριζόντιο άξονα σέ δευτερόλεπτα ή σέ κλάσματα του δευτερολέπτου.

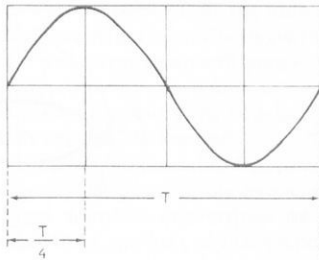
4.2 Βαθμονόμηση κατά τόν κατακόρυφο άξονα.

Βαθμονόμηση του παλμογράφου κατά τόν κατακόρυφο άξονα σημαίνει νά βρούμε **πόσα βόλτ** αντιστοιχούν σέ κάθε εκατοστόμετρο στόν άξονα αυτόν της όθονης του παλμογράφου. Αυτό γίνεται μέ τήν έφαρμογή στην είσοδο του ένισχυτή κατακόρυφης άποκλίσεως (Vertical input) μιάς γνωστής έναλλασσόμενης τάσεως μικρού μεγέθους. Μέ τη βοήθεια του κουμπιού που ρυθμίζει τήν άπολαβή του ένισχυτή αυτού ρυθμίζουμε, ώστε τό γνωστό σήμα νά τοποθετηθεί σέ όρισμένο άριθμό τετραγωνιδίων του κατακόρυφου άξονα. Μέ βάση τά τετραγωνίδια που αντιστοιχούν στή γνωστή τάση μπορούμε νά ελέγξουμε όποιαδήποτε άλλη τάση μικρότερη ή μεγαλύτερη, άφού έχομε καθορίσει πόσα βόλτ αντιστοιχούν σέ κάθε τετραγωνίδιο.

Γι’ αυτή τήν περίπτωση, χωρίς κανένα σήμα στόν ένισχυτή όριζόντιας άποκλίσεως, ό παλμογράφος δίνει μιά κατακόρυφη εύθεία που τό μήκος της είναι άνάλογο μέ τό πλάτος από κορυφή σέ κορυφή όποιασδήποτε μεταβαλλόμενης τάσεως που έφαρμόζεται στην είσοδο του ένισχυτή κατακόρυφης άποκλίσεως (Vertical input).

4.3 Βαθμονόμηση κατά τόν οριζόντιο άξονα.

Βαθμονόμηση κατά τόν οριζόντιο άξονα σημαίνει νά βαθμολογήσουμε τήν όθονη του παλμογράφου κατά τόν άξονα αυτόν σέ χρονικές μονάδες. Αυτό γίνεται αν ρυθμίσουμε τόν παλμογράφο έτσι, ώστε η περίοδος T ενός σήματος γνωστής συχνότητας νά περιλαμβάνεται σέ όρισμένο άριθμό τετραγωνιδίων. “Έτσι λοιπόν, άφού θά είναι γνωστός ό άριθμός των τετραγωνιδίων που αντιστοιχούν σέ χρόνο ίσο μέ τήν περίοδο T , εύκολα βρίσκεται καί ό χρόνος που αντιπροσωπεύει κάθε τετραγωνίδιο (σχ. 4.3) καί ό όποιος θά άποτελεί τό μέτρο συγκρίσεως γιά τίς συχνότητες που θέλομε νά μετρήσουμε.

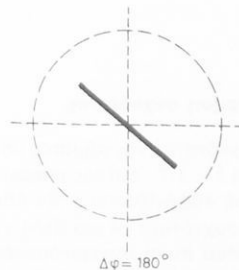
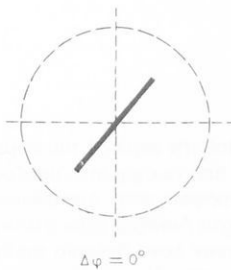


Σχ. 4.3.

4.4 Εύρεση διαφοράς φάσεως.

Μέ τον παλμογράφο μπορούμε ακόμη νά βρούμε τή διαφορά φάσεως πού ἔχουν μεταξύ τους δύο ἡμιτονικά σήματα τῆς ἴδιας συχνότητος. Αὐτό γίνεται ὡς ἑξῆς:

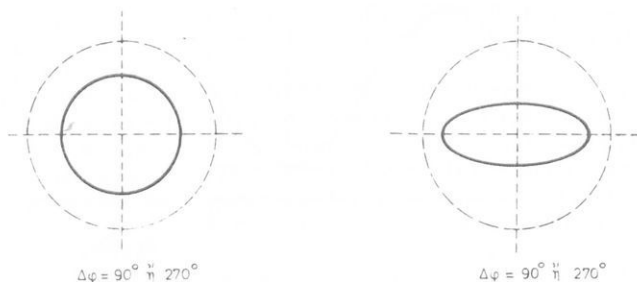
Διακόπτομε πρῶτα τή σάρωση μέ τό σχετικό διακόπτη. Μετά τή διακοπή τῆς σαρώσεως, ὅποτε στήν ὁθόνη ἐμφανίζεται ἕνα φωτεινό στίγμα, ἐφαρμόζομε στίς εἰσόδους τῶν δύο ἐνισχυτῶν τοῦ παλμογράφου τά δύο ἰσόσυχνα ἡμιτονικά σήματα, ἀπό τά ὁποῖα θέλομε νά μετρήσομε τή διαφορά φάσεως. Ρυθμίζομε τότε τήν κατακόρυφη καί τήν ὀριζόντια ἐνίσχυση τοῦ παλμογράφου, ὥστε στήν ὁθόνη του νά ἐμφανισθεῖ ἡ πλαγιαστή εὐθεία ἢ ἔλλειψη ἢ κύκλος. Ἀπό τά σχήματα αὐτά ὑπολογίζομε τή διαφορά φάσεως μεταξύ τῶν δύο ἡμιτονικῶν σημάτων, ὅπως φαίνεται στά σχήματα (4.4α, 4.4β καί 4.4γ).



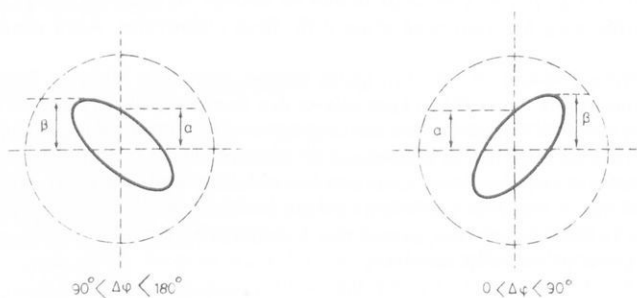
Σχ. 4.4α.

Γιά τίς δύο τελευταῖες περιπτώσεις ἡ γωνία διαφοράς φάσεως ϕ δίνεται ἀπό τή σχέση:

$$\eta \mu \phi = \frac{\alpha}{\beta}$$



Σχ. 4.4β.



Σχ. 4.4γ.

4.5 Μέτρηση συχνότητας.

Η συχνότητα ενός σήματος μπορεί να βρεθεί από την περίοδο του σύμφωνα με τη σχέση $f = 1/T$. Επίσης μπορεί να υπολογισθεί από τα σχήματα Λισαζού (Lissajous), που εμφανίζονται στην οθόνη του παλμογράφου, όταν συγκρίνουμε την άγνωστη συχνότητα με μία άλλη γνωστή. Τα σχήματα Λισαζού είναι σταθερά στην οθόνη μόνο αν οι συγκρινόμενες συχνότητες έχουν λόγο ακέραιο αριθμό.

Ο παλμογράφος πέρα από τις εφαρμογές του στον έλεγχο ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, χρησιμοποιείται σε πολλές βιομηχανικές εφαρμογές, όπου τα διάφορα φυσικά φαινόμενα που εμφανίζονται εκεί, αφού τα μετατρέψουμε πρώτα σε ηλεκτρικές μεταβολές, μπορούν να παρατηρηθούν στην οθόνη.

4.6 Έργασία.

1) Να βαθμονομηθεί ο παλμογράφος σε βόλτ κατά τον κατακόρυφο άξονα με μία γνωστή τάση που θα ορίσει ο καθηγητής των Έργαστηρίων, ο οποίος καί θα έ-

λέγξει τό κύκλωμα συνδεσμολογίας αὐτῆς τῆς τάσεως πρὶν ἐφαρμοσθεῖ. Μία γνωστή μικρὴ τάση ἀπὸ τῆ γεννήτρια χαμηλῶν συχνοτήτων ἢ μιά ἐναλλασσόμενη τάση 5 βόλτ ἢ 6,3 βόλτ ἀπὸ μετασχηματιστὴ μπορεῖ νά χρησιμοποιηθεῖ γι' αὐτὴ τὴ βαθμονόμηση. Ὑπενθυμίζομε πάλι ὅτι ἡ ἀπόκλιση τοῦ στίγματος ἐπάνω στὴν ὁθόνη (τό μῆκος τῆς κατακόρυφης φωτεινῆς εὐθείας) εἶναι ἀνάλογη μὲ τὴν τιμὴ τῆς γνωστῆς τάσεως ἀπὸ κορυφὴ σὲ κορυφὴ.

2) Μετὰ τὴ βαθμονόμηση, νά μετρηθεῖ ἡ μεγαλύτερη τάση ποὺ δίνει στὴν ἔξοδο τῆς ἡ γεννήτρια χαμηλῶν συχνοτήτων στοὺς 400 Hz.

3) Μὲ τὴ γεννήτρια χαμηλῶν συχνοτήτων σὲ μιά σταθερὴ συχνότητα, π.χ. 100 Hz, νά βαθμονομηθεῖ σὲ χρονικὲς μονάδες ὁ παλμογράφος κατὰ τὸν ὀριζόντιο ἄξονα.

4) Νά μετρηθεῖ, μετὰ τὴ βαθμονόμηση, ἡ περίοδος ἑνὸς σήματος 500 Hz.

5) Νά ρυθμισθεῖ ὁ παλμογράφος ὥστε στὴν ὁθόνη του νά ἐμφανίζεται στίγμα. Ἐπειτα νά ἐφαρμοσθεῖ στὴν εἴσοδο τοῦ κατακόρυφου ἐνισχυτῆ (Vertical input) ἐναλλασσόμενη τάση 6,3 βόλτ καὶ νά ρυθμισθεῖ τό πλάτος τῆς, ὥστε νά καλύπτει τὰ 2/3 περίπου τῆς ὁθόνης (γιὰ νά φαίνεται καλὰ). Μὲ τὴ γεννήτρια χαμηλῆς συχνότητας τώρα νά ἐφαρμοσθεῖ στὴν εἴσοδο τοῦ ὀριζόντιου ἐνισχυτῆ (Horizontal input) σῆμα 50 Hz. Μὲ σχετικὴ ρύθμιση, ἂν χρειάζεται, πρέπει νά ἐμφανισθεῖ στὴν ὁθόνη μιά ἔλλειψη ἢ ἓνας κύκλος ἢ μιά πλαγιαστὴ εὐθεία.

6) Νά μεταβληθεῖ ἡ συχνότητα τῆς γεννήτριας, ὥστε νά εἶναι ἀκέραιο πολλαπλάσιο (ἢ ἀκέραιο ὑποπολλαπλάσιο) τῶν 50 Hz καὶ νά παρατηρηθοῦν τὰ σχήματα Λισαζού.

7) Ἐνα σῆμα ἄγνωστης συχνότητας ἐφαρμόζεται στὴν εἴσοδο τοῦ κατακόρυφου ἐνισχυτῆ. Ἡ γεννήτρια ἐσωτερικῆς σαρώσεως δίνει 500 Hz καὶ στὴν ὁθόνη τοῦ παλμογράφου ἐμφανίζεται σταθερὸ σῆμα 10 πλήρων κυμάτων. Νά ὑπολογισθεῖ ἡ ἄγνωστη συχνότητα.

ΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

5.1 Περιγραφή – Χειρισμός.

Η γεννήτρια ή ταλαντωτής σημάτων, που είναι ένα από τα πλέον απαραίτητα όργανα για τό ηλεκτρονικό Έργαστήριο, παρέχει τάσεις ρυθμιζόμενου πλάτους σέ διάφορες συχνότητες. Η μορφή τών τάσεων (σημάτων) που παράγει μιά γεννήτρια μπορεί νά είναι ήμιτονική (ή πιό συνηθισμένη περίπτωση) ή νά έχει οποιαδήποτε άλλη μορφή, ανάλογα μέ τίς ανάγκες τών εργαστηριακών εφαρμογών.

Έτσι στην έξοδο μιάς γεννήτριας σημάτων μπορεί νά δίνονται ήμιτονικά, όρθογώνια ή τριγωνικά σήματα, σήματα άλλης συγκεκριμένης μορφής (π.χ. πριονωτής) κλπ.

Οι γεννήτριες σημάτων μπορούν νά χωρισθοούν στίς εξής κατηγορίες:

α) Γεννήτριες χαμηλών ή άκουστικών συχνοτήτων.

Παράγουν ήμιτονικά ή όρθογώνια σήματα στίς συχνότητες τής περιοχής τών άκουστικών συχνοτήτων, δηλαδή 20 - 20.000 Hz. Σέ μερικές συσκευές ή κλίμακα τών συχνοτήτων έπεκτείνεται ως καί τούς 200 kHz ή καί περισσότερο, δηλαδή πού πέρα από τίς άκουστικές συχνότητες.

β) Γεννήτριες ύψηλών συχνοτήτων ή ραδιοσυχνοτήτων.

Παράγουν μιά τάση στίς συχνότητες από 100 kHz μέχρι 40 MHz περίπου, για τήν εξυπηρέτηση ραδιοφωνικών συσκευών. Άλλες κατασκευές τέτοιων γεννητριών καλύπτουν περιοχή μέ ύψηλότερες συχνότητες καί φθάνουν ως τούς 300 MHz.

γ) Γεννήτριες F.M - TV.

Παράγουν μιά τάση μέ ειδική κυματομορφή στίς συχνότητες τών περιοχών V.H.F (Very high frequency - πολύ ύψηλή συχνότητα) καί U.H.F (Ultra high frequency - πάρα πολύ ύψηλή συχνότητα), για τήν εξυπηρέτηση συσκευών FM καί τηλεόρασεως. Συνήθως ή περιοχή συχνοτήτων στά Sweeper καί Marker Generators - γεννήτριες σαρώσεως καί σημειωτές, εκτείνεται ως τούς 300 MHz.

δ) Γεννήτριες μικροκυμάτων, μέ συχνότητες στην περιοχή τών Γιγακύκλων (GHz) για εργαστηριακά πειράματα καί μετρήσεις.

ε) Γεννήτριες σημάτων πολύ χαμηλής συχνότητας, π.χ. από 0,01 Hz ως 1200 Hz, για εργαστηριακές μετρήσεις.

Οι χρήσεις τών γεννητριών στά ηλεκτρονικά κυκλώματα είναι πάρα πολλές, όπως:

α) Έφαρμογή του σήματος που παράγουν σέ βαθμίδες συσκευών που προσπαθούμε νά έπισκευάσουμε.

β) Συντονισμός καί εύθυγράμμιση ραδιοφώνων.

γ) Συντονισμός κυκλωμάτων πομπών.

δ) Συντονισμός κυκλωμάτων τηλεόρασης.

ε) Έλεγχος καί ρύθμιση ένισχυτών ακουστικών συχνοτήτων ύψηλης πιστότητας (Hi - Fi, High Fidelity - ύψηλή πιστότητα).

στ) Μέτρηση σύνθετης αντίστασης γραμμής μεταφοράς ενέργειας χαμηλής ή ύψηλης συχνότητας.

ζ) Μέτρηση χρόνου καί συχνότητας.

η) Έλεγχος διαφόρων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων. Έδω θά μπορούσαν νά αναφερθοῦν πολυάριθμες περιπτώσεις, από ένα απλό κύκλωμα οποιασδήποτε ηλεκτρονικής συσκευής οικιακής χρήσεως ως ένα μεγάλο ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Στήν άσκηση αυτή περιγράφονται:

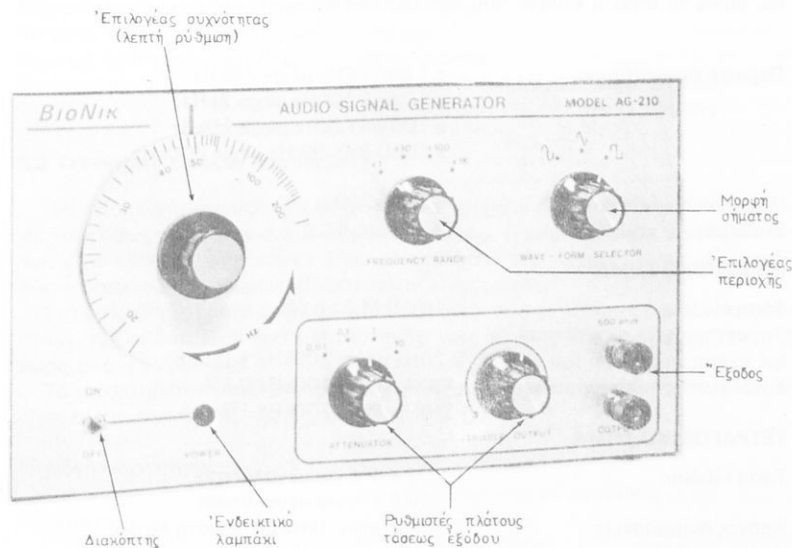
1) Οί γεννήτριες χαμηλών ή ακουστικών συχνοτήτων (Audio Frequency Generator) καί

2) οί γεννήτριες ύψηλών συχνοτήτων ή ραδιοσυχνοτήτων (Radio Frequency Generator). Δέν εξετάζομε ακόμη τά κυκλώματά τους, αλλά μόνο τό χειρισμό των κουμπιών τους καί τή χρήση τους γιά τήν έξυπνρήτηση των άλλων άσκήσεων.

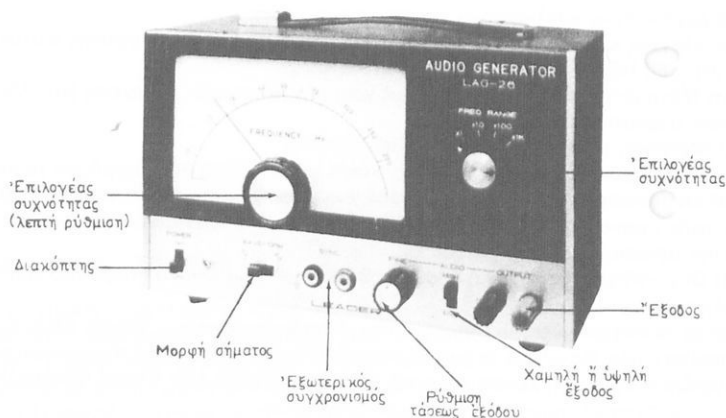
5.2 Γεννήτριες χαμηλών συχνοτήτων.

Σέ κάθε σχολικό έργαστήριο είναι πιθανό νά υπάρχει διαφορετικός τύπος τέτοιων γεννητριών. Όμως ή λειτουργία όλων στηρίζεται στίς ίδιες βασικές άρχές καί οί χειρισμοί στή χρήση τους είναι σχεδόν ίδιοι σέ όλους τούς τύπους.

Στά έπόμενα σχήματα 5.2α καί 5.2β φαίνονται δύο γεννήτριες χαμηλών συχνο-



Σχ. 5.2α.



Σχ. 5.2β.

τήτων. Ή μία είναι ελληνικής κατασκευής καί ἡ ἄλλη ξένης καί εἶναι ἀπό τίς γεννήτριες πού χρησιμοποιοῦνται πιδό πολύ στή χώρα μας.

Ή ελληνικῆς κατασκευῆς γεννήτρια (σχ. 5.2α), ἔχει τὰ ἀκόλουθα χαρακτηριστικά, ὅπως τὰ δίνει ἡ ἐταιρία πού τήν κατασκευάζει:

Περιοχή συχνότητων:

x 1 ἀπό 20Hz μέχρι 200Hz
x 10 ἀπό 200Hz μέχρι 2kHz
x 100 ἀπό 2kHz μέχρι 20kHz
x 1000 ἀπό 20kHz μέχρι 200kHz

Ἀκρίβεια συχνότητας:

$\pm (3\% + 2\text{Hz})$

Σταθερότητα ταλαντωτῆ:

$\pm 50\text{ppm}/^\circ\text{C}$

ΗΜΙΤΟΝΙΚΟ ΣΗΜΑ

Τάση ἐξόδου:

10V R.M.S. $\pm 5\%$

Χαρακτηριστικά συχνότητας

(μέ σχέση τή στάθμη τοῦ 1kHz):

20Hz μέχρι 200kHz $\pm 0,5\text{db}$

Συντελεστής παραμορφώσεως:

30Hz μέχρι 100kHz 0,5%

20Hz μέχρι 200kHz 1%

ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΟ ΣΗΜΑ

Τάση ἐξόδου:

20V P-P ἢ καί μεγαλύτερη

20V P-P ἢ καί μεγαλύτερη

Χρόνος ἀνυψώσεως:

20nS (στόν 1kHz μέ μέγιστη ἐξοδό)

Χρόνος καθόδου:

50nS (στόν 1kHz μέ μέγιστη ἐξοδό)

Σχέση κύκλου:

50% $\pm$ (στόν 1kHz μέ μέγιστη ἐξοδό)

Ποσοστό ἐξάρσεως:

3% ἢ μικρότερο (στόν 1kHz μέ μέγιστη ἐξοδό)

ΤΡΙΓΩΝΙΚΟ ΣΗΜΑ

Τάση εξόδου:	10V R.M.S. $\pm$ 5%
Χαρακτηριστικά συχνότητας (μέ σχέση τή στάθμη του 1kHz):	20Hz μέχρι 200kHz $\pm$ 0,5db
Γραμμικότητα:	30Hz μέχρι 100kHz 1%
	20Hz μέχρι 200kHz 1,5%

ΓΕΝΙΚΑ

Σύνθετη αντίσταση εξόδου:	600 Ω $\pm$ 10%
Υποβιβαστής εξόδου:	10V μέχρι 0,01V, 1/10 (20db) σε 4 κλίμακες
Ακρίβεια υποβιβαστή εξόδου:	$\pm$ 1db
Απόκλιση συχνότητας:	0,1% για μεταβολή τάσεως δικτύου $\pm$ 10%
Μεταβολή τάσεως εξόδου:	$\pm$ 0,5db για μεταβολή τάσεως δικτύου $\pm$ 10%

Η δεύτερη γεννήτρια χαμηλών συχνοτήτων είναι ιαπωνικής κατασκευής και έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

Μορφή σημάτων:	ήμιτονικά και όρθογώνια
Περιοχή συχνοτήτων:	20Hz - 200kHz σε 4 κλίμακες
Ακρίβεια:	$\pm$ 3% + 2Hz
Σύνθετη αντίσταση εξόδου:	600 Ω
Σύνθετη αντίσταση είσοδου:	10 k Ω
Μέγιστη ήμιτονική τάση εξόδου:	5V (ένεργος)
Μέγιστη τάση τετραγ. σημάτων:	10V p.p.
Περιοχή όρθογωνίων σημάτων:	20Hz - 20kHz
Παραμόρφωση:	μικρότερη από 0,5%, 200Hz - 20kHz μικρότερη από 1%, 20Hz - 200kHz

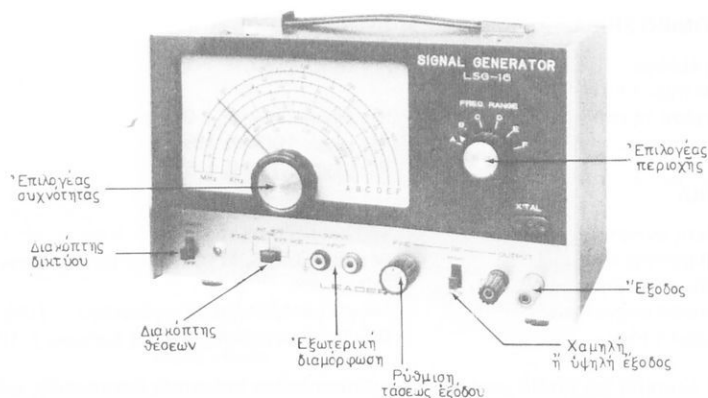
5.3 Γεννήτριες υψηλών συχνοτήτων.

Καί στίς γεννήτριες υψηλών συχνοτήτων υπάρχουν διάφοροι τύποι. Η λειτουργία τους όμως στηρίζεται στίς ίδιες βασικές αρχές. Ο χειρισμός τών διαφόρων τύπων είναι εύκολος, όταν κανείς ξέρει νά χειρίζεται ένα τύπο. Οι διαφορές μεταξύ τών κατασκευών διαφόρων έργουστασιών είναι μικρές.

Στά επόμενα σχήματα 5.3α και 5.3β φαίνονται δύο γεννήτριες υψηλών συχνοτήτων. Καί οι δύο είναι ξένης κατασκευής, γιατί τέτοιες δέν κατασκευάζομε στή χώρα μας.

Τά χαρακτηριστικά τής πρώτης γεννήτριας (σχ.5.3α) είναι τά ακόλουθα, όπως τά δίνει ο κατασκευαστής της:

Περιοχή συχνοτήτων:	100kHz - 100MHz καί μέχρι 300MHz μέ αρμονικές
Κλίμακες:	A 100 - 320kHz B 320 - 1100kHz C 1,05 - 3,3MHz D 3,2 - 11MHz



Σχ. 5.3α.

Κλίμακες:

E 11 - 35MHz

F 30 - 100MHz

(90 - 300 MHz βαθμολογημένες αρμονικές)

 $\pm 1,5\%$

Ακρίβεια στίς συχνότητες:

Τάση εξόδου Υ.Σ.:

100mV περίπου μέχρι τούς 35MHz

Διαμόρφωση έσωτερική:

1kHz στο 30% καί πάνω

Διαμόρφωση έξωτερική:

50Hz - 20kHz μέ τάση κάτω από 1V

Τάση χαμηλής συχνότητας

γιά τή διαμόρφωση:

στον 1kHz, 1V μέγιστη, σταθερή

Κρύσταλλος ταλαντωτή:

γιά 1 - 15MHz

Τά χαρακτηριστικά τής δεύτερης γεννήτριας ύψηλών συχνοτήτων (σχ. 5.3β) εἶναι τά ακόλουθα:

Περιοχή συχνοτήτων:

120kHz - 130MHz

καί μέχρι 390MHz μέ αρμονικές

Κλίμακες:

A 120 - 320kHz

B 320 - 1000kHz

C 1 - 3,2MHz

D 3,2 - 11MHz

E 11 - 38MHz

F 38 - 130MHz

(120 - 390MHz μέ βαθμολογημένες αρμονικές)

Τάση εξόδου Υ.Σ.:

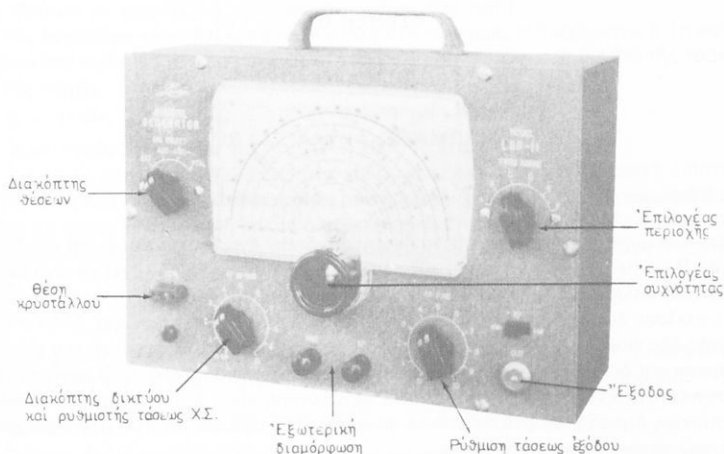
πάνω από 100mV από 120kHz - 38MHz

Χαμηλές συχνότητες

διαμορφώσεως:

400 καί 1000Hz

Κρύσταλλος ταλαντωτή:	1 - 15MHz
Τάση εξόδου χαμ. συχνότητας:	3 - 4V
Τάση εισόδου χαμ. συχνότητας:	4V περίπου



Σχ. 5.3β.

5.4 Έργασία.

1) Να σχεδιασθούν οι προσόψεις των γεννητριών που δίνονται στην άσκηση και να εξηγηθεί ή δουλειά που κάνει τό κάθε κουμπί.

2) Να γραφούν τα χαρακτηριστικά των γεννητριών της άσκησης. Δηλαδή, ποιά περιοχή συχνοτήτων καλύπτει κάθε μία, ποιές κυματομορφές σημάτων δίνει και ποιά είναι τό μέγιστο πλάτος της τάσεως εξόδου που παρέχουν.

3) Ποιά είναι ή συχνοτητα διαμορφώσεως στίς γεννήτριες ύψηλών συχνοτήτων της άσκησης; Τί έξυπηρετεί αύτή;

4) Να συνδεθεί ή γεννήτρια άκουστικών συχνοτήτων στην είσοδο ενός ένισχυτή και νά άκούσουν οι μαθητές τά σήματα σέ όλη τήν κλίμακα των άκουστικών συχνοτήτων (20 - 20.000 Hz). Νά σημειώσεί ό κάθε μαθητής τήν περιοχή που μπορεϊ νά άκούσει.

5) Νά συνδεθεί ή γεννήτρια ύψηλών συχνοτήτων στή θέση της κεραίας ενός ραδιοφώνου και νά γίνει λήψη σήματος ύψηλής συχνοτητας. Νά διαπιστωθεί ή άνάγκη της διαμορφώσεως των σημάτων ύψηλών συχνοτήτων.

6) Μέ τή βοήθεια παλμογράφου νά μετρηθεί στην έξοδο της γεννήτριας Χ.Σ. ή μεγαλύτερη τάση που μπορεϊ αύτή νά δώσει στους 1000 Hz.

7) Νά χρησιμοποιηθεί παλμογράφος και γεννήτρια χαμηλών συχνοτήτων και μέ βάση όσα εξετάσθηκαν στην προηγούμενη άσκηση (4) νά μελετηθούν διάφορα σχήματα Lisajous.

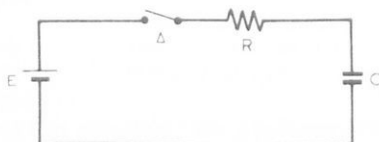
ΑΣΚΗΣΗ 6

ΣΤΑΘΕΡΑ ΧΡΟΝΟΥ

ΚΥΚΛΩΜΑ RC – ΚΥΚΛΩΜΑ RL

6.1 Κύκλωμα R - C. Φόρτιση - εκφόρτιση του πυκνωτή.

Στό κύκλωμα του σχήματος 6.1α έχουν συνδεθεί ένας πυκνωτής C και μία αντίσταση R σε σειρά με πηγή συνεχούς τάσεως E. Ο πυκνωτής δεν έχει κανένα φορτίο στους όπλισμούς του, έφ' όσον ο διακόπτης Δ είναι ανοικτός. Μόλις ο διακόπτης κλείσει, εφαρμόζεται απότομα η τάση της πηγής E στο κύκλωμα, αλλά ο πυκνωτής δεν φορτίζεται άκαριαία στην τάση αυτή της πηγής. Η φόρτίσή του γίνεται βαθμιαία και διαρκεί επί ένα χρονικό διάστημα τόσο μεγαλύτερο, όσο μεγαλύτερη χωρητικότητα έχει ο πυκνωτής και όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση. Ο χρόνος φορτίσεως δηλαδή, εξαρτάται από το γινόμενο R.C, που ονομάζεται **σταθερά χρόνου** του κυκλώματος φορτίσεως.



Σχ. 6.1α.

Συγκεκριμένα, έχει αποδειχθεί και επαληθεύεται πειραματικά ότι, αν η συνεχής τάση της πηγής που εφαρμόζεται απότομα στο κύκλωμα είναι E, τότε σε χρονικό διάστημα ίσο με το γινόμενο R.C η τάση στα άκρα του πυκνωτή θα φθάσει τα 0,632 ή 63,2% της E. Έφ' όσον η φόρτιση συνεχίζεται, στο επόμενο χρονικό διάστημα, ίσο πάλι με R.C, η τάση στα άκρα του πυκνωτή θα φθάσει στα 86,4% της E. Στο τρίτο χρονικό διάστημα R.C θα φθάσει στα 95% της E. Στο τέταρτο, στα 98,2% και στο πέμπτο, στα 99,4%.

Γιά την καλύτερη κατανόηση όσων αναφέραμε, θα δείξουμε ότι το γινόμενο R.C παριστάνει πραγματικά χρόνο, σε δευτερόλεπτα, όταν η αντίσταση R εκφράζεται σε Ωμ και η χωρητικότητα C σε φαραντ:

Έχουμε:

$$R \cdot C = R \frac{Q}{V} = \frac{R \cdot I \cdot t}{V} = \frac{V}{V} \cdot t = t \text{ (δευτερόλεπτα)}$$

Σχετικά με τό χρόνο φορτίσεως, παρατηρούμε ότι, όσο μεγαλύτερη είναι η χωρητικότητα του πυκνωτή τόσο μεγαλύτερο φορτίο δέχεται αυτός και επομένως απαιτείται περισσότερος χρόνος για τη διάλευση του μεγαλύτερου φορτίου από την αντίσταση. Καί επίσης όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση, τόσο περισσότερο χρόνο θέλουν τα φορτία για να περάσουν μέσα από αυτή.

Ήα δεχθούμε τώρα ότι κατά τη φόρτιση στο κύκλωμα του σχήματος 6.1α καί σέ χρόνο ίσο πρós R.C ή τάση στά άκρα του πυκνωτή φθάνει στά 63,2% τής τάσεως E τής πηγής. Έστω π.χ. ότι έχουμε:

$$E = 100V, R = 1 \text{ M}\Omega = 10^6 \Omega, C = 1 \text{ }\mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$$

Ήα σταθερά χρόνο R.C = $10^6 \cdot 10^{-6} = 1$ δευτερόλεπτο.

Συνεπώς, όταν κλείσει ό διακόπτης καί άρχισεί ή φόρτιση, σέ χρονικό διάστημα 1'' ή τάση στά άκρα του C θά φθάσει στά 63,2 V. Αύτά τά 63,2 βόλτ του πυκνωτή είναι σέ σειρά με τήν πηγή καί με αντίθετη πολικότητα από αυτή. Έπομένως, όταν άρχισεί τό δεύτερο δευτερόλεπτο, τά πράγματα συμβαίνουν σά νά είχε ή πηγή τάση:

$$100 - 63,2 = 36,8 \text{ βόλτ}$$

καί νά φόρτιζε έξαρχής τόν πυκνωτή μέσα από τήν R, όποτε σέ 1'' ή τάση στά άκρα του θά έφθανε πάλι στά 63,2% (ή 0,632) των 36,8 βόλτ. Δηλαδή:

$$36,8 \times 0,632 = 23,2 \text{ βόλτ}$$

Ήα ή όλική τάση στά άκρα του πυκνωτή στο τέλος του δεύτερου δευτερολέπτου θά είναι:

$$63,2 + 23,2 = 86,4 \text{ βόλτ}$$

Μέ τόν ίδιο τρόπο σκεπτόμασθε καί για τίς έπόμενες σταθερές χρόνου.

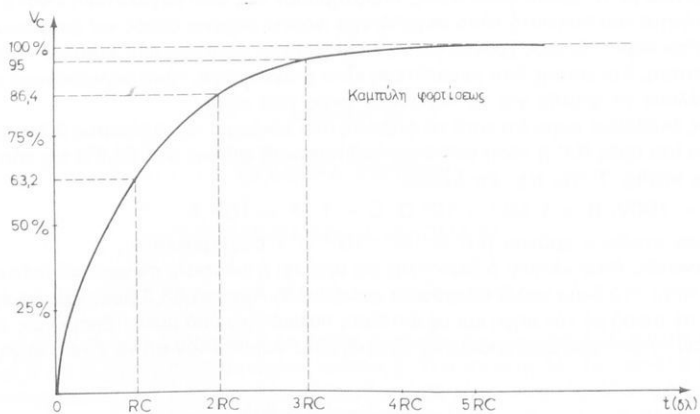
Στίς έφαρμογές δεχόμασθε ότι σέ χρονικό διάστημα ίσο με 5 σταθερές χρόνου ό πυκνωτής έχει στους όπλισμούς του τάση ίση με τήν τάση τής πηγής, άφου για 5R.C ή τάση του ίσούται με τά 99,4% τής τάσεως τής πηγής.

Παρατηρούμε άκόμη ότι στην άρχή τής φορτίσεως, τά μετακινούμενα φορτία είναι μεγάλα (τό ρεύμα φορτίσεως ίσχυρό), ένώ όσο ή φόρτιση προχωρεί, όποτε ό πυκνωτής παρεμβάλλει στο κύκλωμα τή δική του αντίθετη τάση, τό ρεύμα φορτίσεως μικραίνει. Τελικά, όταν ό πυκνωτής θά έχει στους όπλισμούς του τάση ίση με τήν τάση τής πηγής (καί με πολικότητα αντίθετη), ή ροή του ρεύματος θά σταματήσει.

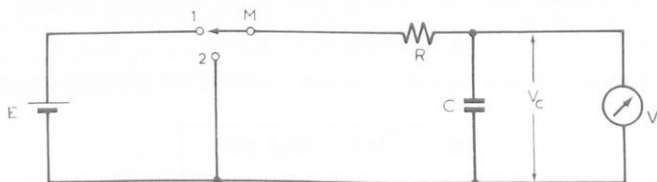
Αύτός είναι ό λόγος, για τόν όποιο τό ρεύμα πού φορτίζει έναν πυκνωτή προπορεύεται ως πρós τήν τάση πού άποκαθίσταται (στο τέλος τής φορτίσεως) στους όπλισμούς του.

Στό διάγραμμα του σχήματος 6.1β παριστάνεται γραφικά ή διαδικασία φορτίσεως του πυκνωτή σέ συνάρτηση με τό χρόνο.

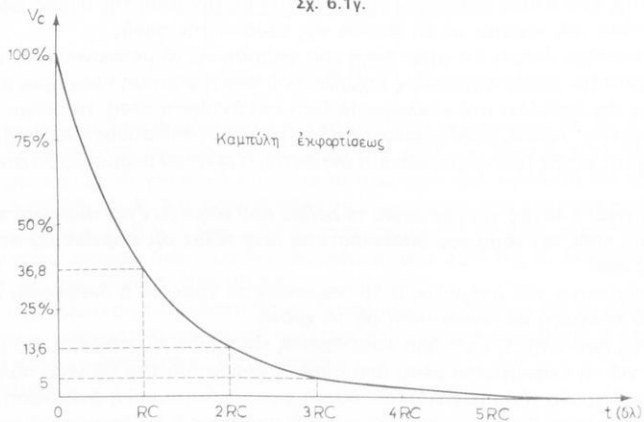
Ήν ένας πυκνωτής C είναι ήδη φορτισμένος καί συνδεθεί στά άκρα του μιά αντίσταση, για νά έκφορτισθεί μέσα από αυτή, ή έκφόρτισή του θά γίνει πάλι βαθμιαία καί σέ χρόνο τόσο μεγαλύτερο, όσο ή χωρητικότητα καί ή αντίσταση έχουν τιμές μεγαλύτερες. Έστω π.χ. τό κύκλωμα του σχήματος 6.1γ, όπου με τό μεταγωγό M στή θέση 1 έχουμε φόρτιση καί στή θέση 2 έκφόρτιση του C.



Σχ. 6.1β.



Σχ. 6.1γ.



Σχ. 6.1δ.

Αποδεικνύεται πάλι ότι, αν η τάση στους όπλισμούς του C είναι E και αρχίσει η εκφόρτισή του μέσα από την R, τότε σε χρόνο ίσο με τη σταθερά του χρόνου R.C η τάση του C θα υποβιβασθεί στα 36,8% (ή 0,368) της E. Στο επόμενο χρονικό διάστημα, ίσο πάλι προς R.C, η τάση του C θα φθάσει στα 13,6% της E. Στο τρίτο χρονικό διάστημα R.C θα φθάσει στα 5%, στο τέταρτο στα 1,8% και στο πέμπτο, στα 0,6% της E.

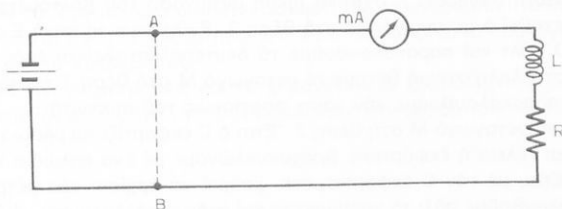
Θεωρούμε πάλι ότι σε χρονικό διάστημα ίσο με 5R.C ο πυκνωτής στα πρακτικά κυκλώματα έχει εκφορτισθεί.

Η πορεία της εκφορτίσεως του πυκνωτή δείχνεται από τη καμπύλη του σχήματος 6.1δ.

6.2 Β' Κύκλωμα R - L. Το ρεύμα στο πηνίο.

Η αυτεπαγωγή L ενός πηνίου αντιτίθεται σε οποιαδήποτε μεταβολή του ρεύματος στο κύκλωμα που είναι συνδεδεμένο τό πηνίο.

Αν π.χ. σε ένα κύκλωμα, όπως του σχήματος 6.2, με πηνίο και ωμική αντίσταση σε σειρά, εφαρμοσθεί συνεχής τάση, θα κυκλοφορήσει ένα ρεύμα που δίνεται από τό νόμο του Ωμ.



Σχ. 6.2.

Εξαιτίας όμως του πηνίου, τό ρεύμα αυτό δέν θά πάρει τή μέγιστη τιμή του άμέσως μόλις συνδεθεί τό κύκλωμα στη πηγή. Καί έδώ, όπως συμβαίνει μέ τήν **τάση** στόν πυκνωτή, τό **ρεύμα** φθάνει στα 63,2% της τελικής του τιμής σε χρόνο t που καθορίζεται από τό λόγο L/R (σταθερά χρόνου, $t = L/R$).

Ο χρόνος φυσικά εκφράζεται σε δευτερόλεπτα, ή αυτεπαγωγή L του πηνίου σε H (άνρy) καί ή αντίσταση R σε Ωμ.

Γενικά ό χρόνος που χρειάζεται για νά φθάσει τό ρεύμα μέσα από τό πηνίο τή μέγιστη τιμή του, ακολουθεί τόν έκθετικό νόμο που ακολουθεί ή τάση στόν πυκνωτή καί δίνεται από τήν καμπύλη του σχήματος 6.1β μέ τή διαφορά ότι ό κάθετος άξονας σε αύτή τήν περίπτωση θά εκφράζει τό ρεύμα μέσα από τό πηνίο.

Αν τώρα εξετασθεί ή διαδικασία της εκφορτίσεως του κυκλώματος, δηλαδή, αν αποσυνδεθεί ή πηγή καί ένωθούν τά σημεία A - B (σχ. 6.2), παρατηρούμε ότι ή έλάττωση του ρεύματος που είναι παράλληλη μέ τήν έλάττωση της τάσεως στα άκρα του πηνίου, γίνεται όπως ή εκφόρτιση της τάσεως σε ένα κύκλωμα με πυκνωτή καί αντίσταση. Καί πάλι ό λόγος L/R καθορίζει τό χρόνο που ή τιμή του ρεύ-

ματος θά πέσει κατά 63,2%, της μέγιστης δηλαδή, στο 36,8%. Η μεταβολή αυτή εκφράζεται από την καμπύλη του σχήματος 6.1δ που δείχνει τη μεταβολή της τάσεως σέ ένα πυκνωτή σέ κύκλωμα R.C κατά την εκφόρτιση.

6.3 Έργασία.

Νά σχεδιασθεῖ τό πλήρες κύκλωμα τῆς ἀσκήσεως καί νά σημειωθοῦν οἱ τιμές τῶν ἐξαρτημάτων (σχ. 6.1γ μέ περισσότερους συνδυασμούς R.C).

2) Νά ὑπολογισθοῦν οἱ σταθερές χρόνου γιά ὅλους τοὺς συνδυασμούς πυκνωτῶν καί ἀντιστάσεων πού ὑπάρχουν στό κύκλωμα.

3) Νά γίνει συνδεσμολογία τοῦ κυκλώματος, ὅπως φαίνεται στό σχῆμα 6.1β. Παράλληλα στόν πυκνωτή νά συνδεθεῖ ἡλεκτρονικό βολτόμετρο. Στό σημεῖο αὐτό τονίζεται τό ἐξῆς: Γιά νά εἶναι οἱ μετρήσεις πού θά ληφθοῦν σύμφωνες μέ τοὺς θεωρητικούς ὑπολογισμούς, πρέπει ἡ ἐσωτερική ἀντίσταση τοῦ ἡλεκτρονικοῦ βολτομέτρου νά εἶναι ὅσο τό δυνατόν μεγαλύτερη σέ σύγκριση μέ τήν R τοῦ κυκλώματος. Ἄν ἡ ἐσωτερική ἀντίσταση τοῦ βολτομέτρου εἶναι μικρή, ἐπηρεάζει σημαντικά τήν τιμή τῆς R καί οἱ μετρήσεις πού λαμβάνονται διαφέρουν πολύ ἀπό τοὺς θεωρητικούς ὑπολογισμούς, γιατί ἡ σταθερά χρόνου μεταβάλλεται, ὅταν παράλληλα στόν πυκνωτή συνδεθεῖ ἡ σχετικὰ μικρή ἀντίσταση τοῦ βολτομέτρου.

Νά τοποθετηθεῖ ὁ μεταγωγὸς M στή θέση 2. Ρυθμίζουμε τή πηγή E στήν τάση π.χ. τῶν 100 βόλτ καί παρακολουθοῦμε τό δευτερολεπτοδείκτη ἑνὸς χρονόμετρου. Στὴν κατάλληλη στιγμή θέτομε τό μεταγωγὸ M στή θέση 1 καί ταυτόχρονα ἀρχίζομε νά παρακολουθοῦμε τήν τάση φορτίσεως τοῦ πυκνωτῆ.

4) Θέτομε τό μεταγωγὸ M στή θέση 2. Ἔτσι ὁ C ἐκφορτίζεται μέσω τῆς R. Ἀλλά γιά νά εἶναι τέλεια ἡ ἐκφόρτιση, βραχυκυκλώνομε μέ ἓνα καλῶδιο τοὺς ὀπλισμούς του. Ἔτσι, μέ τὸν C ἐκφορτισμένο, μπορεῖ νά ἀρχίσει νέα μέτρηση.

5) Παρακολουθοῦμε πάλι τό χρονόμετρο καί στήν κατάλληλη στιγμή θέτομε τό μεταγωγὸ στή θέση 1 καί ταυτόχρονα παρακολουθοῦμε τήν τάση φορτίσεως τοῦ C καί τό χρόνο. Μόλις συμπληρωθεῖ χρόνος ἴσος μέ R.C, σημειώνομε τήν τάση πού ἐπικρατεῖ στά ἄκρα τοῦ πυκνωτῆ.

6) Μετά θέτομε τό μεταγωγὸ στή θέση 2 καί ἐκφορτίζομε πάλι ἐντελῶς τὸν πυκνωτή. Συνεχίζομε μέ τὸν ἴδιο τρόπο τίς μετρήσεις γιά τὰ ἐξῆς πολλαπλάσια τῆς σταθερᾶς χρόνου:

2R.C, 3R.C, 4R.C, 5R.C

7) Μέ ὅμοιο τρόπο νά γίνουν μετρήσεις γιά ὅλους τοὺς συνδυασμούς R.C τοῦ κυκλώματος. (Ἄν ὁ χρόνος 0,5R.C εἶναι πολύ μικρὸς γιά κάποιο συνδυασμό, νά μὴ ληφθεῖ γι' αὐτὸν μέτρηση).

8) Νά μελετηθεῖ ἡ ἐκφόρτιση πυκνωτῆ μέσω ἀντιστάσεως ὡς ἐξῆς: Ὁ μεταγωγὸς στή θέση 1. Ρυθμίζομε τήν τάση τῆς πηγῆς, ὥστε ἡ τάση στά ἄκρα τοῦ C νά φθάσει τὰ 100 βόλτ. Μόλις ἡ τάση στά ἄκρα τοῦ πυκνωτῆ φθάσει τὰ 100 βόλτ, θέτομε τό μεταγωγὸ στή θέση 2 καί ταυτόχρονα παρακολουθοῦμε τήν τάση ἐκφορτίσεως τοῦ C καί τὰ δευτερόλεπτα πού περνᾶνε. Ὄταν συμπληρωθεῖ χρόνος ἴσος μέ 0,5R.C, σημειώνομε τήν τάση πού ἐπικρατεῖ στά ἄκρα τοῦ πυκνωτῆ. (Ἄν ὁ χρόνος 0,5R.C εἶναι μικρὸς καί εἶναι δύσκολο νά μετρηθεῖ, ἀρχίζομε μέ χρόνο R.C).

9) Ό μεταγωγός πάλι στη θέση 1. Περιμένουμε μέχρι πού η τάση στά άκρα του C φθάσει στα 100 βόλτ. Μόλις συμβεί αυτό, θέτομε τό μεταγωγό στη θέση 2 καί ταυτόχρονα παρακολουθοῦμε τή τάση έκφορτίσεως του πυκνωτή καί τά δευτερόλεπτα πού περνάνε. Όταν συμπληρωθεῖ χρόνος ἴσος μέ $R.C$, μειώνουμε τή τάση του πυκνωτή.

10) Συνεχίζουμε μέ τόν ἴδιο τρόπο τίς μετρήσεις γιά πολλαπλάσια τῆς σταθερᾶς χρόνου:

$2R.C$, $3R.C$, $4R.C$, $5R.C$

γιά ὅλους τοὺς συνδυασμούς $R.C$ τοῦ κυκλώματος.

11) Ἀπό τίς μετρήσεις πού ἐλήφθησαν νά χαραχθοῦν δύο καμπύλες φορτίσεως (στό ἴδιο σχεδιάγραμμα) καί δύο καμπύλες έκφορτίσεως (καί οἱ δύο σέ ἄλλο σχεδιάγραμμα), ὅπως τῶν σχημάτων 6.1β καί 6.1δ.

12) Ὑπολογίσετε τή σταθερά χρόνου κυκλώματος μέ $R = 500 \Omega$, $C = 40 \mu F$.

Τό ἴδιο γιά $R = 10.000 \Omega$, $C = 1000 \mu F$ (σέ μικροδευτερόλεπτα).

Τό ἴδιο γιά $R = 1 M\Omega$, $C_1 = 2 \mu F$, $C_2 = 1 \mu F$ (C_1 καί C_2 συνδέονται παράλληλα).

13) Ἄν ἡ τάση τῆς πηγῆς τοῦ σχήματος 6.1β εἶναι: $E = 400 V$, πόση θά εἶναι ἡ τάση V_C σέ χρόνο $R.C$, $2R.C$, $3R.C$, $4R.C$, $5R.C$ κατά τή φόρτιση τοῦ πυκνωτή;

14) Ἄν τό Ἔργαστήριο διαθέτει ἄσκηση RL νά σχεδιασθεῖ τό κύκλωμα καί νά σημειωθοῦν οἱ τιμές τῶν ἐξαρτημάτων. Ἀπό τίς τιμές RL νά ὑπολογισθεῖ ἡ σταθερά χρόνου τοῦ κυκλώματος.

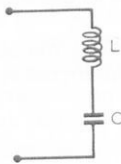
15) Νά γίνουν μετρήσεις καί νά χαραχθοῦν οἱ καμπύλες τοῦ ρεύματος μέ τό χρόνο κατά τήν ἐφαρμογή τῆς τάσεως καί κατά τήν ἐκφόρτιση τοῦ κυκλώματος μέσα ἀπό τήν R .

ΑΣΚΗΣΗ 7

ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ ΣΕΙΡΑΣ

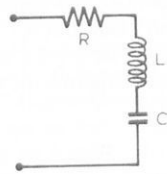
7.1 Γενικά.

Τό κύκλωμα του σχήματος 7.1α είναι κυμαινόμενο κύκλωμα σειράς. Έπειδή τό πηγνίο έχει ωμική αντίσταση καί ὁ πυκνωτής παρουσιάζει ἀπώλειες, τό κύκλωμα αὐτό μπορεῖ νά παρασταθεῖ μέ τό ἰσοδύναμο κύκλωμα τοῦ σχήματος 7.1β, στό ὁποῖο ἡ ἀντίσταση R ἀντιπροσωπεύει τήν ωμική ἀντίσταση τοῦ πηγνίου (τήν ἀντίστασή του δηλαδή στό συνεχές ρεύμα, πού μπορεῖ νά μετρηθεῖ μέ ὠμόμετρο), ἀλλά καί τίς συνολικές ἀντιστάσεις ἀπωλειῶν, πού παρουσιάζουν ὁ πυκνωτής καί τό πηγνίο κατά τή λειτουργία τους, ὅταν δηλαδή τροφοδοτοῦνται μέ ἐναλλασσόμενο ρεύμα. Τονίζεται ὅτι ἡ ἀντίσταση R δέν εἶναι ξεχωριστά στό κύκλωμα, ἀλλά βρίσκεται ἐνσωματωμένη στό πηγνίο (στά στοιχεῖα κατασκευῆς τοῦ πηγνίου κατά κύριο λόγο) καί στόν πυκνωτή.



Σχ. 7.1α.

Κύκλωμα συντονισμοῦ σειράς.



Σχ. 7.1β.

Ἰσοδύναμο κύκλωμα.

Τά χαρακτηριστικά τοῦ κυμαινόμενου κυκλώματος σειράς εἶναι:

α) Ἡ πηγή πού τό τροφοδοτεῖ (ταλαντωτής Χ.Σ. ἢ Υ.Σ.) πρέπει νά ἔχει μικρή ἐσωτερική ἀντίσταση. (Πηγή σταθερῆς τάσεως. Βλέπε ἀσκηση 26 στό Βιβλίο ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ Α΄ τάξεως «Προσαρμογή πηγῆς πρὸς τό φορτίο πού τροφοδοτεῖ»).

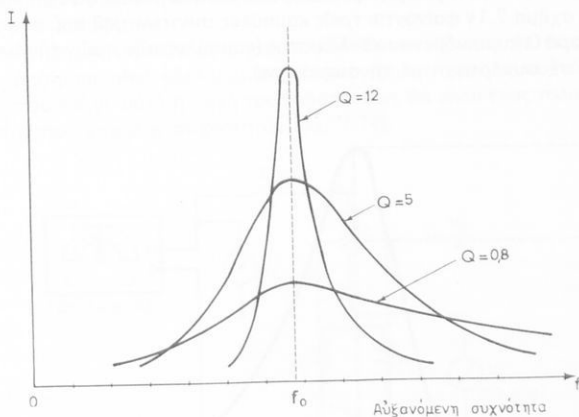
β) Ὄταν ἡ συχνότητα τοῦ ταλαντωτῆ πού τροφοδοτεῖ τό κυμαινόμενο κύκλωμα μεταβάλλεται, παρατηροῦμε ὅτι γιά χαμηλότερες συχνότητες ἡ ἀντίσταση τοῦ κυκλώματος εἶναι μεγάλη (ἐπειδή στίς ὑψηλές συχνότητες προβάλλει μεγάλη ἀντίσταση ὁ πυκνωτής) καθώς καί γιά ὑψηλότερες συχνότητες ἡ ἀντίσταση τοῦ κυκλώματος εἶναι ἐπίσης μεγάλη (ἐπειδή στίς ὑψηλές συχνότητες προβάλλει μεγάλη ἀντίσταση τό πηγνίο). Γιά κάποια ἐνδιάμεση συχνότητα, δηλαδή γιά τή συχνότητα συντονισμοῦ, τό ὅλο κύκλωμα παρουσιάζει ἐλάχιστη, καθαρά ὠμική, ἀντίσταση.

γ) Κατά τό συντονισμό ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος φθάνει τή μέγιστη τιμή πού μπορεῖ νά λάβει σέ αὐτό τό κύκλωμα (μέγιστη ἀγωγιμότητα τοῦ κυκλώματος).

δ) Κατά τό συντονισμό επίσης, στά άκρα τοῦ πηγίνου καί στά άκρα τοῦ πυκνωτῆ ἐπικρατοῦν τάσεις ἀντίθετες, οἱ ὁποῖες, ὅταν ὁ πυκνωτῆς καί τό πηγίνο εἶναι ἀρκετά καλῆς ποιότητας, εἶναι μεγαλύτερες ἀπό τήν τάση τῆς πηγῆς (ὑπερτάσεις). Σέ περιπτώσεις κυμαινόμενων κυκλωμάτων ἐξαιρετικά καλῆς ποιότητας, οἱ τάσεις αὐτές μπορεῖ νά γίνουν 200, 300 ἢ καί περισσότερες φορές μεγαλύτερες ἀπό τήν τάση τῆς πηγῆς πού τροφοδοτεῖ τό κύκλωμα.

“Ὡστε κατά τό συντονισμό τοῦ κυμαινόμενου κυκλώματος σειρᾶς παρατηροῦνται τά ἐξῆς φαινόμενα:

1) Ἐλάχιστη ἀντίσταση, ἡ ὁποία ἰσοῦται μέ τήν ὠμική ἀντίσταση τοῦ πηγίνου καί τίς ἀπώλειες γενικά τοῦ ὅλου κυκλώματος στό ἐναλλασσόμενο ρεῦμα (ἐπιδερμικό φαινόμενο καί ἀπώλειες τοῦ διηλεκτρικοῦ). Οἱ ἀντιστάσεις αὐτές (ὠμική καί ἀντιστάσεις ἀπωλειῶν) ἀντιπροσωπεύονται ἀπό τήν ἀντίσταση R τοῦ ἰσοδύναμου κυκλώματος τοῦ σχήματος 7.1α.



Σχ. 7.1γ.

2) Μέγιστο ρεῦμα. “Αν ἡ σταθερή τάση τῆς πηγῆς πού τροφοδοτεῖ τό κύκλωμα εἶναι E ἡ τιμή τοῦ ρεύματος κατά τό συντονισμό θά δίνεται ἀπό τή σχέση:

$$I_{\text{συντ}} = \frac{E}{R}$$

3) Ὑπερτάσεις V_L καί V_C στά άκρα τοῦ πηγίνου καί τοῦ πυκνωτῆ. Οἱ τάσεις αὐτές ἔχουν τό ἴδιο μέτρο, ἀλλά εἶναι ἀντίθετες καί ἀλληλοεξουδετερώνονται. Τό πλάτος τους ἐξαρτᾶται ἀπό τήν ποιότητα τῶν ἐξαρτημάτων C καί L καί εἰδικότερα ἀπό τό **συντελεστή ποιότητας** (ἢ συντελεστή ὑπερτάσεως) Q τοῦ κυμαινόμενου κυκλώματος. Ὁ συντελεστής αὗτός ἰσοῦται:

$$Q = \frac{L\omega_0}{R} = \frac{1}{\omega_0 CR}$$

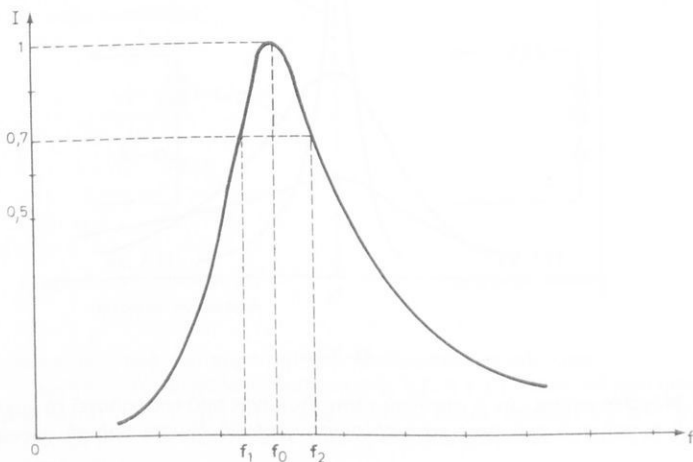
όπου $\omega_0 = 2\pi f_0$ (f_0 = ή συχνότητα συντονισμού). Από τή σχέση αὐτή φαίνεται ὅτι ὅσο τό R (δηλαδή οἱ συνολικές ἀπώλειες) τοῦ κυμαίνόμενου κυκλώματος εἶναι μεγαλύτερες, τόσο ὁ συντελεστής ποιότητας εἶναι μικρότερος.

Ὁ ἀριθμός πού ἐκφράζει τό Q εἶναι καθαρός ἀριθμός.

Τέλος, ἡ συχνότητα f_0 , στήν ὁποία συντονίζεται τό κυμαίνόμενο κύκλωμα, δίνεται ἀπό τή σχέση:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \quad (\text{σχέση Τόμσον})$$

4) Ὁ συντελεστής ποιότητας (Q) καί ἡ μορφή τῆς καμπύλης συντονισμού. Ὁ συντελεστής ποιότητας τοῦ κυμαίνόμενου κυκλώματος σειρᾶς ἐπηρεάζει σημαντικά τή μορφή τῆς καμπύλης συντονισμού. Ὅσο ὁ συντελεστής αὐτός εἶναι μεγαλύτερος, δηλαδή ὅσο μικρότερες εἶναι οἱ ἀπώλειες (μικρότερο τό R), τόσο ἡ καμπύλη συντονισμού θά εἶναι ὀξύτερη καί τό κυμαίνόμενο κύκλωμα θά ἔχει καλύτερη ἐπιλογή. Στό σχῆμα 7.1 γ φαίνονται τρεῖς καμπύλες συντονισμού πού ἀντιστοιχοῦν σέ τρία διάφορα Q κυμαίνόμενου κυκλώματος (καμπύλες τῶν τιμῶν τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος σέ συνάρτηση μέ τή συχνότητα).



Σχ. 7.1δ.

Ὁ συντελεστής ποιότητας μπορεῖ νά ὑπολογισθεῖ καί ἀπό τίς παρακάτω σχέσεις:

α) Ἀπό τή σχέση (σχ. 7.1δ):

$$Q = \frac{f_0}{f_2 - f_1}$$

Στή σχέση αυτή f_0 είναι η συχνότητα συντονισμού του κυμαινόμενου κυκλώματος, f_2 και f_1 είναι δύο συχνότητες που αντιστοιχούν σε σημεία της καμπύλης συντονισμού, για τα όποια η ένταση του ρεύματος έχει υποβιβασθεί στα $7/10$ της έντασής του κατά το συντονισμό.

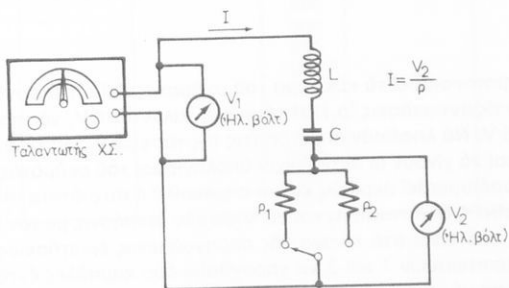
β) Από τη σχέση:

$$Q = \frac{V_L}{E} = \frac{V_C}{E}$$

Τονίζεται εδώ ότι οι καμπύλες συντονισμού του κυμαινόμενου κυκλώματος σειρᾶς γενικά **δεν είναι συμμετρικές** (ο ὀριζόντιος ἄξονας τῶν συχνότητων εἶναι σέ γραμμική κλίμακα). Ὅπως φαίνεται καί ἀπό τὰ σχήματα 7.1γ καί 7.1δ, ὁ ἀριστερὰ κλάδος κάθε καμπύλης πέφτει περισσότερο ἀπότομα ἀπό τὸ δεξιό κλάδο.

Τὰ κυμαινόμενα κυκλώματα σειρᾶς μποροῦν νά χρησιμοποιηθοῦν εἴτε στήν περιοχή τῶν χαμηλῶν συχνότητων (ὡς τοὺς 20.000 Hz) εἴτε στήν περιοχή τῶν ὑψηλῶν (πάνω ἀπό 20.000 Hz).

Γιά εύκολία στή λήψη τῶν μετρήσεων στό Ἔργαστήριο, στήν ἄσκηση αὕτη πρέπει νά χρησιμοποιηθεῖ κύκλωμα πού συντονίζει σέ χαμηλή συχνότητα, π.χ. 700 Hz περίπου καί γι' αὐτό ἡ πηγή τροφοδοτήσεως θά εἶναι ἕνας ταλαντωτής ἡμιτονικοῦ σήματος χαμηλῆς συχνότητας (σχ. 7.1ε).



Σχ. 7.1ε.

Τό πηνίο πού χρησιμοποιεῖται ἔχει βέβαια ὠμική ἀντίσταση (τὴν ἀντίσταση πού παρουσιάζει τὸ σύρμα του, ὅταν μετρηθεῖ μέ ὠμόμετρο), στό κύκλωμα ὅμως τῆς ἀσκήσεως μπορεῖ νά προστεθεῖ καί μία ἀπό τίς ἀντιστάσεις ρ_1 ἢ ρ_2 (σχ. 7.1ε). Οἱ ἀντιστάσεις αὐτές ἔχουν διαφορετική τιμή καί ἔχουν τεθεῖ σκόπιμα, ὥστε ὅταν καθεμιά τους συνδέεται στό κύκλωμα, νά αὐξάνει μέ τεχνητό τρόπο τίς ἀπώλειες (τό R) τοῦ κυκλώματος, δηλαδή νά ἐλαττώνει τὸ Q . Ἔτσι ἡ ὁλική ἀντίσταση τοῦ κυκλώματος στό συντονισμό γίνεται $R + \rho$.

Ἀπό τίς μετρήσεις πού θά ληφθοῦν μέ κάθε ἀντίσταση θά χαραχθεῖ καί καμπύλη συντονισμού διαφορετικῆς μορφῆς, πού θά ἀντιστοιχεῖ σέ διαφορετικό συντελεστή ποιότητας.

Παράλληλα στίς ἀντιστάσεις ρ_1 ἢ ρ_2 συνδέεται τὸ ἡλεκτρονικό βολτόμετρο V_2 ,

οι ένδειξεις του οποίου, όταν διαιρούνται με τις ρ_1 ή ρ_2 κάθε φορά θά δίνουν τήν ένταση του ρεύματος I του κυκλώματος στις διάφορες συχνότητες. Δηλαδή:

$$I = \frac{V_2}{\rho}$$

Παράλληλα επίσης με τη πηγή τροφοδοτήσεως (τόν ταλαντωτή Χ.Σ.) συνδέεται άλλο ηλεκτρονικό βολτόμετρο V_1 , τό όποιο μετρά τήν τάση εξόδου του ταλαντωτή, τήν τάση δηλαδή πού τροφοδοτεί τό κύκλωμα σειράς.

Ό ταλαντωτής αυτός, σάν πηγή παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, έχει κάποια έσωτερική αντίσταση. Έπομένως, όταν παρέχει ρεύμα σέ κύκλωμα πού ή αντίστασή του μεταβάλλεται θά έχει διαφορετικές έσωτερικές πτώσεις τάσεως καί άρα ή τάση στους πόλους του θά μεταβάλλεται, ενώ, γιά νά είναι οι μετρήσεις σωστές, ή τάση αυτή πρέπει νά παραμένει σταθερή. Έπομένως, κατά τη διεξαγωγή της άσκησης, όταν μέ τη μεταβολή της συχνότητας παρατηρείται μεταβολή της τάσεως V_1 , θά γίνεται πάντοτε **διόρθωση** της τάσεως αυτής, γιά νά παραμένει σταθερή. Η διαδικασία αυτή ίσοδυναμεί μέ τροφοδότηση του κυμαίνόμενου κυκλώματος από πηγή σταθερής τάσεως.

Τέλος, άν τό βολτόμετρο V_2 τοποθετηθεί παράλληλα στό πηνίο ή τόν πυκνωτή, ή τιμή τάσεως πού θά δείχνει κατά τό συντονισμό θά είναι μεγαλύτερη από τήν τάση της πηγής V_1 , θά δείχνει δηλαδή τις υπερτάσεις V_1 ή V_2 .

7.2 Έργασία.

1) Νά πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα του σχήματος 7.1ε. Νά συνδεθεί πρώτα ή μικρότερη από τις αντίστάσεις (ρ_1). Η τάση του ταλαντωτή V_1 νά τηρείται συνέχεια σταθερή στά 5 V. Νά ληφθούν οι μετρήσεις της τάσεως V_2 γιά τις συχνότητες του Πίνακα 7.2.1 καί νά γίνουν οι αντίστοιχοι ύπολογισμοί του ρεύματος. (Κατά τις μετρήσεις νά προσδιορισθεί ακριβώς καί νά σημειωθεί ή συχνότητα συντονισμού f_0).

2) Νά συνδεθεί ή αντίσταση ρ_2 καί νά ληφθούν μετρήσεις μέ τόν ίδιο τρόπο γιά τις συχνότητες πού είναι στό πίνακα της προηγούμενης έρωτήσεως. Από τις μετρήσεις των περιπτώσεων 1 καί 2 νά χαραχθούν δύο καμπύλες έντάσεως ρεύματος σέ συνάρτηση μέ τη συχνότητα στό ίδιο σχεδιάγραμμα, όπως στό σχήμα 7.1γ.

3) Νά συνδεθεί τό ηλεκτρονικό βολτόμετρο V_2 στά άκρα του πηνίου L καί νά συνδεθεί ή μικρότερη αντίσταση ρ . Μετά νά συντονισθεί τό κύκλωμα μέ μεταβολή της συχνότητας του ταλαντωτή καί νά σημειωθεί τότε ή τάση V_L .

4) Νά συνδεθεί ή άλλη αντίσταση ρ καί νά σημειωθεί πάλι ή τάση V_L κατά τό συντονισμό. Νά έξηγηθούν οι δύο μετρήσεις.

5) Νά συνδεθεί τό ηλεκτρονικό βολτόμετρο V_2 στά άκρα του πυκνωτή C καί νά επαναληφθεί ή ίδια έργασία όπως στην περίπτωση 3.

6) Νά ύπολογισθεί τό Q του κυμαίνόμενου κυκλώματος στις δύο περιπτώσεις των αντίστάσεων ρ_1 καί ρ_2 από τις σχέσεις:

$$Q = \frac{f_0}{f_2 - f_1} \quad \text{καί} \quad Q = \frac{V_C}{E} = \frac{V_L}{E}$$

7) Από τις τιμές L καί C καί μέ τη σχέση του Τόμσον νά ύπολογισθεί ή συχνότητα

τα συντονισμού του κυκλώματος και να συγκριθεί με τη συχνότητα συντονισμού που βρίσκεται από τις μετρήσεις.

8) Από τις μετρήσεις των περιπτώσεων 1 και 2 να υπολογισθεί ή αντίσταση του κυμαίνόμενου κυκλώματος κατά το συντονισμό.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2.1.

Γιά $\rho = \rho_1$			Γιά $\rho = \rho_2$		
f Hz	V_2 βόλτ	$I = \frac{V_2}{\rho_1}$	f Hz	V_2 βόλτ	$I = \frac{V_2}{\rho_1}$
400			300		
500			400		
550			500		
600			600		
650			650		
700			700		
750			750		
800			800		
850			850		
900			900		
950			950		
1000			1000		
1200			1200		
1500			1500		
			1800		
			2000		
			2500		
			3000		

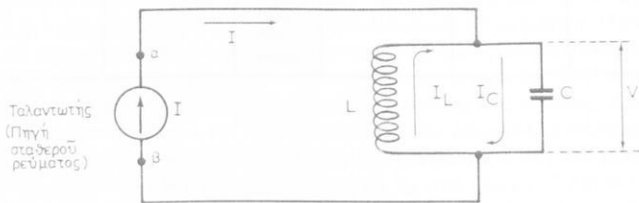
ΑΣΚΗΣΗ 8

ΠΑΡΑΛΛΗΛΟΣ ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ

8.1 Γενικά.

Τό κύκλωμα του σχήματος 8.1 είναι ένα κύκλωμα παράλληλου συντονισμού ή παράλληλο κυμαινόμενο κύκλωμα. Οι κύριες ιδιότητες του παράλληλου κυμαινόμενου κυκλώματος είναι οι εξής:

1) Η πηγή που τροφοδοτεί (ταλαντωτής χαμηλής συχνότητας ή υψηλής συχνότητας), πρέπει να έχει όσο το δυνατό μεγαλύτερη εσωτερική αντίσταση (πηγή σταθερού ρεύματος). Ύπενθυμίζεται ότι η «ιδανική» πηγή του ρεύματος παρέχει σταθερό ρεύμα, ανεξάρτητα από την τιμή της πολικής τάσεως και ανεξάρτητα από τις μεταβολές της καταναλώσεως. Στην περίπτωση του σχήματος 8.1, η ένταση του ρεύματος I θα παραμένει σταθερή, ανεξάρτητα από το γεγονός ότι η τάση στους πόλους α , β της πηγής θα μεταβάλλεται. (Βλέπε άσκηση 26 στο βιβλίο ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ της Α' τάξεως, «Προσαρμογή πηγής προς τό φορτίο που τροφοδοτεί»).



Σχ. 8.1.

2) Όταν η συχνότητα του ταλαντωτή, που τροφοδοτεί το κυμαινόμενο κύκλωμα, μεταβάλλεται, παρατηρούμε ότι στις χαμηλότερες συχνότητες η αντίσταση του κυκλώματος είναι μικρή (έπειδή στις χαμηλές συχνότητες προβάλλει μικρή αντίσταση ο κλάδος του πηνίου). Επίσης στις υψηλότερες συχνότητες η αντίσταση του κυκλώματος είναι μικρή (έπειδή στις υψηλές συχνότητες προβάλλει μικρή αντίσταση ο κλάδος του πυκνωτή). Σε μία ενδιάμεση συχνότητα, δηλαδή στη συχνότητα συντονισμού, το παράλληλο κυμαινόμενο κύκλωμα παρουσιάζει μέγιστη αντίσταση.

3) Κατά το συντονισμό, αφού η αντίσταση του κυμαινόμενου κυκλώματος γίνει-

ται μέγιστη και τό ρεύμα I έχει σταθερή ένταση, ή τάση V (σχ. 8.1) στά άκρα του παράλληλου κυκλώματος θά είναι μέγιστη.

4) Κατά τό συντονισμό επίσης, στόν κλάδο του πηγίου και στόν κλάδο του πυκνωτή κυκλοφορούν ρεύματα, τά όποια, όταν ό πυκνωτής και τό πηγίο είναι αρκετά καλής ποιότητας, έχουν εντάσεις πολύ μεγαλύτερες από την ένταση του ρεύματος I (υπερεντάσεις).

“Ωστε κατά τόν παράλληλο συντονισμό παρατηρούνται τά εξής φαινόμενα:

α) Μέγιστη αντίσταση του κυκλώματος.

β) Μέγιστη τάση στά άκρα του.

γ) “Υπερεντάσεις των ρευμάτων I_L και I_C στους δύο κλάδους του κυκλώματος (σχ. 8.1), οι όποιες είναι τόσο μεγαλύτερης τιμής, όσο ή ποιότητα του κυμαινόμενου κυκλώματος είναι καλύτερη. “Η ποιότητα αυτή εκφράζεται μέ τό συντελεστή Q , ό όποιος ισούται μέ τό πηλίκο της εντάσεως, πού έχει τό ρεύμα σέ κάθε κλάδο κατά τό συντονισμό, προς την ένταση του ρεύματος της πηγής I (σταθερής εντάσεως):

$$Q = \frac{I_L}{I} = \frac{I_C}{I} \quad (\text{Τό } Q \text{ είναι καθαρός αριθμός)}$$

Τέλος ή συχνότητα f_0 , στην όποία συντονίζεται τό κυμαινόμενο κύκλωμα, δίνεται από τη σχέση Τόμσον:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

8.2 “Ο συντελεστής ποιότητας Q και ή μορφή της καμπύλης συντονισμού.

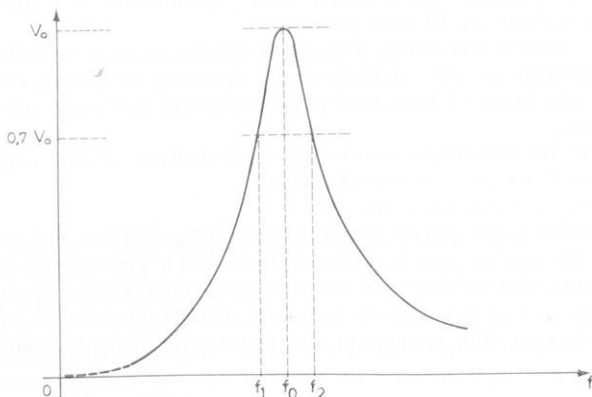
“Ο συντελεστής ποιότητας του παράλληλου κυμαινόμενου κυκλώματος επηρεάζει σημαντικά τη μορφή της καμπύλης συντονισμού. “Όσο ό συντελεστής αυτός είναι μεγαλύτερος, τόσο ή καμπύλη συντονισμού είναι οξύτερη και τό κυμαινόμενο κύκλωμα έχει καλύτερη επιλογή. Πράγματι, όταν ή καμπύλη συντονισμού είναι γνωστή, μπορούμε νά υπολογίσουμε από αυτή τό Q μέ τη σχέση (σχ. 8.2):

$$Q = \frac{f_0}{f_2 - f_1}$$

όπου f_0 είναι ή συχνότητα συντονισμού και f_2 και f_1 είναι οι συχνότητες πού αντιστοιχούν σέ δύο σημεία της καμπύλης συντονισμού, γιά τά όποια ή τάση στά άκρα του παράλληλου κυκλώματος υποβιβάζεται στά $7/10$ της τάσεως πού επικρατεί κατά τό συντονισμό.

Τέλος, παρατηρείται ότι οι καμπύλες συντονισμού στά παράλληλα κυμαινόμενα κυκλώματα δέν είναι συμμετρικές. “Όπως φαίνεται και από τό σχήμα 8.2, ό άριστερός κλάδος της καμπύλης κατεβαίνει περισσότερο απότομα από τό δεξιό κλάδο.

Γενικά, όσο τό Q του κυμαινόμενου κυκλώματος είναι μεγαλύτερο, τόσο περισσότερο συμμετρική είναι ή καμπύλη αυτή.



Σχ. 8.2.

8.3 Περιγραφή του κυκλώματος και τρόπος λήψης των μετρήσεων.

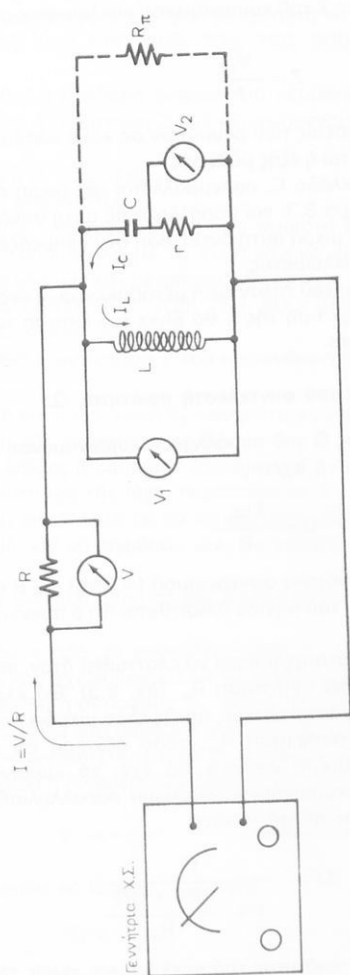
Στό σχήμα 8.3 παριστάνεται το κύκλωμα, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για τη λήψη των μετρήσεων. Το παράλληλο κυμαινόμενο κύκλωμα μπορεί να έχει ιδιοσυχνότητα συντονισμού είτε στην περιοχή των χαμηλών συχνοτήτων (ως τους 20.000 Hz) είτε στην περιοχή των υψηλών (πάνω από 20.000 Hz). Αυτό εξαρτάται από τις τιμές της αυτεπαγωγής και της χωρητικότητας. Για την εύκολία των μετρήσεων στην άσκηση αυτή πρέπει να χρησιμοποιείται κύκλωμα με ιδιοσυχνότητα συντονισμού χαμηλή, π.χ. 800 - 1000 Hz, όποτε σαν πηγή τροφοδοτήσεως εξυπηρετεί ένας ταλαντωτής χαμηλής συχνότητας (σχ. 8.3). Ο ταλαντωτής αυτός πρέπει να είναι πηγή σταθερού ρεύματος και για να γίνει αυτό στην πράξη, εργαζόμαστε ως εξής:

Σε σειρά με το κύκλωμα έχει συνθεθεί αντίσταση R και παράλληλα με αυτήν ηλεκτρονικό βολτόμετρο V . Για τη λήψη των μετρήσεων και τη χάραξη της καμπύλης συντονισμού, θα μεταβάλλεται η συχνότητα του ταλαντωτή. Τότε, όμως, θα μεταβάλλεται η αντίσταση του κυμαινόμενου κυκλώματος, άρα και η ένταση του ρεύματος I . Για να παραμένει η ένταση του ρεύματος αυτού σταθερή, θα ρυθμίζεται σε κάθε μέτρηση η τάση εξόδου του ταλαντωτή χαμηλής συχνότητας, έτσι ώστε να παραμένει σταθερή η ένδειξη του βολτομέτρου V . Με τον τρόπο αυτό θα είναι σταθερή και η ένταση του ρεύματος I , γιατί είναι:

$$I = \frac{V \text{ (σταθερή)}}{R \text{ (σταθερή)}}$$

Έτσι η πηγή τροφοδοτήσεως του κυμαινόμενου κυκλώματος (ο ταλαντωτής Χ.Σ.) ισοδυναμεί με πηγή σταθερού ρεύματος.

Παράλληλα προς το κυμαινόμενο κύκλωμα έχει συνδεθεί και άλλο ηλεκτρονικό



Σχ. 8.3.

Τά V_1 και V_2 είναι ηλεκτρονικά βολτόμετρα ή μιλιβολτόμετρα. Η τάση V πρέπει να είναι σταθερή σέ ολη τη διάρκεια των μετρήσεων.

βολτόμετρο (V_1). "Όταν ή συχνότητα του ταλαντωτή μεταβάλλεται, θά μεταβάλλεται καί ή ένδειξη του βολτομέτρου αυτού, δηλαδή ή τάση στά άκρα του κυμαινόμενου κυκλώματος. 'Η τάση αυτή, όταν διαιρεθεί μέ τή (σταθερή) ένταση του ρεύματος I , θά δίνει τήν αντίσταση Z του κυμαινόμενου κυκλώματος σέ κάθε συχνότητα:

$$Z = \frac{V_1}{I}$$

Γιά τή μέτρηση τής έντάσεως των ρευμάτων σέ κάθε κλάδο, δηλαδή των ρευμάτων I_L καί I_C , ακολουθείται ή έξής μέθοδος:

Σέ ένα κλάδο, π.χ. στό κλάδο C , παρεμβάλλεται μία μικρή αντίσταση r , λίγων ώμ, όπως φαίνεται στό σχήμα 8.3, καί παράλληλα μέ αυτή συνδέεται ήλεκτρονικό βολτόμετρο (όργανο V_2). 'Η μικρή αυτή αντίσταση δέν έπηρεάζει σέ αισθητό βαθμό τή συμπεριφορά του κυκλώματος.

"Όταν, τώρα, ή συχνότητα του ταλαντωτή μεταβάλλεται, ή ένδειξη του βολτομέτρου V_2 , αν διαιρεθεί μέ τήν τιμή τής r , θά δίνει τήν ένταση του ρεύματος στον κλάδο C γιά κάθε συχνότητα.

8.4 Μέθοδος ύποβιβασμού του συντελεστή ποιότητας Q .

'Ο συντελεστής ποιότητας Q του παράλληλου κυμαινόμενου κυκλώματος μπορεί νά ύπολογισθεί καί από τή σχέση:

$$Q = \frac{L\omega_0}{R}$$

όπου ω_0 είναι ή κυκλική συχνότητα συντονισμού ($= 2\pi f_0$) καί R είναι ή όλική αντίσταση άπωλειών του κλάδου του πηνίου (ύποτίθεται ότι ό πυκνωτής δέν έχει άπωλειες).

'Ο συντελεστής αυτός ποιότητας μπορεί νά έλαττωθεί όταν, παράλληλα στό κυμαινόμενο κύκλωμα, συνδεθεί αντίσταση R_{π} (σχ. 8.3). Θά έλαττωθεί δέ τόσο περισσότερο, όσο ή τιμή τής αντίστάσεως αυτής είναι μικρότερη. "Αρα όσο μεγαλύτερη είναι ή παράλληλη αντίσταση R_{π} , τόσο όξύτερη θά είναι τό κυμαινόμενο κύκλωμα. 'Αποδεικνύεται ότι, όταν τό κυμαινόμενο κύκλωμα παραλληλισθεί μέ αντίσταση R_{π} , ό συντελεστής ποιότητας αυτού γίνεται:

$$Q' = \frac{Q}{1 + \frac{R(1 + Q^2)}{R_{\pi}}}$$

όπου Q είναι ό συντελεστής ποιότητας του κυκλώματος χωρίς τήν αντίσταση R_{π} καί R ή όλική αντίσταση άπωλειών, όπως άναφέρθηκε προηγουμένως.

8.5 Έργασία.

- 1) Νά συνδεσμολογηθεί τό κύκλωμα του σχήματος 8.3. Νά συνδεθούν μόνο τά

ηλεκτρονικά βολτόμετρα V και V_1 . Τό V_2 και ή R_{π} νά μή συνδεθοῦν. Νά ρυθμισθεῖ ή τάση ἐξόδου τοῦ ταλαντωτῆ Χ.Σ., ὥστε τό V νά δείχνει τάση 1 βόλτ σέ ὅλη τή διάρκεια τῶν μετρήσεων. Ἡ ἀντίσταση R πού εἶναι σέ σειρά εἶναι γνωστή.

2) Γιά τίς ἐπόμενες συχνότητες f τοῦ ταλαντωτῆ νά σημειώνεται ή ἀντίστοιχη ἐνδείξη τοῦ V_1 : 300, 400, 500, 600, 700, 750, 800, 850, 900, 1000, 1200, 1500 Hz.

3) Νά ὑπολογισθεῖ ή σταθερή ἔνταση τοῦ ρεύματος I .

4) Νά ὑπολογισθεῖ ή ἀντίσταση Z τοῦ κυμαινόμενου κυκλώματος γιά κάθε συχνότητα f .

5) Νά χαραχθοῦν οἱ καμπύλες:

α) Τάση V_1 - συχνότητες.

β) Ἀντίσταση Z - συχνότητες σέ δύο χωριστά διαγράμματα.

6) Νά συνδεθεῖ παράλληλα μέ τό κυμαινόμενο κύκλωμα ἀντίσταση R_{π} , μέ γνωστή τιμή, καί νά γίνουν πάλι μετρήσεις τῆς τάσεως V_1 γιά τίς ἐξῆς συχνότητες: 300, 400, 500, 550, 600, 650, 700, 750, 800, 850, 900, 950, 1000, 1200, 1500, 2000, 3000, 4000, 5000 Hz.

7) Νά ὑπολογισθεῖ ή ἀντίσταση Z τοῦ κυμαινόμενου κυκλώματος γιά κάθε συχνότητα.

8) Νά χαραχθεῖ ή καμπύλη: τάση V_1 - συχνότητες στό ἴδιο σχεδιάγραμμα μέ τήν ἀντίστοιχη καμπύλη τῆς περιπτώσεως 5.

9) Νά χαραχθεῖ ἐπίσης ή καμπύλη: ἀντίσταση Z - συχνότητες στό ἴδιο σχεδιάγραμμα μέ τήν ἀντίστοιχη τῆς ἴδιας περιπτώσεως 5.

10) Νά συνδεθεῖ παράλληλα μέ τό κυμαινόμενο κύκλωμα ἄλλη ἀντίσταση R_{π} , μέ διαφορετική τιμή, καί νά ληφθοῦν νέες μετρήσεις τῆς τάσεως V_1 γιά τίς ἴδιες συχνότητες.

11) Νά ὑπολογισθεῖ πάλι ή ἀντίσταση Z τοῦ κυμαινόμενου κυκλώματος γιά κάθε συχνότητα.

12) Νά χαραχθοῦν πάλι οἱ καμπύλες: τάση V_1 - συχνότητες καί ἀντίσταση Z - συχνότητες στό ἴδιο σχεδιάγραμμα μέ τίς ἀντίστοιχες τῆς ἴδιας περιπτώσεως 5.

13) Νά ἀποσυνδεθεῖ ή ἀντίσταση R_{π} καί τό βολτόμετρο V_1 . Νά συνδεθεῖ ἡλεκτρονικό βολτόμετρο (V_2) στά ἄκρα τῆς γνωστῆς ἀντιστάσεως r καί νά μεταβληθεῖ ή συχνότητα τοῦ ταλαντωτῆ, ὥστε τό V_2 νά δείξει μέγιστο (συντονισμό).

14) Νά ὑπολογισθεῖ ή ἔνταση τοῦ ρεύματος I_C :

$$I_C = \frac{V_2}{r} \quad (\text{ὑπερένταση})$$

15) Νά ὑπολογισθεῖ τό Q ἀπό τή σχέση:

$$Q = \frac{I_C}{I}$$

16) Ἄν εἶναι γνωστά τά L , ω_0 καί R (ή ἀντίσταση ἀπωλειῶν τοῦ πηνίου), νά ὑπολογισθεῖ τό Q καί ἀπό τή σχέση:

$$Q = \frac{L\omega_0}{R}$$

καί νά συγκριθεῖ τό ἀποτέλεσμα αὐτό μέ ἐκεῖνο πού βρέθηκε στή περίπτωση 15.

ΑΣΚΗΣΗ 9

ΘΕΡΜΙΟΝΙΚΗ ΕΚΠΟΜΠΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ — Η ΔΙΟΔΟΣ ΛΥΧΝΙΑ ΚΕΝΟΥ

9.1 Γενικά.

Όταν ένας μεταλλικός άγωγός θερμανθεί σε ύψηλές θερμοκρασίες, τά ελεύθερα ηλεκτρόνια των ατόμων του κινούνται με μεγάλες ταχύτητες, συγκρούονται μεταξύ τους και μερικά από αυτά, αφού αποκτήσουν μεγάλη κινητική ενέργεια, εγκαταλείπουν τό μέταλλο και βγαίνουν στο χώρο γύρω από αυτό. Συμβαίνει, δηλαδή, κάτι παρόμοιο με τό βρασμό του νερού. Η έξοδος ηλεκτρονίων από ένα μέταλλο με αυτό τόν τρόπο, λέγεται θερμική ή **θερμιονική έκπομπή**. Αυτή είναι και ή βάση τής λειτουργίας των ηλεκτρονικών λυχνιών.

Η πιό απλή ηλεκτρονική λυχνία έχει δύο μεταλλικά ηλεκτρόδια. Τό ένα, ή **κάθοδος**, πού θερμαίνεται και εκπέμπει ηλεκτρόνια και τό άλλο, ή **άνοδος**, πού βρίσκεται σε θετικό δυναμικό και παίρνει τά ηλεκτρόνια πού βγαίνουν από τή θερμαινόμενη κάθοδο. Τά δύο αυτά ηλεκτρόδια είναι τοποθετημένα σε κάποια απόσταση μεταξύ τους, μέσα σε ένα κλειστό αερόκενο σωλήνα, γυάλινο ή μεταλλικό. Μιά τέτοια λυχνία με κάθοδο και άνοδο λέγεται **δίοδος λυχνία κενού**. Η θέρμανση τής καθόδου μπορεί νά γίνεται άπευθείας, όποτε ή λυχνία είναι άμέσου θερμάνσεως ή νά γίνεται με βοηθητικό ηλεκτρόδιο, τό **νήμα**, όποτε είναι έμμέσου θερμάνσεως.



Σχ. 9.1α.

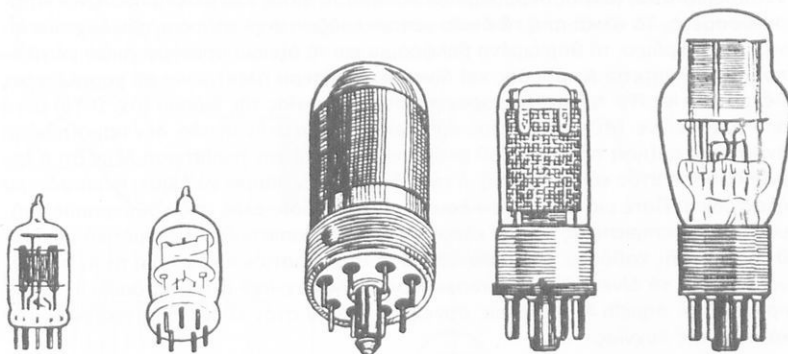
- α) Δίοδος λυχνία άμέσου θερμάνσεως. Θεωρητικό σύμβολο. β) Δίοδος λυχνία έμμέσου θερμάνσεως. Θεωρητικό σύμβολο.

Στά σχήματα 9.1α και 9.1β φαίνονται:

- α) Θεωρητικός συμβολισμός διόδων λυχνιών άμέσου και έμμέσου θερμάνσεως (σχ. 9.1α) και

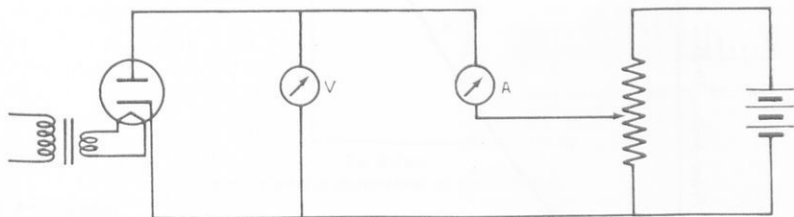
- β) πραγματική εμφάνιση των λυχνιών διαφόρων τύπων (σχ. 9.1β).

Η ένταση του ρεύματος πού κυκλοφορεί σε μία δίοδο λυχνία, έφ' όσον ή κάθο-



Σχ. 9.1β.

Ἐξωτερική ἐμφάνιση λυχνιῶν διαφόρων τύπων.



Σχ. 9.1γ.

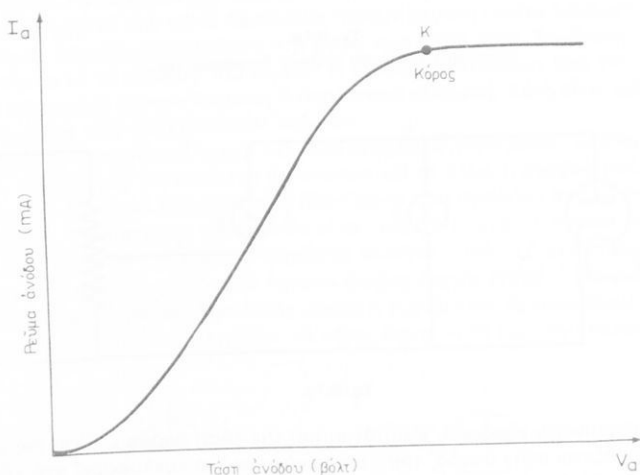
δός της θερμαίνεται κανονικά, εξαρτάται από τήν τάση ἀνόδου. Ὅσο πιο μεγάλη τάση ἐφαρμόζεται στήν ἀνοδο, τόσο πιο μεγάλο ρεύμα κυκλοφορεῖ στοῦ κύκλωμα τῆς λυχνίας. Αὐτό μπορεῖ νά μετρηθεῖ μέ τήν πραγματοποίηση τοῦ κυκλώματος τοῦ σχήματος 9.1γ.

Στοῦ κύκλωμα αὐτό ἡ τάση τῆς πηγῆς ἐφαρμόζεται στήν ἀνοδο τῆς λυχνίας μέσω ποτενσιομέτρου, γιά νά ἔχομε τίς ἀπαιτούμενες κάθε φορά μεταβολές. Τό βολτόμετρο παράλληλα στήν ἀνοδο μετρά τήν τάση πού ἐφαρμόζεται σέ αὐτή, ἐνῶ τό μιλλιαμπερόμετρο σέ σειρά μετρά τό ἀντίστοιχο ρεύμα. Ἡ μορφή τῆς χαρακτηριστικῆς καμπύλης μιᾶς διόδου λυχνίας (καμπύλη πού ἐκφράζει τίς μεταβολές τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος, ὅταν μεταβάλλεται ἡ ἀνοδική τάση), φαίνεται στοῦ σχήμα 9.1δ.

Ἐννοεῖται ὅτι τό ρεύμα κυκλοφορεῖ στοῦ κύκλωμα τῆς λυχνίας μόνον ὅταν ἡ ἀνοδος εἶναι θετική. Ὅταν στήν ἀνοδο (μεταξύ ἀνόδου - καθόδου) ἐφαρμοσθεῖ ἀρνητικό δυναμικό, δέν κυκλοφορεῖ ρεύμα, γιατί τά ἠλεκτρόνια πού βγαίνουν ἀπό τή θερμαινόμενη κάθοδο, ἀπωθοῦνται ἀπό τό ἀρνητικό δυναμικό τῆς ἀνόδου.

Ὁ ἀριθμός τῶν ἠλεκτρονίων πού βγαίνουν ἀπό τήν κάθοδο, ὅταν αὐτή θερμαί-

νεται, εξαρτάται, από τη θερμοκρασία και από τό είδος τοῦ ὑλικοῦ ποῦ εἶναι κατασκευασμένη. Τά ὑλικά ἀπό τά ὁποῖα κατασκευάζονται οἱ κάθοδοι τῶν λυχνιῶν εἶναι τό βολφράμιο, τό θοριωμένο βολφράμιο καί τά ὀξείδια σπανίων γαιῶν μέ τά ὁποῖα ἐπικαλύπτεται ἡ κάθοδος καί δίνει περισσότερα ἤλεκτρόνια σέ χαμηλότερες θερμοκρασίες. Τό τμήμα τῆς χαρακτηριστικῆς λυχνίας τῆς διόδου (σχ. 9.16) μετά ἀπό τό Κ δείχνει ὅτι παρ' ὅλο ποῦ αὐξάνεται ἡ τάση στήν ἀνοδο, δέν παρατηρεῖται ἀντίστοιχη αὐξηση τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος. Σέ αὐτή τήν περίπτωση λέμε ὅτι ἡ λυχνία ἔφθασε στόν κόρο, δηλαδή, ἡ κάθοδός της δέν μπορεῖ νά δώσει περισσότερα ἤλεκτρόνια. Ποτέ μιά λυχνία δέν δουλεύει στόν κόρο, ἀλλά στό εὐθύγραμμο τμήμα τῆς χαρακτηριστικῆς της. Ὁ κόρος μπορεῖ νά διαπιστωθεῖ πειραματικά μέ ὑποθήρμανση τῆς καθόδου. Μέ κανονική τάση στά νήματα καί κανονική τάση στήν ἀνοδο (ὅπως τά δίνει αὐτά ὁ κατασκευαστής τῆς λυχνίας) ἡ λυχνία δουλεύει πολὺ πρὶν ἀπὸ τό σημεῖο Κ. Ἐξάλλου, συνεχῆς ἐργασία στόν κόρο θά κατέστρεφε τήν κάθοδο τῆς λυχνίας.

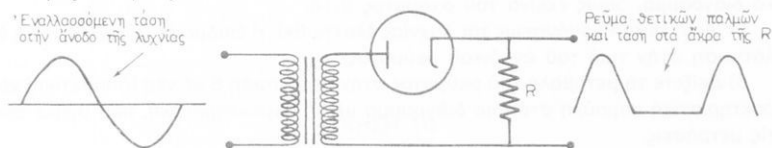


Σχ. 9.16.

Τάση ἀνόδου (βόλτ).

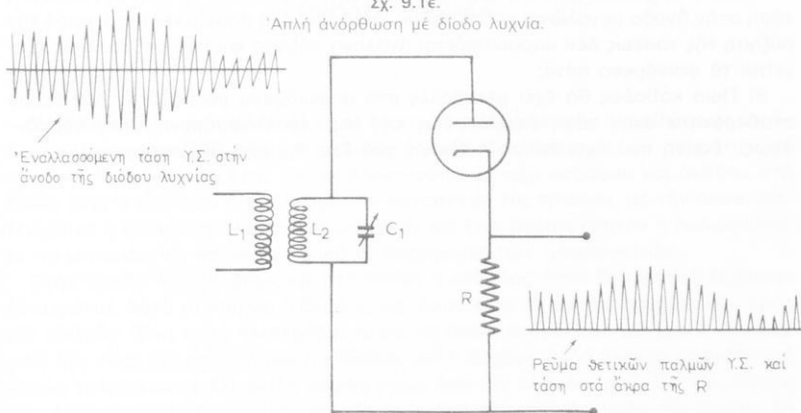
Ἡ διόδος λυχνία χρησιμοποιεῖται σέ κυκλώματα ἀνορθώσεως ἢ φωράσεως. Ἡ λειτουργία τῆς ἀνορθώσεως καί τῆς φωράσεως εἶναι ἴδια. Ἀνορθωση εἶναι ἡ μετατροπὴ ἐναλλασσομένων ρευμάτων σέ συνεχῆ μέ τήν ἀποκοπὴ τῶν ἀρνητικῶν ἡμιπεριόδων. Καί στή φώραση πραγματοποιεῖται ἀποκοπὴ ἀρνητικῶν ἡμιπεριόδων τῶν ἐναλλασσομένων μεγεθῶν, ποῦ ἐφαρμόζονται μεταξύ ἀνόδου - καθόδου μῆς διόδου λυχνίας. Γενικά ὅμως ἡ ἀνορθωση ἀναφέρεται σέ ἰσχυρά ρεύματα χαμηλῶν (βιομηχανικῶν) συχνοτήτων, ἐνῶ ἡ φώραση ἀναφέρεται σέ ἀσθενῆ ρεύματα ὑψηλῶν συχνοτήτων. Μέ τόν ὅρο φώραση ἢ ἀποδιαμόρφωση, ἀναφερόμαστε στή διαδικασία ἐκείνη κατά τήν ὁποῖα ξεχωρίζουμε (ἀποκαλύπτουμε) τήν ἀκουστικὴ συχνότητα ἀπὸ τή φέρουσα ὑψηλή.

Στά σχήματα 9.1ε και 9.1στ εξηγούνται καλύτερα ή ανόρθωση και ή φώραση. Λεπτομέρειες για την ανόρθωση και τη φώραση θα εξετασθούν αργότερα σε ιδιαίτερες ασκήσεις.



Σχ. 9.1ε.

Απλή ανόρθωση με δίοδο λυχνία.



Σχ. 9.1στ.

Απλό κύκλωμα φώρασεως με δίοδο λυχνία.

9.2 Έργασία.

1) Νά πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 9.1γ (έκτός από την υψηλή τάση στην άνοδο της λυχνίας).

2) Άφοῦ κλειθεῖ ὁ καθηγητῆς καί ἐλέγξει τήν ἀκρίβεια τοῦ κυκλώματος, νά τροφοδοτηθεῖ ἡ ἄνοδος μέ ὑψηλή τάση καί νά ληφθοῦν μετρήσεις τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος γιά μεταβολές τῆς τάσεως ἀνόδου. Τά ὅρια τῆς τάσεως στά ὁποῖα θά γίνουν μεταβολές θά ὁρισθοῦν ἀπό τόν καθηγητή μέ βάση τόν τύπο τῆς δίοδου λυχνίας πού χρησιμοποιεῖται στήν ἀσκηση.

3) Οἱ μετρήσεις νά καταχωρισθοῦν στόν Πίνακα 9.2.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.2.1.

V θερμ. νημάτων = ... βόλτ = σταθερή	
V_a (βόλτ)	I_a (mA)
-----	-----
-----	-----
-----	-----
-----	-----

4) 'Από τίς τιμές τῶν μεταβολῶν τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος, ὅταν μεταβάλλεται ἡ ἀνοδική τάση τῆς λυχνίας, νά χαραχθεῖ ἡ χαρακτηριστική καμπύλη αὐτῆς σέ σχετικό διάγραμμα, ὅπως ἐκεῖνο τοῦ σχήματος 9.1δ.

5) Ἄν ἡ τάση θερμάνσεως τῆς λυχνίας ἐλαττωθεῖ, τί ἐπίδραση θά ἔχει αὐτή ἡ ἐλάττωση στήν τιμή τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος;

6) Δείξτε τή μεταβολή τοῦ ρεύματος στήν περίπτωση 5 μέ νέα (ὑποθετική) χαρακτηριστική καμπύλη στό ἴδιο διάγραμμα μέ τή χαρακτηριστική, πού βγῆκε ἀπό τίς μετρήσεις.

7) Ἀπό τή χαρακτηριστική καμπύλη τῆς λυχνίας φαίνεται ὅτι ὅσο μεγαλώνει ἡ τάση στήν ἄνοδο μεγαλώνει καί τό ρεῦμα, ἀλλά ἀπό ἓνα σημεῖο καί μετά, παρά τήν αὐξηση τῆς τάσεως δέν παρουσιάζεται ἀνάλογη αὐξηση καί στό ρεῦμα. Πῶς ἐξηγεῖται τό φαινόμενο αὐτό;

8) Ποιά κάθοδος θά ἔχει μεταβολές στό παρεχόμενο ρεῦμα ὅταν δέν ἔχομε σταθερότητα στήν τάση θερμάνσεώς της (π.χ. ἐναλλασσόμενη τάση θερμάνσεως), ἐκείνη πού ἔχει ἄμεσο ἢ ἐκείνη πού ἔχει ἔμμεσο θέρμανση;

ΑΣΚΗΣΗ 10

ΤΡΙΟΔΟΣ ΛΥΧΝΙΑ

10.1 Γενικά.

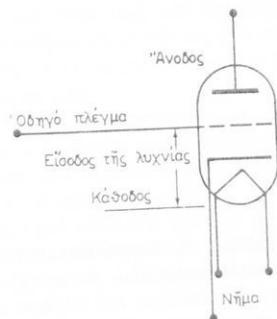
Ἡ ἀνακάλυψη τῆς δίοδου λυχνίας ἔλυσε τό πρόβλημα τῆς ἀνορθώσεως ἐναλλασσομένων μεγεθῶν, τῆς μετατροπῆς δηλαδή ἐναλλασσομένων ρευμάτων σέ συνεχή. Ἡ πρόσθεση ἑνὸς ἀκόμη ἠλεκτροδίου μεταξὺ καθόδου καί ἀνόδου στή δίοδο λυχνία εἶχε σάν ἀποτέλεσμα τὴν κατασκευή τῆς τριόδου, μέ τὴν ὁποία ἐπιτεύχθηκε ἡ ἐνίσχυση ἠλεκτρικῶν μεγεθῶν καί ἔτσι ἀναπτύχθηκαν ἡ ραδιοφωνία, οἱ τηλεπικοινωνίες καί ὅλες γενικά οἱ ἐφαρμογές τῶν ἠλεκτρονικῶν.

Στὴν τριόδο λυχνία, ὅπως καί στή δίοδο, ἡ κάθοδος, ὅταν θερμανθεῖ, ἐκπέμπει ἠλεκτρόνια. Αὐτά τὰ παίρνει ἡ ἀνοδος, ἐφ' ὅσον εἶναι σέ θετικό δυναμικό ὡς πρὸς τὴν κάθοδο. Ἐνα τρίτο ἠλεκτρόδιο τώρα, τὸ ὁποῖο ὀνομάζεται **πλέγμα ἢ ἐσχάρα**, γιὰτὶ δέν εἶναι συμπαγὲς ὅπως ἡ κάθοδος καί ἡ ἀνοδος, ἀλλὰ πλέγμα συρμάτινο ἢ σύρμα τυλιγμένο σέ ἐλικοειδῆ μορφή γύρω ἀπὸ τὴν κάθοδο, ρυθμίζει τὴν κίνηση τῶν ἠλεκτρονίων αὐτῶν στὴν πορεία τους ἀπὸ τὴν κάθοδο πρὸς τὴν ἀνοδο. Τὴ ρυθμίζει (ἐμποδίζει), μέ τὸ φυσικό ἐμπόδιο πού παρεμβάλλει στὸ δρόμο τους καί μέ τὸ ἀρνητικό, σέ σχέση μέ τὴν κάθοδο, δυναμικό στὸ ὁποῖο βρίσκεται. Ἡ κάθοδος θεωρεῖται ὅτι βρίσκεται σέ δυναμικό μηδέν καί λαμβάνεται σάν ἀρχὴ μετρήσεως ὅλων τῶν δυναμικῶν τῶν ἄλλων ἠλεκτροδίων. Δηλαδή τὰ δυναμικά τῆς ἀνόδου καί τοῦ πλέγματος ἀναφέρονται πάντοτε ὡς πρὸς τὴν κάθοδο.

Τὸ πλέγμα, ἐπειδὴ εἶναι τοποθετημένο πιὸ κοντὰ στὴν κάθοδο, ἐπηρεάζει σέ πολὺ πιὸ σημαντικό βαθμὸ τὴν κυκλοφορία τῶν ἠλεκτρονίων ἀπὸ κάθοδο πρὸς ἀνοδο, ἀπὸ ὅτι τὴν ἐπηρεάζει αὐτὴ ἡ ἴδια ἡ ἀνοδος μέ τὸ θετικό δυναμικό της. Ἡ θεωρητικὴ σχεδίαση τριόδου λυχνίας καθὼς καί τομὴ τῆς πραγματικῆς τῆς ὡσεως φαίνονται στὰ σχήματα 10.1α καί 10.1β.

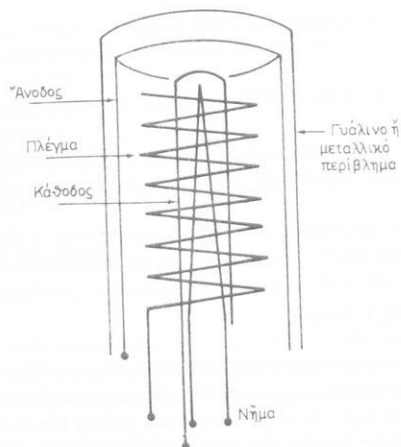
Τὸ πλέγμα τῆς τριόδου λυχνίας, σχεδὸν πάντοτε, βρίσκεται σέ ἀρνητικό δυναμικό σέ σχέση μέ τὴν κάθοδο. Ἐστὶ τὸ ἀρνητικό πλέγμα, παρ' ὅλο πού οἱ ἀρνητικὲς τιμές τοῦ δυναμικοῦ του εἶναι μικρές (π.χ. -3 βόλτ, -5 βόλτ κ.ο.κ.), ὅπωςδὴποτε δυσκολεύει τὰ ἠλεκτρόνια (πού εἶναι ἀρνητικά φορτία) στὴν πορεία τους πρὸς τὴν ἀνοδο. Μὲ αὐτὸ τὸν τρόπο ρυθμίζεται τὸ μέγεθος τῆς ἐντάσεως τοῦ ρεύματος στὸ κύκλωμα τῆς λυχνίας, γι' αὐτὸ καί τὸ πλέγμα λέγεται **ὁδηγὸ πλέγμα**.

Καί στὴν τριόδο λυχνία, ὅπως στή δίοδο, μπορεῖ νὰ χαραχθεῖ ἡ χαρακτηριστικὴ καμπύλη, ἡ ὁποία δείχνει τίς μεταβολές τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος I_a σέ σχέση μέ τίς μεταβολές τῆς ἀνοδικῆς τάσεως V_a , μέ τὴ διαφορά ὅτι ἐδῶ μπορεῖ νὰ χαραχθοῦν τόσες χαρακτηριστικὲς ὅσα καί τὰ δυναμικά πού δίνονται στὸ οδηγὸ πλέγμα. Ἐστὶ



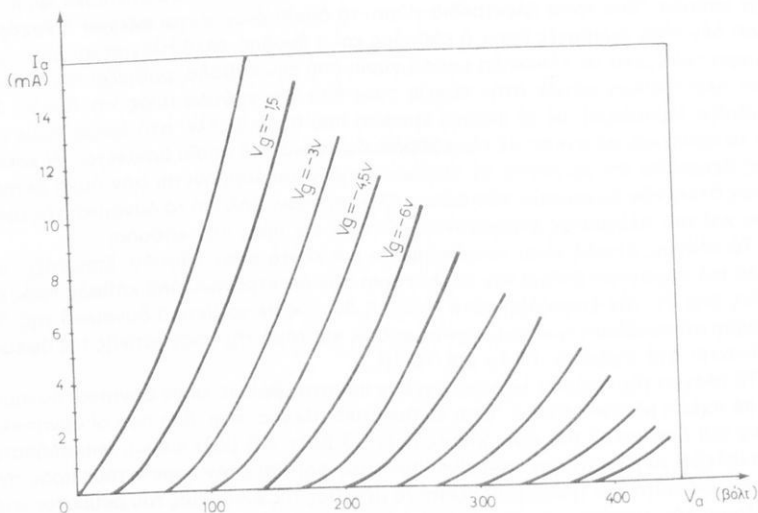
Σχ. 10.1α.

Θεωρητικό σχέδιο τριόδου λυχνίας.



Σχ. 10.1β.

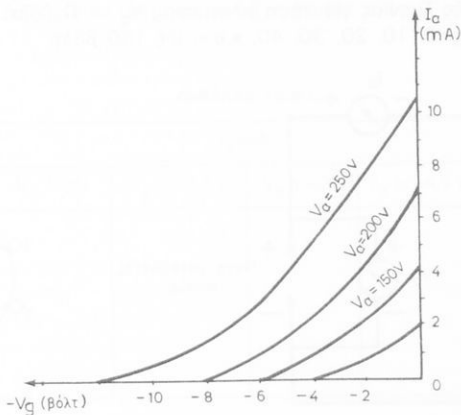
Πρακτικό σχέδιο τριόδου λυχνίας.



Σχ. 10.1γ.

χαράσσεται μία ομάδα (ένα σμήνος) χαρακτηριστικών, όπως φαίνονται στο σχήμα 10.1γ.

Γιά κάθε χαρακτηριστική καμπύλη ή τάση του πλέγματος είναι ορισμένη και παραμένει σταθερή. Επίσης σε μία τριόδο λυχνία μπορεί να χαραχθούν, εκτός από τις προηγούμενες χαρακτηριστικές, οι οποίες λέγονται **χαρακτηριστικές ανόδου** της λυχνίας, και οι **χαρακτηριστικές πλέγματος**, που φαίνονται στο σχήμα 10.16.



Σχ. 10.16.

Οι χαρακτηριστικές αυτές δείχνουν τις μεταβολές του ανοδικού ρεύματος I_a σε σχέση με τις μεταβολές της αρνητικής τάσεως του οδηγού πλέγματος V_g . Έννοείται ότι για κάθε τέτοια χαρακτηριστική καμπύλη, η τάση της ανόδου είναι ορισμένη και παραμένει σταθερή, όπως σημειώνεται στο προηγούμενο διάγραμμα.

Η έσωτερική αντίσταση της τριόδου λυχνίας δίνεται από τη σχέση:

$$\rho = \frac{\Delta V_a}{\Delta I_a} \quad (\text{για ένα ορισμένο, σταθερό } V_g)$$

Από το σμήνος των χαρακτηριστικών πλέγματος μιάς τριόδου λυχνίας προσδιορίζεται ο συντελεστής ένισχύσεως αυτής. Ο συντελεστής ένισχύσεως συμβολίζεται με το γράμμα μ και είναι ένας σταθερός αριθμός για κάθε λυχνία, που εξαρτάται από τη γεωμετρική κατασκευή της. (Ο συμβολισμός με το μικρό ελληνικό γράμμα μ είναι διεθνής). Ο σταθερός αυτός αριθμός δηλώνει πόσες φορές μπορεί η τριόδος λυχνία να ένισχύσει ένα σήμα που εφαρμόζεται στην είσοδό της. Δίνεται από τη σχέση:

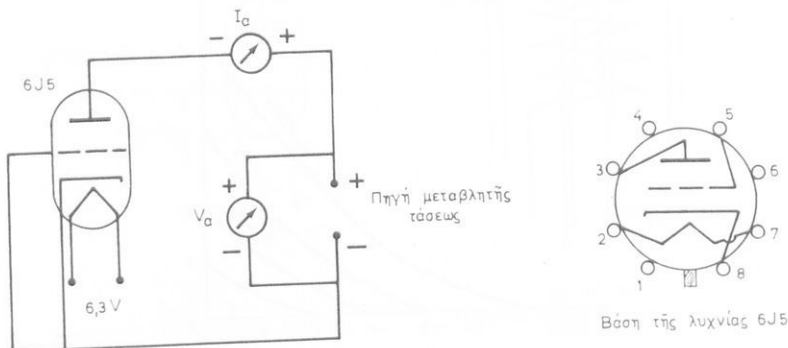
$$\mu = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_g} \quad (\text{για ένα ορισμένο, σταθερό } I_a)$$

10.2 Έργασία.

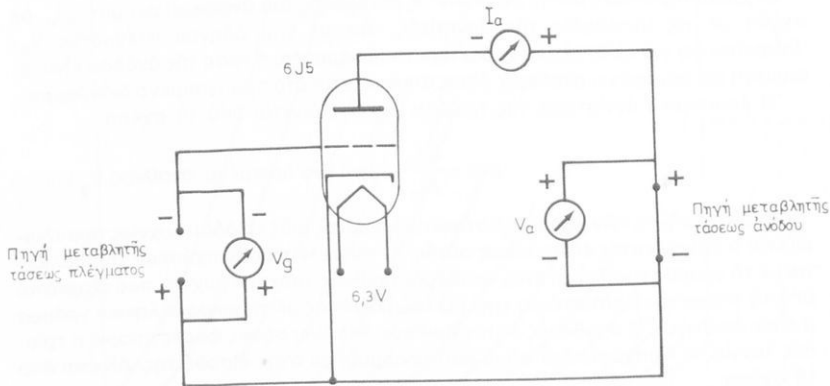
- 1) Νά πραγματοποιηθεί το κύκλωμα (σχ. 10.2α). Για πηγή να χρησιμοποιηθεί

τροφοδοτικό μεταβλητής τάσεως. Το πλέγμα νά συνδεθεί άπευθείας στην κάθοδο, όποτε θά βρίσκεται σέ δυναμικό μηδέν.

Μέ μεταβολή τής άνοδικής τάσεως από 0 - 130 βόλτ νά ληφθοούν μετρήσεις των αντίστοιχων μεταβολών του άνοδικού ρεύματος καί νά χαραχθεί ή χαρακτηριστική άνόδου τής λυχνίας γιά τάση πλέγματος $V_g = 0$ βόλτ. Διαδοχικές τιμές άνοδικής τάσεως: 0, 10, 20, 30, 40, κ.ο.κ. ως 130 βόλτ.



Σχ. 10.2α.



Σχ. 10.2β.

2) Νά τροποποιηθεί τό προηγούμενο κύκλωμα καί νά γίνει όπως στό σχήμα 10.2β. Νά εφαρμοσθεί στό πλέγμα σταθερή άρνητική τάση -1,5 βόλτ καί νά ληφθοούν μετρήσεις ώστε νά χαραχθεί στό ίδιο διάγραμμα νέα χαρακτηριστική άνόδου τής λυχνίας γιά $V_g = -1,5$ βόλτ. Τιμές άνοδικής τάσεως: 20, 30, 40, 50, 60,... 140 βόλτ.

3) Τό ίδιο νά έπαναληφθεῖ γιά τάσεις πλέγματος:

α) -3 βόλτ. Τιμές άνοδικής τάσεως: 40, 50, 60, 70, 80,... 160 βόλτ.

β) $-4,5$ βόλτ. Τιμές άνοδικής τάσεως: 60, 70, 80, 90, 100, 110,... 200 βόλτ.

γ) -6 βόλτ. Τιμές άνοδικής τάσεως: 80, 100, 120, 140,...220 βόλτ.

4) Όλες οί ένδείξεις τών μετρήσεων νά γραφοῦν στόν Πίνακα 10.2.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 10.2.1.

V_a (βόλτ)	I_a (mA)				
	$V_g = 0\text{ V}$	$V_g = -1,5\text{ V}$	$V_g = -3\text{ V}$	$V_g = -4,5\text{ V}$	$V_g = -6\text{ V}$
0					
10					
20					
30					
40					
...					
...					
...					

5) Άπό τίς προηγούμενες μετρήσεις νά χαραχθοῦν στό ἴδιο διάγραμμα οί χαρακτηριστικές άνόδου (V_a / I_a) τής λυχνίας.

6) Έφαρμόζοντας σταθερή τάση στήν άνοδο τής λυχνίας, διαδοχικά 75, 100 καί 140 βόλτ, νά μεταβάλλεται ἡ τάση πλέγματος στίς τιμές -1 , -2 , -3 , -4 , -5 , -6 , βόλτ καί νά ληφθοῦν μετρήσεις γιά τίς αντίστοιχες μεταβολές τοῦ άνοδικοῦ ρεύματος I_a .

7) Όλες οί μετρήσεις τής προηγούμενης έρωτήσεως νά γραφοῦν στόν Πίνακα 10.2.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 10.2.2.

V_g (βόλτ)	I_a		
	$V_a = 75\text{ V}$	$V_a = 100\text{ V}$	$V_a = 140\text{ V}$
0			
-1			
-2			
-3			
-4			
-5			
-6			

8) Άπό τίς μετρήσεις αυτές νά χαραχθοῦν στό ἴδιο διάγραμμα οί χαρακτηριστικές καμπύλες πλέγματος (I_a / V_g) τής λυχνίας.

ΑΣΚΗΣΗ 11

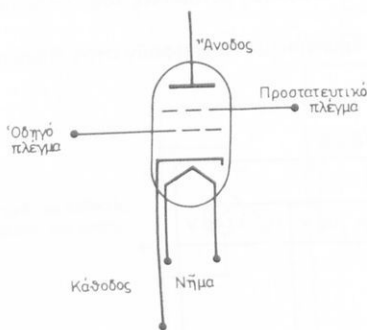
ΤΕΤΡΟΔΟΣ ΛΥΧΝΙΑ

ΚΑΙ ΛΥΧΝΙΑ ΙΣΧΥΟΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΟΜΕΝΗΣ ΔΕΣΜΗΣ

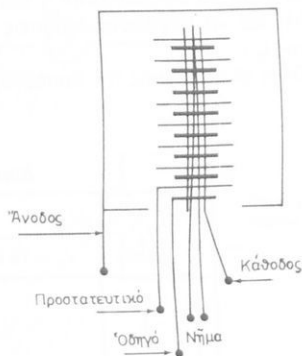
11.1 Γενικά.

Μέ την προσθήκη ενός πλέγματος στή γνωστή από την προηγούμενη άσκηση τρίοδο λυχνία προκύπτει ένας νέος τύπος, ή τέτροδος, ή λυχνία δηλαδή, των τεσσάρων ηλεκτροδίων. 'Η προσθήκη αυτή κρίθηκε αναγκαία, πρώτα για να εξασφαλισθεί μεγαλύτερη ενίσχυση (τό μ μιὰς τριόδου φθάνει μέχρι καί 100, ενώ τό μ μιὰς τετρόδου μπορεί να περάσει καί τό 1000) καί ύστερα γιατί ή δημιουργούμενη χωρητικότητα μεταξύ όδηγοῦ πλέγματος καί ανόδου σέ μιὰ τρίοδο δέν επέτρεπε τή χρησιμοποίησή της σέ κύκλωμα ύψηλῶν συχνοτήτων.

Τά σχήματα 11.1α καί 11.1β δείχνουν μιὰ τέτροδο λυχνία.



Σχ. 11.1α.
Θεωρητικὸ σχέδιο τετρόδου λυχνίας.



Σχ. 11.1β.
Τομή τετρόδου λυχνίας.

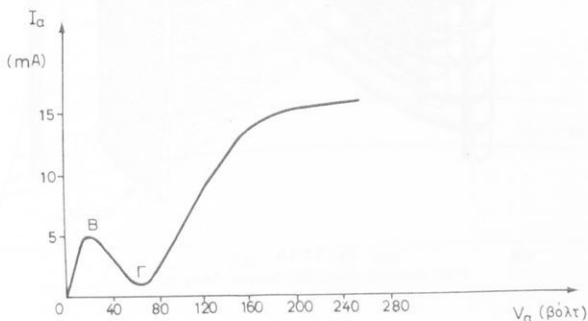
Τό νέο πλέγμα ονομάζεται **προστατευτικό**. Είναι τοποθετημένο μεταξύ όδηγοῦ πλέγματος καί ανόδου καί ἔχει πάντοτε θετικό δυναμικό σέ σχέση μέ τήν κάθοδο. Τό θετικό δυναμικό τοῦ προστατευτικοῦ πλέγματος βοηθάει (ἐλκει), ἐπειδή εἶ-

ναι πιά κοντά στην κάθοδο, ώστε τα ηλεκτρόνια αυτής να φθάσουν πιά γρήγορα στην άνοδο. Αυτή η επιτάχυνση όμως των ηλεκτρονίων δημιουργεί και όρισμένους περιορισμούς και δεν επιτρέπεται η χρησιμοποίηση μιας τέτοιας τετρώδου σε κυκλώματα ένισχύσεως.

Πράγματι στην τέτροδο τα ηλεκτρόνια από την κάθοδο φθάνουν με μεγάλη ταχύτητα στην άνοδο και χτυπούν επάνω σε αυτή με τόση όρμη, ώστε προκαλούν εξαγωγή νέων ηλεκτρονίων από το μέταλλο της άνοδου. Η έκπομπή ηλεκτρονίων από την άνοδο με τον τρόπο αυτό λέγεται **δευτερογενής έκπομπή**.

Τα ηλεκτρόνια που προέρχονται από τη δευτερογενή έκπομπή, ανάλογα με τις ταχύτητες που αποκτούν κατά την εξαγωγή τους, έλκονται από το θετικό δυναμικό του προστατευτικού πλέγματος και έτσι δημιουργείται η κυκλοφορία ενός αντίθετου ρεύματος από την άνοδο προς το προστατευτικό πλέγμα. Έτσι όμως ελαττώνεται το ρεύμα της άνοδου, παρ' όλο ότι η ανοδική τάση αυξάνεται.

Η χαρακτηριστική καμπύλη τάσεως-ρεύματος άνοδου μιας τετρώδου λυχνίας φαίνεται στο διάγραμμα του σχήματος 11.1γ.



Σχ. 11.1γ.

Χαρακτηριστική καμπύλη τάσεως άνοδου - ρεύματος, άνοδου τετρώδου λυχνίας.

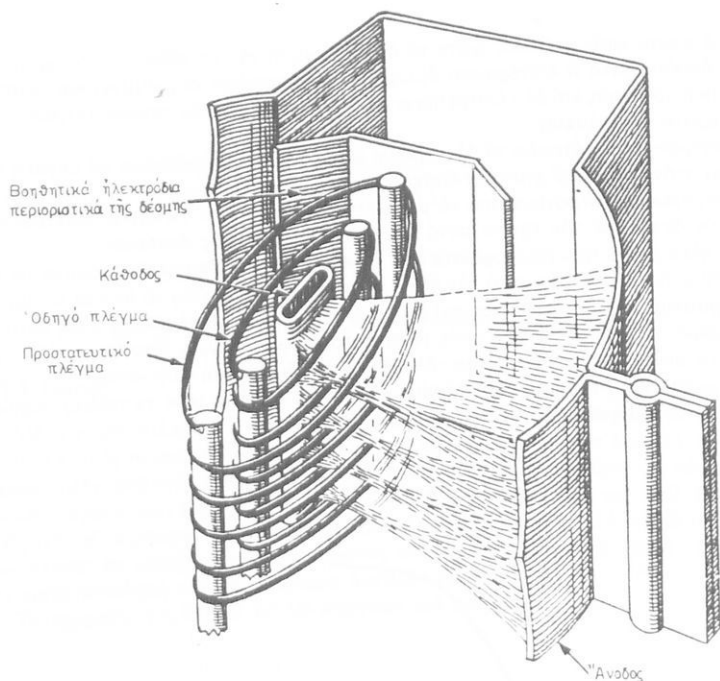
Τό τμήμα ΒΓ της χαρακτηριστικής δείχνει την ελάττωση του άνοδικού ρεύματος, παρ' όλο που αυξάνεται η ανοδική τάση. Η λυχνία τότε παρουσιάζει τό φαινόμενο της **άρνητικής αντίστασης** και, ενώ δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ενισχυτήρια σε αυτή την περιοχή, χρησιμοποιείται σαν ταλαντώτρια.

Η δημιουργούμενη «κατάδυσση» της χαρακτηριστικής, όπως λέγεται ή πτώση της στο τμήμα ΒΓ, αντιμετωπίζεται με δύο τρόπους:

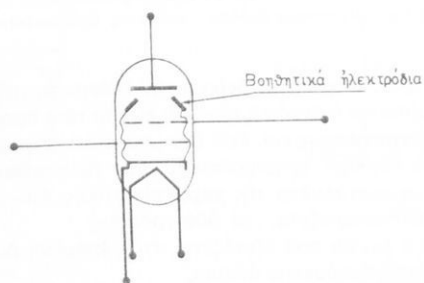
- α) Με την πέντοδο λυχνία που εξετάζεται στην επόμενη άσκηση και
- β) με τη λυχνία κατευθυνόμενης δέσμης.

Οι λυχνίες κατευθυνόμενης δέσμης είναι τέτροδοι (αν και μερικοί τεχνικοί τις κατατάσσουν στις πεντόδους) με ειδική κατασκευή και ειδική τοποθέτηση των πλεγμάτων. Τό επόμενο σχήμα δείχνει μία τομή τετρώδου λυχνίας κατευθυνόμενης δέσμης και τό σχηματισμό των ομάδων ηλεκτρονίων (σχήμα 11.1δ).

Τό οδηγό και τό προστατευτικό πλέγμα είναι έτσι τοποθετημένα, ώστε τα ήλε-



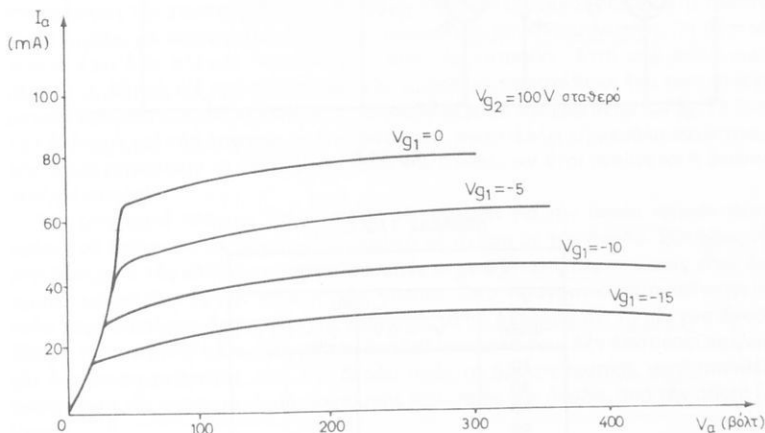
Σχ. 11.1δ.
Τομή λυχνίας κατευθυνόμενης δέσμης.



Σχ. 11.1ε.
Θεωρητικό σχέδιο λυχνίας κατευθυνόμενης δέσμης.

κτρώνια της καθόδου νά δημιουργούν δέσμες στην πορεία τους προς την άνοδο. Για διευκόλυνση της λειτουργίας αυτής τοποθετούνται δύο βοηθητικά ηλεκτρόδια μεταξύ του προστατευτικού πλέγματος και της ανόδου, όπως φαίνεται στο σχήμα 11.1ε. Τα βοηθητικά αυτά ηλεκτρόδια (άνοδοι), συνδέονται με την κάθοδο και φέρουν το δυναμικό της καθόδου.

Οι χαρακτηριστικές ανόδου (τάσεως - ρεύματος) μιᾶς λυχνίας κατευθυνόμενης δέσμης δέν παρουσιάζουν κατάδυση. Ἡ μορφή τους φαίνεται στο διάγραμμα του σχήματος 11.1στ.



Σχ. 11.1στ.

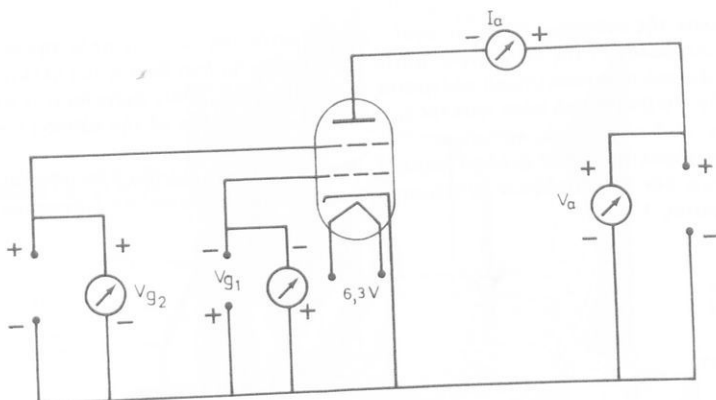
Χαρακτηριστικές καμπύλες τάσεως - ρεύματος ανόδου λυχνίας κατευθυνόμενης δέσμης.

Οι λυχνίες κατευθυνόμενης δέσμης χρησιμοποιούνται πάντοτε στίς εξόδους των ενισχυτών, γιατί είναι λυχνίες μεγάλης εύαισθησίας και μεγάλης αποδόσεως ισχύος στην έξοδό τους.

11.2 Ἔργασία.

1) Νά πραγματοποιηθεῖ τό κύκλωμα τετρώδου λυχνίας τοῦ σχήματος 11.2.
2) Ἀφοῦ ἐλεγχθεῖ τό κύκλωμα ἀπό τόν καθηγητή τοῦ Ἐργαστηρίου, νά ληφθοῦν μετρήσεις τῶν μεταβολῶν τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος I_a σέ σχέση μέ τίς μεταβολές τῆς ἀνοδικῆς τάσεως V_a γιά δύο διαφορετικά δυναμικά τοῦ ὁδηγοῦ πλέγματος τῆς λυχνίας ($V_{g1} = 0$ καί -3 βόλτ), μέ τό προστατευτικό πλέγμα πάντοτε μέ σταθερό δυναμικό 100 βόλτ. Οἱ τιμές τῆς ἀνοδικῆς τάσεως νά μεταβάλλονται ἀπό 20 ὡς 200 βόλτ ἀνά 20 βόλτ.

3) Ὅλες οἱ μετρήσεις νά γραφοῦν στόν Πίνακα 11.2.1.



Σχ. 11.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11.2.1.

Γιά $V_{g1} = 100 \text{ V}$ (σταθερό)		
V_a (βόλτ)	I_a (mA)	
	$V_{g1} = 0 \text{ V}$	$V_{g1} = -3 \text{ V}$
20		
40		
60		
80		
...		
...		
...		

4) Από τις μετρήσεις να χαραχθούν οι χαρακτηριστικές ανόδου (τάσεως - ρεύματος) της τετρώδους λυχνίας.

5) Να τοποθετηθεί στο σασσί της άσκησης λυχνία κατευθυνόμενης δέσμης, να συνδεσμοποιηθεί το κύκλωμα και να ληφθούν μετρήσεις, ώστε να χαραχθούν οι χαρακτηριστικές ανόδου για τάσεις οδηγού πλέγματος $V_g = 0, -3$ και -6 βόλτ. Οι τιμές ανοδικής τάσεως μεταβάλλονται από 20 ως 240 βόλτ ανά 20 βόλτ.

6) Όλες οι μετρήσεις να γραφούν σε πίνακα, όπως στην ερώτηση 3.

7) Από τις μετρήσεις της προηγούμενης ερωτήσεως να χαραχθούν οι τρεις καμπύλες στο ίδιο διάγραμμα. Να συγκριθούν αυτές με εκείνες που χαράχθηκαν στην ερώτηση 4.

8) Για ποιές τιμές τάσεως της ανόδου παρουσιάζεται το φαινόμενο της καταδύσεως (βλέπε χαρακτηριστικές ερωτήσεως 4) και για ποιές τιμές αρχίζει να καταρρέει αυτό;

ΑΣΚΗΣΗ 12

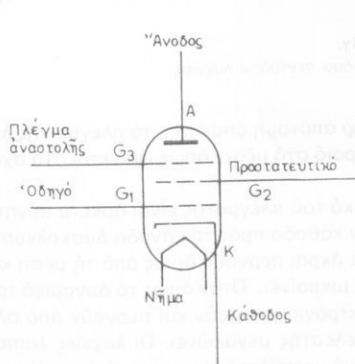
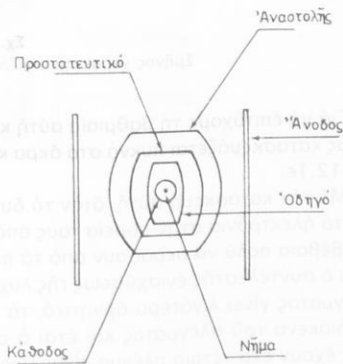
ΠΕΝΤΟΔΟΣ ΛΥΧΝΙΑ

12.1 Γενικά. Υ' γρήγορα από άκρως άδύνατο έσο ορισμένο έγγυος ίσα (αποστολή ισχυρότατα) ότ όιν, αποταμεία έγγυος όσο άκρως άδύνατο άκρως ότ ίσως γρήγορα από άκρως άδύνατο

Στήν τέττοροδo λυχνία τῆς προηγουμένης ἀσκήσεως εἶπαμε ὅτι τὸ φαινόμενο τῆς καταδόσεως τῆς χαρακτηριστικῆς (ἐξ αἰτίας τῆς δευτερογενοῦς ἐκπομπῆς ἡλεκτρονίων) μπορεῖ νά καταργηθεῖ μέ τῇ χρησιμοποίησησιν πεντόδοδo λυχνίας. Ἡ πεντόδοδo λυχνία ἔχει ἓνα πλέγμα περισσότερο ἀπὸ τὴν τέττοροδο. Ἔτσι στὰ δύο γνωστὰ πλέγματα, ὁδηγὸ καὶ προστατευτικὸ, τῆς τεττόροδο, προστέθηκε ἓνα τρίτο πλέγμα, μεταξύ προστατευτικοῦ καὶ ἀνόδοδo, τὸ ὁποῖο λέγεται **πλέγμα ἀναστολῆς**. Τὸ ὄνομα τοῦ δηλώνει καὶ τὴν ἐργασία ποὺ προσφέρει: Ἀναστέλλει τὴ μεγάλη ταχύτητα, μέ τὴν ὁποία πηγαίνουν τὰ ἡλεκτρόνια πρὸς τὴν ἀνοδο, καὶ ἔτσι μειώνεται ἡ δευτερογενὴς ἐκπομπή.

Τό τρίτο αυτό πλέγμα, γιά νά κάνει τή δουλειά γιά τήν όποία τοποθετήθηκε, πρέπει νά βρίσκεται σέ άρνητικό δυναμικό σέ σχέση μέ τήν άνοδο. Συνήθως είναι στό δυναμικό τής καθόδου (μηδέν) καί στίς περισσότερες περιπτώσεις είναι έσω-τερικά συνδεδεμένο μέ τήν κάθοδο τής λυχνίας. Στήν πραγματικότητα καί στήν πέν-τοδο παρουσιάζεται δευτερογενής έκπομπή, μέ τή διαφορά ότι τό πλέγμα άναστο-λώς μέ τό άρνητικό, σέ σχέση μέ τήν άνοδο, δυναμικό του, δέν έπιτρέπει κυκλοφο-ρία αντίθετου ρεύματος, άπό τήν άνοδο πρός τό προστατευτικό, γιατί άπωθεί τά ηλεκτρόνια τής δευτερογενούς έκπομπής πάλι πρός τήν άνοδο, άπό τήν όποία ξεκί-νησαν.

Ο συμβολισμός της πεντόδου φαίνεται στο σχήμα 12.1α. Το σχήμα 12.1β δεί-

 $\Sigma\chi$. 12.1a.

Σχ. 12.1β.

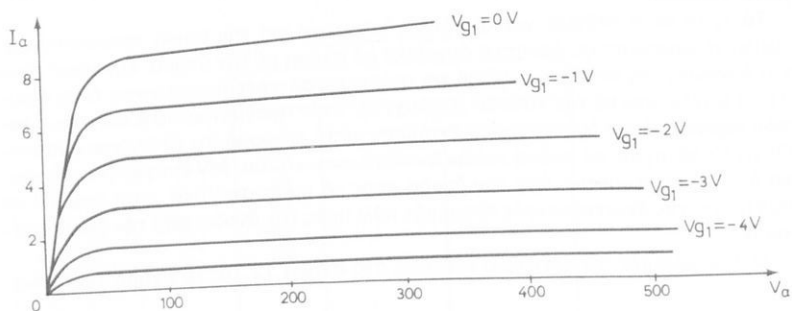
χνει οριζόντια τομή πεντόδου λυχνίας, στην οποία φαίνονται οι σχετικές θέσεις των ηλεκτροδίων.

Στήν άσκηση αυτή εξετάζονται και οι ειδικές πέντοδοι λυχνίες μεταβλητής ένισχύσεως. Γενικά στίς λυχνίες τό οδηγό πλέγμα αποτελείται από ένα σύρμα τυλιγμένο σέ σπειροειδή μορφή γύρω από τήν κάθοδο, μέ τίς σπείρες του σέ μικρές **ΐ-σες** αποστάσεις μεταξύ τους. Μιά τέτοια κατασκευή εξασφαλίζει μεγάλο συντελεστή ένισχύσεως, αλλά ή χαρακτηριστική καμπύλη I_a/V_g είναι μεγάλης κλίσεως (κατέρχεται απότομα) και οδηγεί σύντομα σέ δυναμικό άποκοπής. Ύπενθυμίζεται ότι δυναμικό άποκοπής είναι τό άρνητικό δυναμικό του οδηγού πλέγματος, γιά τό όποιο δέν υπάρχει ρεύμα από κάθοδο σέ άνοδο, παρ' όλο πού ή κάθοδος θερμαίνεται και ή άνοδος βρίσκεται σέ μεγάλο θετικό δυναμικό.

Στίς λυχνίες **μεταβλητής ένισχύσεως** εξασφαλίζεται βαθμιαία προσέγγιση στό δυναμικό άποκοπής.

Στό σχήμα 12.1δ φαίνονται δύο χαρακτηριστικές I_a/V_g , μία κανονικής πεντόδου λυχνίας και μία επίσης πεντόδου λυχνίας, μεταβλητής όμως ένισχύσεως.

Οι χαρακτηριστικές άνόδου πεντόδου λυχνίας παριστάνονται στό σχήμα 12.1γ.

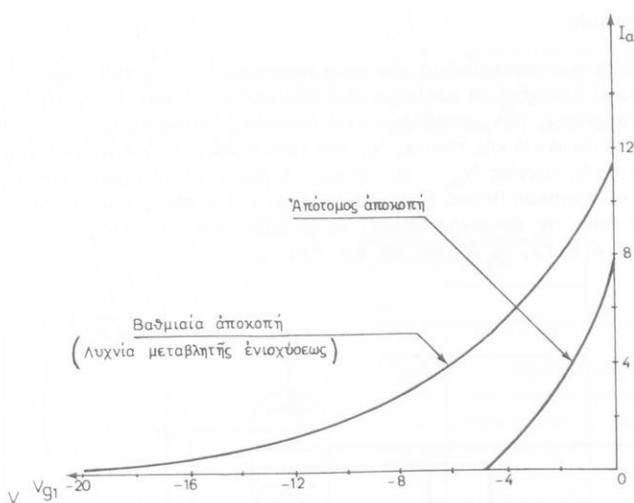


Σχ. 12.1γ.

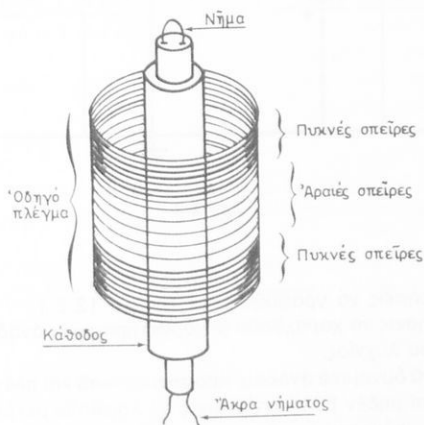
Σμήνος χαρακτηριστικών άνόδου πεντόδου λυχνίας.

Γιά νά επιτύχομε τή βαθμιαία αυτή και όχι απότομη άποκοπή, τό πλέγμα της λυχνίας κατασκευάζεται πυκνό στά άκρα και άραιό στό μέσο, όπως φαίνεται στό σχήμα 12.1ε.

Μέ τήν κατασκευή αυτή, όταν τό δυναμικό του πλέγματος είναι αρκετά άρνητικό, τά ηλεκτρόνια στην πορεία τους από τήν κάθοδο πρós τήν άνοδο δυσκολεύονται βέβαια πολύ νά περάσουν από τά πυκνά άκρα, περνούν όμως από τή μέση και έτσι ο συντελεστής ένισχύσεως της λυχνίας μικραίνει. Όταν όμως τό δυναμικό του πλέγματος γίνει λιγότερο άρνητικό, τά ηλεκτρόνια μπορούν και περνούν από όλα τά διάκενα του πλέγματος και έτσι ο συντελεστής μεγαλώνει. Οι λυχνίες λοιπόν πού έχουν ένα τέτοιο πλέγμα είναι λυχνίες μέ μεταβλητό συντελεστή ένισχύσεως και εξυπηρέτησαν πολύ τούς ραδιοφωνικούς δέκτες, πρίν από τήν εφαρμογή των τρανζίστορ, γιατί μέ τήν ικανότητα της μεταβλητής ένισχύσεως σημάτων σέ μεγάλα όρια, επιτυγχάνεται σταθερότητα της έντάσεως της φωνής στό μεγάφωνο, ό-



Σχ. 12.16.

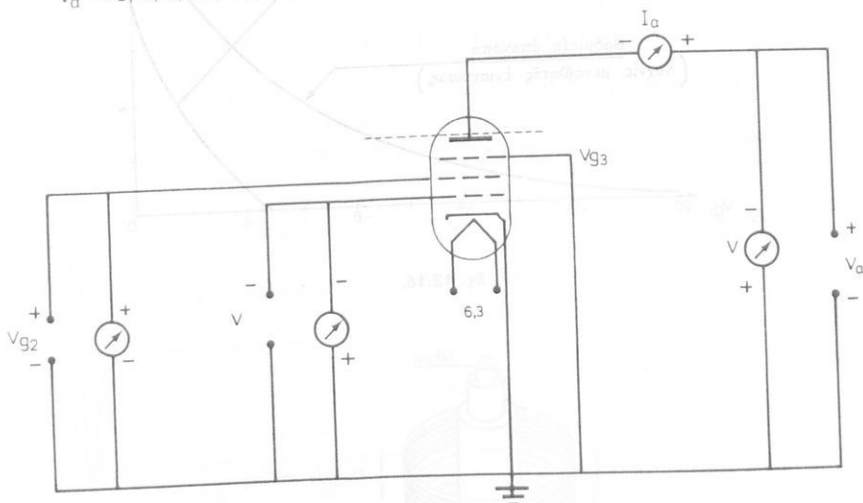


Σχ. 12.1ε.

ταν τὰ σήματα πού ἔρχονται στήν κεραία τοῦ δέκτη δέν εἶναι σταθερῆς ἐντάσεως, πράγμα πού συμβαίνει πάντοτε, κυρίως γιά τοὺς μακρινούς σταθμούς.

12.2 Έργασία.

- 1) Νά πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα πεντόδου λυχνίας του σχήματος 12.2.
- 2) Άφου έλεγχθει τό κύκλωμα από τόν καθηγητή του Έργαστηρίου, νά ληφθούν μετρήσεις των μεταβολών του άνοδικού ρεύματος I_a σέ σχέση μέ τίς μεταβολές της άνοδικής τάσεως V_a γιά τρία διαφορετικά δυναμικά του όδηγου πλέγματος της λυχνίας ($V_{g1} = 0, -3$ καί -6 βόλτ), μέ τό προστατευτικό πλέγμα πάντοτε σέ σταθερό θετικό δυναμικό 80 βόλτ καί τό πλέγμα άναστολής σέ μηδέν βόλτ. Οι τιμές της άνοδικής τάσεως νά μεταβάλλονται ως εξής:
 $V_a = 0, 4, 8, 12, 16, 20, 40, 60, 80, 100$ κ.ο.κ.



Σχ. 12.2.

- 3) Όλες οι μετρήσεις νά γραφούν στον Πίνακα 12.2.1.
- 4) Άπό τίς μετρήσεις νά χαραχθούν οι χαρακτηριστικές άνόδου (τάσεως - ρεύματος) της πεντόδου λυχνίας.
- 5) Μέ σταθερά τά δυναμικά άνόδου, προστατευτικού καί πλέγματος άναστολής, σέ τιμές 150, 80 καί μηδέν βόλτ αντίστοιχα, νά ληφθούν μετρήσεις των μεταβολών του άνοδικού ρεύματος I_a , όταν μεταβάλλεται τό άρνητικό δυναμικό του όδηγου πλέγματος ανά 1 βόλτ από μηδέν ως 10 βόλτ.
- 6) Οι μετρήσεις της προηγούμενης έρωτήσεως νά έπαναληφθούν γιά μία λυχνία μεταβλητής ένισχύσεως. Τά άποτελέσματα νά γραφούν σέ πίνακα παράλληλα μέ τά άποτελέσματα της έρωτήσεως 5.
- 7) Μέ τά άποτελέσματα των μετρήσεων των έρωτήσεων 5 καί 6 νά χαραχθούν οι χαρακτηριστικές V_g/I_a των δύο λυχνιών στό ίδιο σχεδιάγραμμα καί νά

σχολιασθούν οι μορφές που παρουσιάζουν.

8) Νά χαραχθούν στο ίδιο διάγραμμα ανά μία χαρακτηριστική ανόδου **τριόδου, τετρώδου, λυχνίας κατευθυνόμενης δέσμης** και **πεντόδου** λυχνίας, νά συγκριθούν και σχολιασθούν οι μορφές τους. (Οι καμπύλες αυτές θά δείχνουν άπλως τις μορφές των χαρακτηριστικών των παραπάνω λυχνιών και δέν θά είναι άποτέλεσμα μετρήσεων).

ΠΙΝΑΚΑΣ 12.2.1.

$V_{g_2} = 80 \text{ V}$ (σταθερό)		$V_{g_2} = 0 \text{ V}$ (σταθερό)	
V_a (βόλτ)	I_a (mA)		
	$V_{g_1} = 0 \text{ V}$	$V_{g_1} = -3 \text{ V}$	$V_{g_1} = -6 \text{ V}$
0			
4			
8			
12			
16			
20			
40			
60			
80			
100			
120 κ.ο.κ.			

ΑΣΚΗΣΗ 13

ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ — Η ΚΡΥΣΤΑΛΛΟΔΙΟΔΟΣ

13.1 Γενικά.

Η χρησιμοποίηση των ήμιαγωγών στα ηλεκτρονικά κυκλώματα άλλαξε ουσιαστικά την κατασκευαστική πορεία των ηλεκτρονικών συσκευών. Οι ηλεκτρονικές λυχνίες συναντώνται ακόμη σέ παλιές κυρίως συσκευές και έχουν παραμεριστεί από τις κρυσταλλοδιόδους και τὰ τρανζίστορ. Τὰ ήμιαγωγὰ υλικά προτιμήθηκαν, γιατί παρουσιάζουν σοβαρά πλεονεκτήματα όπως:

α) Είναι πολύ μικρά σέ όγκο και βάρος.

β) Δέν χρειάζονται θέρμανση· άρα δέν καταναλώνουν ενέργεια, όπως οι λυχνίες γιά τὰ νήματά τους, και ή διάρκεια ζωής τους είναι σχεδόν άπεριόριστη.

γ) Δουλεύουν άμέσως μόλις τό κύκλωμα τεθεί σέ τάση και δέν χρειάζεται χρόνος, όπως στίς λυχνίες, γιά τή θέρμανση τής καθόδου γιά νά κυκλοφορήσει ρεύμα.

δ) Η ηλεκτρική ενέργεια πού καταναλώνουν γιά τήν ίδια δουλειά μέ μία λυχνία είναι σαφώς μικρότερη από ότι στή λυχνία.

ε) Στήν περίπτωση των τρανζίστορ, δέν παρουσιάζουν μικροφωνισμούς, λόγω τής στερεάς τους κατασκευής.

στ) Η δαπάνη κατασκευής των κυκλωμάτων τους είναι μικρότερη από εκείνη των κυκλωμάτων μέ λυχνίες.

Άκόμη έχουν και άλλα πλεονεκτήματα πού αναφέρονται στή λειτουργία και τήν απόδοση των κυκλωμάτων τους, τὰ όποια θά αναφερθούν στίς αντίστοιχες ασκήσεις άργότερα.

Γιά τήν κατασκευή των κρυσταλλοδιόδων και των τρανζίστορ χρησιμοποιούνται ήμιαγωγὰ υλικά, όπως τό γερμάνιο και τό πυρίτιο. Τὰ υλικά αυτά σέ πολύ χαμηλές θερμοκρασίες τείνουν νά γίνουν μονωτικά, ενώ στή θερμοκρασία του περιβάλλοντος συμπεριφέρονται σαν ήμιαγωγοί.

Η άγωγιμότητα των ήμιαγωγών αυτών μπορεί νά αύξηθει άν προστεθεί μικρή ποσότητα πεντασθενούς στοιχείου, π.χ. άρσενικού, φωσφόρου, άντιμονίου κ.ά. Τότε ό ήμιαγωγός παρουσιάζει άρκετά έλεύθερα ηλεκτρόνια και λέγεται ήμιαγωγός τύπου N (Negative - άρνητικό). Άν αντί πεντασθενούς στοιχείου προστεθεί τρισθενές, π.χ. ίνδιο, βάριο, γάλλιο κ.ά., τότε ό ήμιαγωγός παρουσιάζει έλεύθερα θετικά φορτία και λέγεται ήμιαγωγός τύπου P (Positive - θετικό).

Η κρυσταλλοδιόδος σχηματίζεται από τήν ένωση ενός ήμιαγωγού στοιχείου τύπου P μέ ένα τύπου N. Η άκρη του στοιχείου P είναι ή άνοδος και ή άκρη του στοιχείου N είναι ή κάθοδος.

Τό σύμβολο μιᾶς κρυσταλλοδιόδου εἶναι:

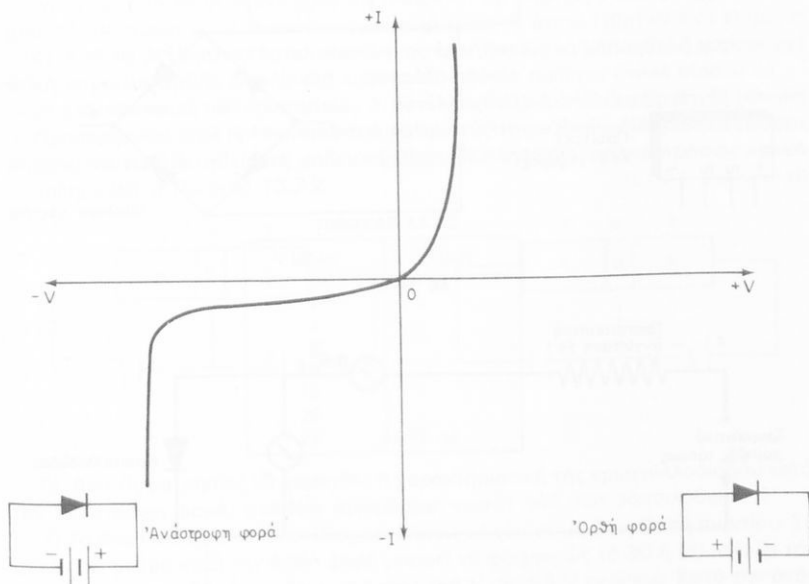


καί τά στοιχεῖα πού τήν ἀπαρτίζουν εἶναι:



Όταν τό μεῖον (—) τῆς πηγῆς συνδέεται στήν κάθοδο καί τό σύν (+) στήν ἄνοδο, ἡ δίοδος εἶναι πολωμένη κατά τήν **ὀρθή φορά** (προωστική φορά). Ἄν ἡ δίοδος συνδεθεῖ ἀντίθετα (τό — στήν ἄνοδο καί τό + στήν κάθοδο), τότε ἡ δίοδος πολώνεται κατά τήν **ἀνάστροφη φορά**. Στή δεύτερη περίπτωση κυκλοφορεῖ ἕνα πολύ μικρό ρεῦμα πού πρακτικά εἶναι μηδενικῆς ἐντάσεως.

Ἡ ὀρθή καί ἀνάστροφη πόλωση μιᾶς κρυσταλλοδιόδου καί τό ρεῦμα πού κυκλοφορεῖ στίς δύο αὐτές περιπτώσεις φαίνονται στή χαρακτηριστική καμπύλη τοῦ σχήματος 13.1α.



Σχ. 13.1α.

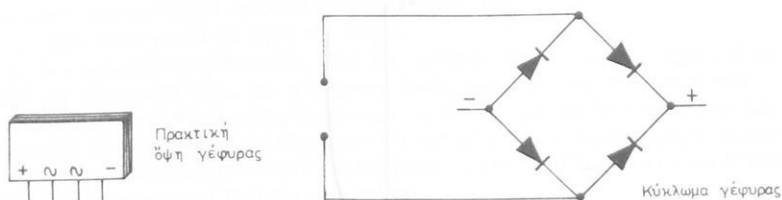
Ἀνάλογα μέ τόν τρόπο πού γίνεται ἡ ἔνωση τῶν στοιχείων P καί N, οἱ κρυσταλλοδιόδοι χωρίζονται στίς κατηγορίες: **Δίοδοι ἀκίδας** καί **δίοδοι ἐπαφῆς**.

Οἱ δίοδοι ἀκίδας παρουσιάζουν πολύ μικρή χωρητικότητα ἐπαφῆς τῶν στοιχείων καί εἶναι κατάλληλες κυρίως σέ κυκλώματα ὑψηλῶν συχνοτήτων. Δίοδοι ἀκίδας πυριτίου χρησιμοποιοῦνται ἀκόμη καί στήν περιοχή τῶν μικροκυμάτων, ἐνῶ

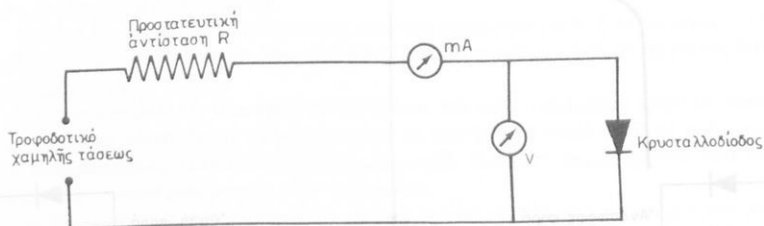
δίοδοι άκίδας γερμανίου με άκίδα από χρυσό χρησιμοποιούνται σε λεπτές κατασκευές κυκλωμάτων ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Οι δίοδοι έπαφής παρουσιάζουν μεγάλη χωρητικότητα έπαφής και γι' αυτό δέν μπορεί νά εξυπηρετήσουν στίς ύψηλές συχνότητες, εκτός από ειδικές κατασκευές, όπως ή δίοδος σήραγγος (Tunnel) και ή δίοδος μεταβλητής χωρητικότητας (Varicap). Έξυπηρετούν όμως πολύ σε όλες τίς έφαρμογές άνορθώσεως γιά μικρά και μεγάλα ρεύματα. Συναντώνται σε κυκλώματα με ισχυρά ρεύματα, πού μπορεί νά φθάσουν και νά περάσουν τά 100 A.

Η δίοδος πυριτίου (Silicon) χρησιμοποιείται περισσότερο, γιατί έχει μικρότερες διαστάσεις και γιατί μπορεί νά παρέχει ρεύματα από μερικά mA μέχρι πολλές δεκάδες άμπέρ και με τάσεις πάνω από 1000 βόλτ. Έννοείται ότι με παράλληλη ή σε σειρά σύνδεση δίοδων από πυρίτιο μπορούμε νά επιτύχομε παροχή πολύ ισχυρότερων ρευμάτων και άντοχή σε μεγαλύτερες τάσεις. Γιά καλύτερη εξυπηρέτηση και οικονομία χρόνου στήν καλωδίωση και χώρου στίς συσκευές, οι κρυσταλλοδίοδοι κατασκευάζονται άνά τέσσερεις σε κύκλωμα γέφυρας, όπως φαίνεται στό σχήμα 13.1β.



Σχ. 13.1β.



Σχ. 13.2.

13.2 Έργασία.

1) Νά πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα του σχήματος 13.2 με δίοδο γερμανίου.

Προσοχή: Ο ρυθμιστής της τάσεως έξόδου του τροφοδοτικού Χ.Τ. νά τοποθετηθεί στό μηδέν, από όπου θά άρχίσουν και οι μετρήσεις.

2) Νά αυξηθεί ή τάση του τροφοδοτικού σιγά - σιγά, έως ότου τό μιλλιαμπερόμετρο στό κύκλωμα δείξει ρεύμα 1 mA καί νά σημειωθεί ή τάση πού δείχνει τό βολτόμετρο.

3) Νά συνεχισθεί ή αύξηση της τάσεως του τροφοδοτικού γιά τιμές ρεύματος πού όρίζει ό Πίνακας 13.2.1 καί νά σημειωθούν οι αντίστοιχες τάσεις. Οι ένδείξεις του βολτομέτρου αρχίζουν από μερικά δέκατα του βόλτ (περίπου 0,3 V) καί φθάνουν ως 1,5 V περίπου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 13.2.1.

I (mA)	V (βόλτ)
2	
3	
4	
7	
10	
15	

4) Από τις μετρήσεις της προηγούμενης έρώτησεως νά χαραχθεί ή χαρακτηριστική καμπύλη όρθης φοράς της κρυσταλλοδιόδου. (Στό κύκλωμα της έρώτησεως 1) νά αλλάξουν οι πόλοι της πηγής ρεύματος. Καί εδώ πρέπει πρώτα ό ρυθμιστής της τάσεως έξόδου του τροφοδοτικού νά τοποθετηθεί στη μηδενική θέση. Νά ληφθούν πάλι μετρήσεις καί νά συμπληρωθεί ό Πίνακας 13.2.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 13.2.2.

V (βόλτ)	I (μΑ)
1	
2	
5	
10	
15	
20	
25	

6) Από τις μετρήσεις νά χαραχθεί ή χαρακτηριστική της κρυσταλλοδιόδου κατά την ανάστροφη φορά, στό ίδιο διάγραμμα.

7) Τά ίδια κυκλώματα καί οι ίδιες μετρήσεις νά γίνουν μέ άνορθωτή πυριτίου. Σέ αυτόν, τό ρεύμα κατά την όρθή φορά μπορεί νά φθάσει ως τά 30 ή 50 mA. Ή τάση στά άκρα του θά είναι πάλι μικρή, από 0,6 V ως 1,5 V περίπου. Κατά την άναστροφη φορά, ή τάση μπορεί νά φθάσει τά 50 V, ενώ τό άναστροφο ρεύμα μόλις θά φθάσει τά ελάχιστά μικροαμπερ.

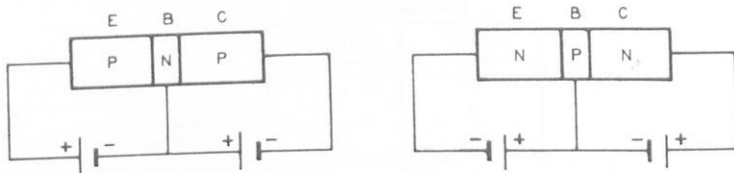
ΑΣΚΗΣΗ 14

ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ — ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

14.1 Γενικά.

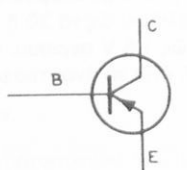
“Αν ανάμεσα σε δύο ημιαγωγούς τύπου P τοποθετηθεί ένα λεπτό στρώμα ημιαγωγού τύπου N θα δημιουργηθεί τό ηλεκτρονικό εκείνο εξάρτημα πού ονομάζεται Τρανζίστορ. Τό ίδιο εξάρτημα θά προκύψει καί όταν ανάμεσα σε δύο ημιαγωγούς τύπου N τοποθετηθεί λεπτό στρώμα ημιαγωγού τύπου P. Στην πρώτη περίπτωση έχομε τρανζίστορ PNP, ενώ στη δεύτερη έχομε τρανζίστορ NPN (σχ. 14.1α).

Τό μεσαίο λεπτό στρώμα λέγεται **βάση** (B - Base), ό ημιαγωγός άριστερά **έκπομπός** (E - Emitter) καί ό δεξιά **συλλέκτης** (C - Collector). Μιά βασική διαφορά μεταξύ των τρανζίστορ PNP καί NPN είναι ότι στον τύπο PNP εφαρμόζεται άρνητική τάση στό συλλέκτη σε σχέση με τόν έκπομπό, ενώ στον τύπο NPN εφαρμόζεται θετική (σχ. 14.1α).

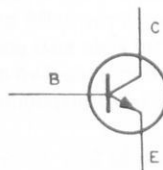


Σχ. 14.1α.

‘Ο συμβολισμός των δύο τύπων τρανζίστορ είναι:

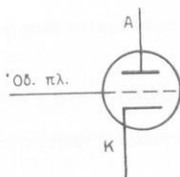


Τύπος PNP

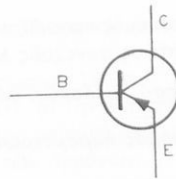


Τύπος NPN

Ἡ ἀντιστοιχία λυχνιῶν καὶ τρανζίστορ εἶναι:
 Κάθοδος — Ἐκπομπός
 Ὁδηγὸ πλέγμα — Βάση
 Ἀνοδος — Συλλέκτης
 ὅπως φαίνεται στὰ σχήματα 14.1β καὶ 14.1γ.



Σχ. 14.1β.



Σχ. 14.1γ.

Οἱ διαφορετικοὶ συμβολισμοὶ γιὰ τὰ τρανζίστορ PNP καὶ NPN δείχνουν τὴ διαφορετικὴ φορά τοῦ ρεύματος. Ἐτσι στὸν τύπο PNP τὸ ρεῦμα κινεῖται ἀπὸ τὸ συλλέκτη πρὸς τὸν ἐκπομπό, ἐνῶ στὸν τύπο NPN τὸ ρεῦμα κινεῖται ἀπὸ τὸν ἐκπομπό πρὸς τὸ συλλέκτη. Δηλαδή, ἡ διεύθυνση τοῦ συνεχοῦς ρεύματος στὰ τρανζίστορ εἶναι πάντοτε ἀντίθετη ἀπὸ τὴ φορά τοῦ βέλους τοῦ ἐκπομποῦ.

Τὰ δύο πρῶτα γράμματα καὶ στοὺς δύο τύπους (PNP καὶ NPN) δείχνουν τὴ σχετική πολικότητα τῆς τάσεως πού ἐφαρμόζεται στὸν ἐκπομπό καὶ τὸ συλλέκτη γιὰ κανονικὴ λειτουργία. Ἐτσι σέ ἓνα τρανζίστορ NPN ὁ ἐκπομπός ἔχει ἀρνητικὸ δυναμικὸ σέ σχέση μὲ τὸ συλλέκτη καὶ τὴ βάση (ἢ ὁ συλλέκτης ἔχει θετικὸ δυναμικὸ σέ σχέση μὲ τὰ δύο ἄλλα στοιχεῖα, τὸν ἐκπομπό καὶ τὴ βάση). Στὰ τρανζίστορ τύπου PNP ὁ ἐκπομπός ἔχει θετικὸ δυναμικὸ σέ σχέση μὲ τὸ συλλέκτη καὶ τὴ βάση (ἢ ὁ συλλέκτης ἔχει ἀρνητικὸ δυναμικὸ σέ σχέση μὲ τὸν ἐκπομπό καὶ τὴ βάση).

Τὰ χαρακτηριστικὰ τῶν διαφόρων τρανζίστορ εἶναι κωδικοποιημένα μὲ γράμματα καὶ ἀριθμούς πού δηλώνουν τὴ δουλειά γιὰ τὴν ὁποία εἶναι κατασκευασμένο ἓνα τρανζίστορ. Ἐτσι ἔχομε τὸν ἀκόλουθο πίνακα:

α) Τὸ πρῶτο γράμμα ἀναφέρεται στὰ ὑλικά κατασκευῆς, δηλαδή:

- A — τρανζίστορ γερμανίου
- B — τρανζίστορ πυριτίου
- C — τρανζίστορ ἀπὸ ἀρσενικοῦχο γάλλιο
- D — τρανζίστορ ἀπὸ ἀντιμονιοῦχο ἴνδιο

β) Τὸ δεύτερο γράμμα ἀναφέρεται στὸ εἶδος (τί δουλειά κάνει) τοῦ τρανζίστορ ἢ τῆς κρυσταλλοδιόδου, δηλαδή:

- A — δίοδος
- B — Varicap
- C — τρανζίστορ ἰσχύος ἀκουστικῆς συχνότητος
- E — δίοδος Tunnel (σὴραγγος)
- F — τρανζίστορ γιὰ ὑψηλές συχνότητες

- H — δίοδος μαγνητικής εύαισθησίας
 L — τρανζίστορ ισχύος υψηλών συχνοτήτων
 S — τρανζίστορ διακόπτης
 U — τρανζίστορ διακόπτης σε κυκλώματα ισχύος
 Y — δίοδος άνορθώσεως
 Z — δίοδος Zenner

γ) Το τρίτο γράμμα (αν υπάρχει) δηλώνει κατασκευή καλύτερης ποιότητας.

Τέτοιες κατασκευές προορίζονται κυρίως για κυκλώματα βιομηχανικής ή επαγγελματικής χρήσεως συνεχούς λειτουργίας.

δ) Ο αριθμός που ακολουθεί τα γράμματα αναφέρεται στη σειρά παραγωγής.

14.1.1 Συμβολισμός παραμέτρων (διαφόρων μεγεθών) τρανζίστορ.

Πραγματικό μέγεθος	Σύμβολο
Ρεύμα συλλέκτη	I_C ή I_c
Ρεύμα έκπομπού	I_E ή I_e
Ρεύμα βάσεως	I_B ή I_b
Τάση συλλέκτη	V_C ή V_c
Τάση έκπομπού	V_E ή V_e
Τάση βάσεως	V_B ή V_b
Ρεύμα από συλλέκτη προς βάση	I_{CB} ή I_{cb}
Τάση μεταξύ συλλέκτη βάσεως	V_{CB} ή V_{cb}

Τά τρανζίστορ είναι εξαρτήματα που έχουν ιδιαίτερη ευπάθεια όταν τα χρησιμοποιούμε στην κατασκευή κυκλωμάτων. Μερικά σημεία που πρέπει να προσέχουμε όταν δουλεύουμε με τρανζίστορ είναι:

α) Κόβονται εύκολα οι άκροδέκτες τους. Αυτό συμβαίνει στα τρανζίστορ μικρής ισχύος, που οι άκροδέκτες τους είναι μικροί και εύκαμπτοι.

β) Έχουν μεγάλη εύαισθησία στις υψηλές θερμοκρασίες. Γι' αυτό χρησιμοποιούμε πάντοτε κολλητήρι μικρής ισχύος (15 - 25 βάττ) και προσέχουμε το τρανζίστορ να μην υπερθερμανθεί. Ένας πρακτικός τρόπος για να το προστατέψουμε όταν κάνουμε κολλήσεις είναι να κρατάμε τον άκροδέκτη του τρανζίστορ στο σημείο κολλήσεως με ένα μυροτσίμπιδο, το οποίο έτσι απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας που αναπτύσσεται με το κολλητήρι. Επίσης, όσο είναι δυνατό, δέν κόβουμε τους άκροδέκτες του, αλλά χρησιμοποιούμε όλο το μήκος τους που βοηθά στην ελάττωση της θερμότητας που αναπτύσσεται.

γ) Έφαρμογή μεγαλύτερης και με αντίθετη πολικότητα τάσεως από συλλέκτη οδηγεί σε καταστροφή του τρανζίστορ.

δ) Όταν μετράμε αντιστάσεις στα τρανζίστορ, χρησιμοποιούμε τη μεγαλύτερη κλίμακα των ωm που παρέχει λιγότερο ρεύμα, και έτσι μειώνεται ο κίνδυνος καταστροφής τους από το μεγάλο ρεύμα που παρέχει η στήλη του ωμόμετρου στις μικρές κλίμακες.

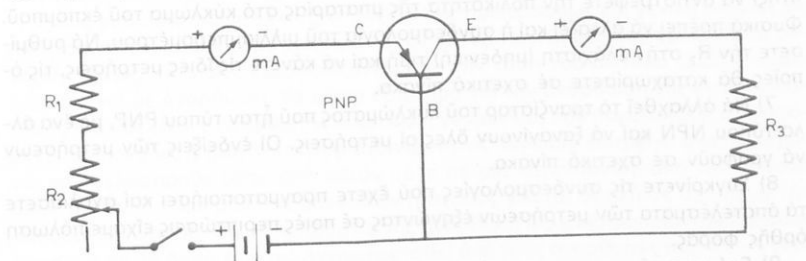
ε) Κατά τη μέτρηση τάσεων πρέπει να προσέχομε, γιατί εύκολα γίνονται βραχυκυκλώματα, γιατί οι άκροδέκτες των τρανζίστορ είναι πολύ κοντά μεταξύ τους.
 στ) Έκεϊ πού χρειάζεται επίσης προσοχή είναι στην εφαρμογή μιάς τάσεως διεγέρσεως με γεννήτρια σημάτων. Πρέπει πάντοτε να ξεκινάμε με πολύ μικρές τάσεις από την έξοδο της γεννήτριας. Αυτό θα το δούμε αργότερα στους ένισχυτές.

14.2 Έργασία.

1) Δίνονται 5 τρανζίστορ. Να αναγνωρισθούν τα βασικά χαρακτηριστικά τους και να σχεδιασθούν οι βάσεις τους.

2) Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 14.2α.

Προσοχή: Πρίν εφαρμοσθεί τάση να ρυθμίσετε: α) Τήν αντίσταση R_2 στη μέγιστη τιμή. β) Τά μιλλιαμπερόμετρα στη μεγαλύτερη περιοχή ρεύματος. γ) Βεβαιωθείτε για τη σωστή πολικότητα της πηγής και των οργάνων.



Σχ. 14.2α.

3) Άφου όλα τα ζητούμενα της προηγούμενης έρωτήσεως γίνουν σωστά και έγκριθούν από τον καθηγητή σας, να εφαρμόσετε τάση στο κύκλωμα και να μετρήσετε: α) Τό ρεύμα στα κυκλώματα έκπομπού και συλλέκτη. β) Τήν τάση έκπομπού - βάσεως και συλλέκτη - βάση.

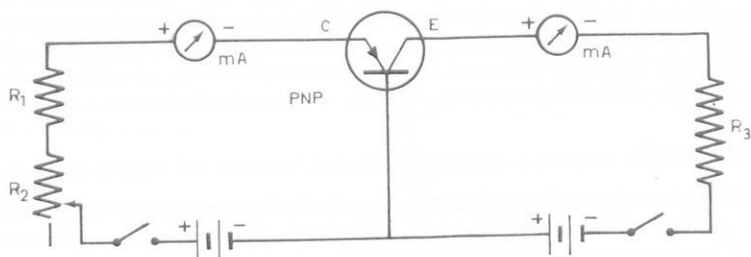
4) Τά αποτελέσματα των μετρήσεων να γραφούν στον Πίνακα 14.2.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 14.2.1.

Τύπος τρανζίστορ		Χαρακτηριστικά	
Έκπομπός - Βάση		Συλλέκτης - Βάση	
Ρεύμα (mA)	Τάση (βόλτ)	Ρεύμα (mA)	Τάση (βόλτ)

5) Να πραγματοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 14.2β. Με την ίδια προσοχή όπως και στο προηγούμενο κύκλωμα να γίνουν οι ίδιες μετρήσεις και να γραφούν τά αποτελέσματα σε σχετικό πίνακα.

6) Στο κύκλωμα της έρωτήσεως 5, αφού διακόψετε τό ρεύμα (άνοικτός διακό-



Σχ. 14 .2β.

πης) νά αντιστρέψετε τήν πολικότητα τῆς μπαταρίας στό κύκλωμα τοῦ ἔκπομποῦ. Φυσικά πρέπει νά ἀλλάξει καί ἡ συνδεσμολογία τοῦ μιλλιαμπερομέτρου. Νά ρυθμίσετε τήν R_2 στήν ἐλάχιστη (μηδενική) τιμή καί νά κάνετε τίς ἴδιες μετρήσεις, τίς ὁποῖες θά καταχωρίσετε σέ σχετικό πῖνακα.

7) Νά ἀλλαχθεῖ τό τρανζίστορ τοῦ κυκλώματος πού ἦταν τύπου PNP, μέ ἓνα ἄλλο τύπου NPN καί νά ξαναγίνουν ὅλες οἱ μετρήσεις. Οἱ ἐνδείξεις τῶν μετρήσεων νά γραφοῦν σέ σχετικό πῖνακα.

8) Συγκρίνετε τίς συνδεσμολογίες πού ἔχετε πραγματοποιήσει καί σχολιάσετε τά ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων ἐξηγώντας σέ ποιές περιπτώσεις εἶχαμε πόλωση ὀρθῆς φορᾶς.

9) Γράψετε τά χαρακτηριστικά τῶν δύο τρανζίστορ πού ἔχετε χρησιμοποιήσει στό κύκλωμα γιά τίς μετρήσεις. Σχεδιάστε τίς βάσεις τους.

ΑΣΚΗΣΗ 15

ΑΠΛΗ ΚΑΙ ΔΙΠΛΗ ΑΝΟΡΘΩΣΗ

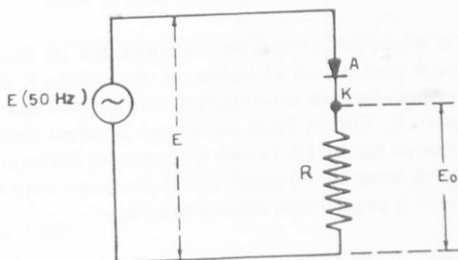
15.1 Γενικά.

Στήν άσκηση αυτή θά μελετηθούν τά βασικά κυκλώματα άνορθώσεως τής έναλλασσόμενης (ήμιτονικής) τάσεως.

Στούς ραδιοφωνικούς δέκτες, στούς δέκτες τηλεοράσεως καί γενικά σέ όλες τίς ηλεκτρονικές συσκευές πού χρησιμοποιούν τρανζίστορ (ή λυχνίες) χρειάζονται **συνεχείς τάσεις**, οι όποιες **εξασφαλίζονται** από τήν τάση του δικτύου (220 V έναλλασσόμενο) μέ άνόρθωση. Τό κύριο έξάρτημα γιά τήν άνόρθωση τής έναλλασσόμενης τάσεως είναι ο άνορθωτής πυριτίου ή γερμανίου, πού παρουσιάζει τό φαινόμενο τής μοναδικής (μονόπλευρης) άγωγιμότητας· δηλαδή, έπιτρέπει στά ηλεκτρόνια νά κυκλοφορούν μέσα από αυτόν μόνο σέ μία κατεύθυνση, από τήν κάθοδο πρós τήν άνοδο, καί μάλιστα μόνο όταν ή άνοδος γίνεται θετική σέ σχέση μέ τήν κάθοδο. Παλιότερα, γιά τή λειτουργία τής άνορθώσεως χρησιμοποιούνταν ή δίοδος λυχνία, ή όποία όμως έχει πιά αντικατασταθεί από τούς άνορθωτές πυριτίου ή γερμανίου, πού έχουν σοβαρά πλεονεκτήματα σέ σχέση μέ αυτή (δέν χρειάζονται θέρμανση, έχουν πολύ μικρό όγκο καί βάρος, παρέχουν ισχυρότατα ρεύματα, άντέχουν σέ άρκετά ύψηλές τάσεις, έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, μικρό κόστος κλπ.).

15.2 Κύκλωμα άπλης άνορθώσεως μέ αντίσταση.

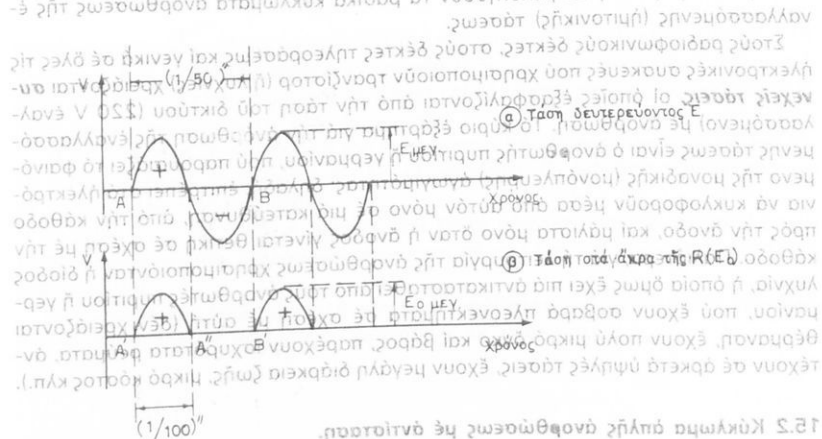
Στό κύκλωμα άπλης άνορθώσεως του σχήματος 15.2α, **έστω** ότι μία έναλλασσόμενη (ήμιτονική) τάση E , μέ συχνότητα 50 Hz, έχει **έφαρμοσθεί** στην είσοδο



Σχ. 15.2α.

του. Αύτη η τάση (τάση εισόδου) αλλάζει πολικότητα κάθε $1/100$ του δευτερολέπτου. Κατά τη διάρκεια των θετικών της εναλλαγών η άνοδος Α γίνεται θετική σε σχέση με την κάθοδο Κ και διέρχεται ρεύμα μέσα από τον άνορθωτή Δ. Στη διάρκεια των αρνητικών εναλλαγών δεν κυκλοφορεί ρεύμα, επειδή η άνοδος γίνεται αρνητική σε σχέση με την κάθοδο.

Τό ρεύμα που διέρχεται στις θετικές εναλλαγές προκαλεί μία πτώση τάσεως E_0 στην αντίσταση R, που είναι αντίσταση φόρτου συνδεδεμένη σε σειρά με τον άνορθωτή. Καί επειδή οι μεταβολές του ρεύματος ακολουθούν τις μεταβολές της τάσεως που το δημιουργεί, η τάση εξόδου E_0 θα μεταβάλλεται όπως οι θετικές εναλλαγές της τάσεως εισόδου E, ή οποία προκάλεσε τό ρεύμα. Στο σχήμα 15.2β φαίνονται οι κυματομορφές των τάσεων εισόδου καί εξόδου, E καί E_0 . Η τάση εξόδου E_0 δέν είναι πιά εναλλασσόμενη, αλλά συνεχής τάση με τη μορφή παλμών. -ς ρήτ ρωσώθωρον στωμάκω δισορβή δτ νυοθρητάω δθ ήτύω πορκαδ νήτ



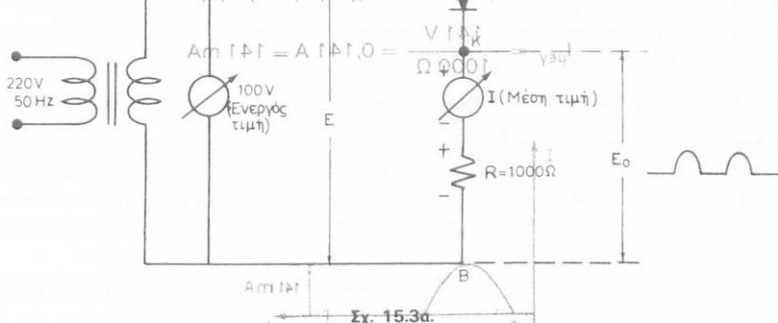
Κάθε πλήρες κύμα της τάσεως E διαρκεί από Α ως Β ($1/50$). β) Κάθε πλήρες κύμα της τάσεως E_0 διαρκεί από Α' ως Β' ($1/50$). Ο πλάτος τάσεως από Α' ως Α'' διαρκεί ($1/100$). Το πλάτος της τάσεως E_0 είναι λίγο μικρότερο από τό πλάτος της τάσεως E γιατί, όταν ο άνορθωτής είναι άγώγιμος, δημιουργείται πτώση τάσεως καί μέσα σέ αυτόν.

Ο άνορθωτής Δ έπομένως μπορεί νά παρομοιασθεί μέ βαλβίδα, πού άνοίγει μόνο όταν η άνοδος Α γίνει θετική σέ σχέση μέ την κάθοδο Κ. Βέβαια ο άνορθωτής, όταν είναι άγώγιμος, έχει μία έσωτερική αντίσταση πού βρίσκεται σέ σειρά μέ την αντίσταση φόρτου R. Έπειδή όμως είναι πολύ μικρή σέ σχέση μέ την R, μπορούμε νά τή θεωρήσουμε άμελητέα. Γενικά η έσωτερική αντίσταση του άνορθωτή πρέπει νά είναι όσο τό δυνατόν πίο μικρή, γιά νά άπομένει στην έξοδο του κυκλώματος (στά άκρα της R) η μεγαλύτερη δυνατή τάση E_0 .

15.3 Πρακτικό κύκλωμα καί ύπολογισμοί.

Στό πρακτικό κύκλωμα άπλής άνορθώσεως του σχήματος 15.3α έχει συνδεθεί

-οπότε ζώλπλότε ιενίγ ιεχθ δθ υοφδ, V Γ Φ Γ ζητοίπέ ιενίε δθ ζητ ρίμτ ρτοίγέμ ή ίοκ γε.δ Γ
Ε ζωεσοτ ζήτ Ανωτδρυκική νώκίτρνρδ νώτ ρποκ
ρίμτ ρτοίγέμ ιεχθ δθ Ι ρυίεζ δτ, Ω 000 Γ = R ιενίε νΑ"



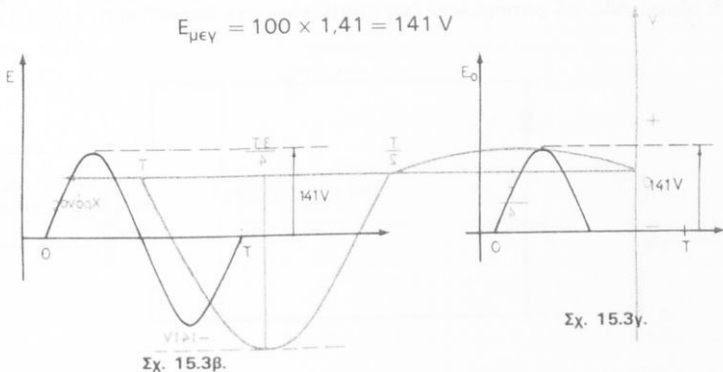
Σχ. 15.3α.

Στό κύκλωμα του σχήματος το βολτόμετρο είναι όργανο έναλλασσόμενου και δείχνει την ένεργό τιμή της τάσεως του δευτερεύοντος. Τό άμπερόμετρο είναι όργανο συνεχούς (κινητού πλαισίου) δείχνει την μέση τιμή του άναορθωμένου ρεύματος.

μετασχηματιστής Μ, πού ύποβιβάζει την τάση του δικτύου από 220 σέ 100 V (ένεργός τιμή), όπως δείχνει τό βολτόμετρο πού έχει συνδεθεί στό δευτερεύον. Σέ σειρά πρós την αντίσταση R έχει συνδεθεί άμπερόμετρο Ι μέ συνεχές ρεύμα (όργανο μέ μόνιμο μαγνήτη). Όταν τό κύκλωμα τροφοδοτηθεί μέ 220 V, από τό όργανο αυτό θά διέρχονται οί παλμοί του άναορθωμένου ρεύματος καί ή βελόνα του θά άποκλίνει. Η τιμή πού θά δείχνει τότε τό άμπερόμετρο συνεχούς είναι ή μέση τιμή του άναορθωμένου ρεύματος.

Μέ αυτά τά δεδομένα μπορούμε νά κάνομε τους άκόλουθους ύπολογισμούς:
Η μέγιστή τιμή της έναλλασσόμενης τάσεως του δευτερεύοντος Ε θά είναι (σχ. 15.3β):

$$E_{\text{μεγ}} = 100 \times 1,41 = 141 \text{ V}$$



Σχ. 15.3β.

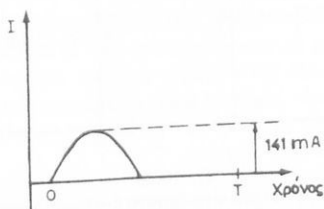
Σχ. 15.3γ.

Δεχόμαστε τώρα ότι τόσο ό άναορθωτής Δ, όταν είναι άγώγιμος, όσο καί τό άμπερόμετρο έχουν τόσο μικρή εσωτερική αντίσταση, ώστε νά μπορεί νά θεωρηθεί άμελητέα. Άρα ή πτώση τάσεως στά άκρα της R θά έχει τή μορφή του σχήματος

15.3γ και ή μέγιστη τιμή της θα είναι επίσης 141 V, αφού θα έχει γίνει απλώς αποκοπή των αρνητικών ημικυμάτων της τάσεως Ε.

Αν είναι $R = 1000 \Omega$, το ρεύμα I θα έχει μέγιστη τιμή:

$$I_{\text{μεγ}} = \frac{141 \text{ V}}{1000 \Omega} = 0,141 \text{ A} = 141 \text{ mA}$$

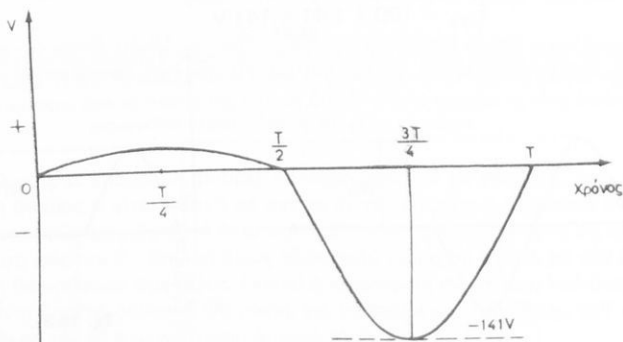


Σχ. 15.36.

Αρα ή μέση τιμή του ρεύματος αυτού θα είναι (σχ. 15.3δ):

$$I_{\text{μέση}} = \frac{I_{\text{μεγ}}}{\pi} = \frac{141}{3,14} = 44,9 \text{ mA}$$

Αυτή την τιμή πρέπει να δείξει το αμπερόμετρο με συνεχές. Στην πράξη όμως, επειδή τόσο ο άνορθωτής όσο και το αμπερόμετρο έχουν μία μικρή έσωτερική αντίσταση, το αμπερόμετρο θα δείξει κάτι λιγότερο από 44,9 mA.



Σχ. 15.4.

Μορφή της τάσεως που επικρατεί στα άκρα του άνορθωτή (σημεία Α,Κ - σχ. 15.3α). Κατά το χρονικό διάστημα 0 ως $T/2$ ο άνορθωτής είναι αγώγιμος, ενώ από $T/2$ ως T δεν είναι.

15.4 Ἡ μέγιστη ανάστροφη τάση.

Κατά τις ἀρνητικές ἡμιπερίοδους τῆς τάσεως E , στὶς ὁποῖες ὁ ἀνορθωτὴς δὲν εἶναι ἀγώγιμος, ὅλη ἡ τάση τοῦ δευτερεύοντος τοῦ μετασχηματιστῆ ἐπικρατεῖ μεταξύ ἀνόδου-καθόδου, μὲ ἀρνητικὴ τὴν ἄνοδο σὲ σχέση μετὰ τὴν κάθοδο (σχ. 15.3α).

Ἡ τάση αὐτὴ τὴ χρονικὴ στιγμή $\frac{3T}{4}$ γίνεται μέγιστη (στὸ παράδειγμα, -1.41 V , σχ.

15.4) καὶ λέγεται μέγιστη ἀνάστροφη (ἢ ἀρνητικὴ) τάση. Ὁ ἀνορθωτὴς πού χρησιμοποιοῦμε πρέπει νὰ ἀντέχει στὴν τάση αὐτὴ, ἀλλιῶς θὰ καταστραφεῖ. Γι' αὐτὸ οἱ κατασκευαστές, γιὰ κάθε τύπο ἀνορθωτῆ πού κατασκευάζουν, καθορίζουν καὶ τὸ ποσοστὸ ἀντοχῆς τοῦ ἀνορθωτῆ σὲ ἀνάστροφη τάση.

15.5 Παλμογραφικὴ παρατήρηση κυματομορφῶν.

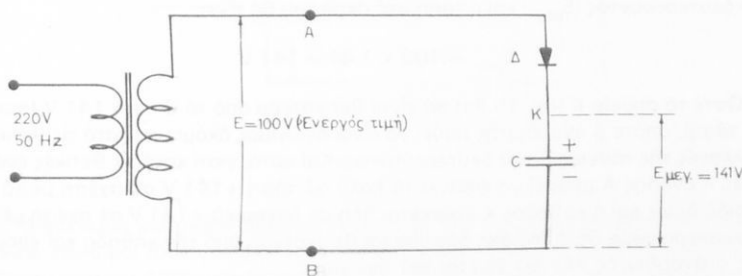
Ἄν τὰ ἄκρα A, B τοῦ κυκλώματος τοῦ σχήματος 15.3α τὰ ὀδηγήσουμε στὰ πλακίδια κατακόρυφης ἀποκλίσεως καθοδικοῦ παλμογράφου, θὰ ἐμφανισθεῖ στὴν ὁθόνη του ἡ κυματομορφὴ τοῦ σχήματος 15.3β.

Ἄν ὀδηγήσουμε τὰ ἄκρα K, B , θὰ ἐμφανισθεῖ ἡ κυματομορφὴ τοῦ σχήματος 15.3γ.

Ἄν ὀδηγήσουμε τὰ ἄκρα A, K , θὰ ἐμφανισθεῖ ἡ κυματομορφὴ τοῦ σχήματος 15.4. Παρατηροῦμε ὅτι κατὰ τὸ χρονικὸ διάστημα ἀπὸ 0 ὡς $T/2$, κατὰ τὸ ὁποῖο ὁ ἀνορθωτὴς εἶναι ἀγώγιμος, ὑπάρχει μιὰ πολὺ μικρὴ τάση μεταξύ ἀνόδου-καθόδου τοῦ ἀνορθωτῆ, ὅπως δείχνει ἡ ἐλαφρὴ καμπύλωση τῆς κυματομορφῆς.

15.6 Κύκλωμα ἀπλῆς ἀνορθώσεως μὲ πυκνωτῆ.

Στὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 15.6α ἔχει συνδεθεῖ πυκνωτὴς C σὲ σειρά μὲ τὸν ἀνορθωτῆ. Στὸ σχῆμα 15.6β ἔχει σχεδιασθεῖ πάλι ἡ μορφή τῆς τάσεως πού ἐπικρατεῖ στὸ δευτερεῖον τοῦ μετασχηματιστῆ τοῦ κυκλώματος, δηλαδὴ μεταξύ A καὶ B .

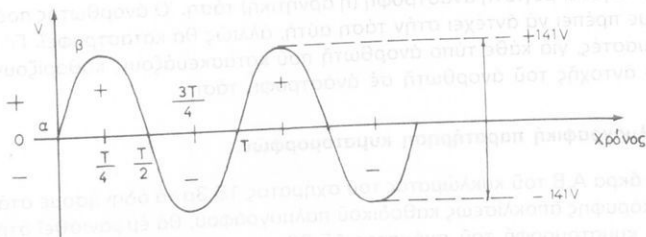


Σχ. 15.6α.

Στὴ θετικὴ ἐναλλαγὴ τῆς τάσεως αὐτῆς, ὅταν δηλαδὴ τὸ A γίνεται θετικὸ σὲ σχέση μετὰ τὸ B , ὁ ἀνορθωτὴς εἶναι ἀγώγιμος καὶ τὸ ρεῦμα του (θετικὸς παλμός

ρεύματος) φορτίζει τον πυκνωτή C με την πολικότητα που φαίνεται στο σχήμα 15.6α.

Ακριβέστερα ο πυκνωτής φορτίζεται στο χρονικό διάστημα από α ως β (σχ. 15.6β). Στην άλλη ήμισυπερίοδο (σημείο Α άρνητικό σε σχέση με το Β) ο άνορθωτής δεν είναι αγωγίμος και το κύκλωμα διακόπτεται. Έπομένως, ο πυκνωτής συγκρατεί στους όπλισμούς του το φορτίο που πήρε, αφού δεν έχει τρόπο να εκφορτισθεί. Έχει δηλαδή στους όπλισμούς του συνεχή τάση, όπως η τάση μιάς μπαταρίας.



Σχ. 15.6β.

15.6.1 Σε ποιά τάση φορτίζεται ο πυκνωτής.

“Εστω πάλι ότι η τάση στο δευτερεύον του μετασχηματιστή είναι $E = 100\text{ V}$ (ένεργός τιμή). Δεχόμαστε ακόμη ότι η αντίσταση του δευτερεύοντος τυλίγματος και η έσωτερική αντίσταση του άνορθωτή (όταν αυτός είναι αγωγίμος) συναποτελούν μία συνολική πολύ μικρή αντίσταση R , που μπορούμε να τη θεωρήσουμε άμελη. Όταν τώρα το ρεύμα μέσα από τον άνορθωτή φορτίζει τον πυκνωτή C [στό λητέα. “Όταν τώρα το ρεύμα μέσα από τον άνορθωτή φορτίζει τον πυκνωτή C (στό χρονικό διάστημα που αντιστοιχεί από α ως β (σχ. 15.6β)], η φόρτιση αυτή γίνεται πολύ γρήγορα, έπειδή η σταθερά χρόνου $R.C$ (βλέπε άσκηση 6) είναι πολύ μικρή. Μπορούμε έπομένως να δεχθούμε ότι ο πυκνωτής σε αυτό το χρονικό διάστημα (δηλαδή στο μισό της θετικής έναλλαγής φορτίζεται στη μέγιστη τιμή της τάσεως του δευτερεύοντος ($E_{\text{μεγ}}$) και η τάση στα άκρα του θα γίνει:

$$E_{\text{μεγ}} = 100 \times 1,41 = 141\text{ V}$$

“Ωστε το σημείο K (σχ. 15.6α) θα είναι θετικότερο από το Β κατά 141 V (συνεχής τάση), όποτε ο άνορθωτής παύει να είναι αγωγίμος ακόμη και κατά τις θετικές έναλλαγές της τάσεως E του δευτερεύοντος. Καί αυτό, γιατί κατά τις θετικές έναλλαγές η άνοδος Α μπορεί να φθάσει το πολύ σε τάση +141 V σε σχέση με το Β. Έπειδή όμως και η κάθοδος Κ βρίσκεται ήδη σε δυναμικό +141 V σε σχέση με το Β, συμπεραίνουμε ότι η άνοδος δεν γίνεται θετικότερη από την κάθοδο και έπομένως ο άνορθωτής δεν θα γίνεται πιά αγωγίμος.

15.6.2 Η μέγιστη ανάστροφη τάση.

Κατά τη χρονική στιγμή $\frac{3T}{4}$ (σχ. 15.6β), η τάση του δευτερεύοντος είναι τέτοια,

ώστε το σημείο Α γίνεται κατά 141 V αρνητικότερο από το Β. 'Αλλά και το Β είναι ήδη αρνητικότερο κατά 141 V από το Κ, αφού ο C είναι φορτισμένος. Αυτές οι δύο τάσεις (του δευτερεύοντος και του πυκνωτή) είναι σε σειρά και προστίθενται. 'Επομένως το Α θα είναι αρνητικότερο από το Κ κατά $141 + 141 = 282 \text{ V}$.

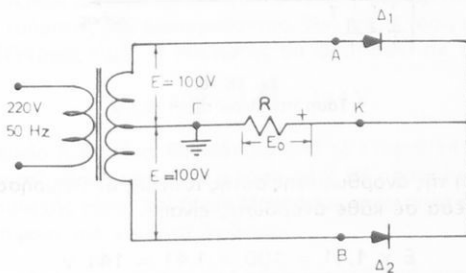
Δηλαδή, κατά τη χρονική στιγμή $\frac{3T}{4}$ η άνοδος Α γίνεται αρνητικότερη από την κάθοδο Κ κατά 282 V ($= 2E_{\text{μεγ}}$). Τόση είναι η μέγιστη ανάστροφη τάση που επικρατεί στα άκρα του άνορθωτή.

15.6.3 Άντίσταση παράλληλα στον πυκνωτή.

'Αν παράλληλα προς τον πυκνωτή (σχ. 15.6α) συνδεθεί αντίσταση, ο πυκνωτής θα εκφορτίζεται μέσω αυτής και η τάση του θα κατέρχεται κάτω από τη μέγιστη τιμή. 'Επομένως, σε κάθε θετική έναλλαγή της τάσεως του δευτερεύοντος η άνοδος θα γίνεται, για μικρό χρονικό διάστημα, θετικότερη από την κάθοδο, όποτε ο άνορθωτής θα γίνεται αγώγιμος και θα αναφορτίζει τον πυκνωτή.

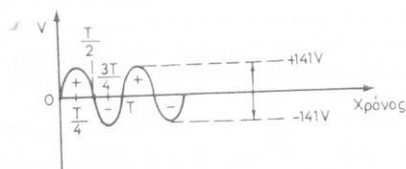
15.7 Τό κύκλωμα διπλής άνορθώσεως με αντίσταση.

Στό σχήμα 15.7α παριστάνεται κύκλωμα διπλής άνορθώσεως, στο οποίο ως φορτίο έχει συνδεθεί αντίσταση. Τό δευτερεύον τύλιγμα του μετασχηματιστή (από Α ως Β) έχει μεσαία λήψη Γ. Δηλαδή, ο αριθμός σπειρών από Α ως Γ ισοϋται με τον αριθμό σπειρών από Γ ως Β και επομένως οι τάσεις στα δύο τμήματα του δευτερεύοντος είναι ίσες. Π.χ. τάση Α - Γ = 100 V (ένεργός τιμή) και τάση Γ - Δ = 100 V. 'Επομένως η τάση από Α ως Β = 200 V.

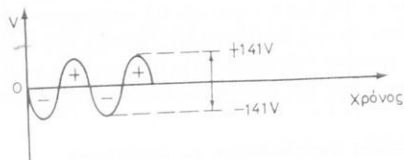


Σχ. 15.7α.

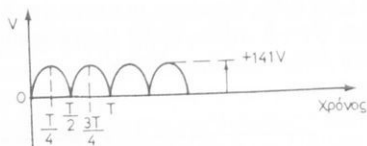
Στό κύκλωμα υπάρχουν δύο άνορθωτές, Δ_1 και Δ_2 , οι οποίοι είναι αγώγιμοι έναλλάξ, επειδή οι τάσεις που επικρατούν στις δύο ανόδους, Α και Β, βρίσκονται σε διαφορά φάσεως 180° μεταξύ τους ως προς το κοινό σημείο Γ (καμπύλες των σχημάτων 15.7β και 15.7γ) και επομένως, όταν ο ένας άνορθωτής είναι αγώγιμος, ο άλλος δεν είναι, και αντίστροφα. Στην αντίσταση R, λοιπόν, θα εμφανίζονται και τα δύο ημικύματα άνορθωμένα, όπως φαίνεται στο σχήμα 15.7δ (παλμοί τάσεως με συχνότητα 100 Hz).



Σχ. 15.7β.
Τάση μεταξύ Α,Γ.



Σχ. 15.7γ.
Τάση μεταξύ Β,Γ.



Σχ. 15.7δ.
Τάση στα άκρα της R (E_0).

Ἡ μέγιστη τιμή τῆς ἀνορθωμένης αὐτῆς τάσεως, ἂν θεωρήσουμε ἀμελητέα τὴν πτώση τάσεως μέσα σέ κάθε ἀνορθωτή, εἶναι:

$$E \times 1,41 = 100 \times 1,41 = 141 \text{ V}$$

15.7.1 Ἡ μέγιστη ἀνάστροφη τάση.

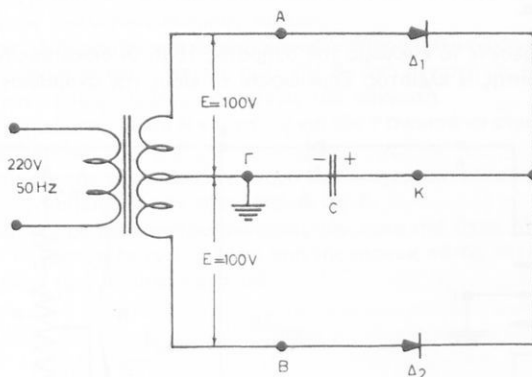
Στὸ σχῆμα 15.7δ παρατηροῦμε ὅτι κατὰ στή χρονικὴ στιγμὴ $T/4$ ἡ τάση τοῦ σημείου Κ (δηλαδὴ τῆς καθόδου) σέ σχέση μέ τὸ Γ εἶναι $+141 \text{ V}$. Ἀλλὰ τὴν ἴδια χρονικὴ στιγμὴ, ἡ τάση τοῦ σημείου Β (δηλαδὴ τῆς μιᾶς ἀνόδου) σέ σχέση μέ τὸ Γ εἶναι -141 V (σχ. 15.7γ). Ἐπομένως, ἡ μεταξὺ Β - Κ (ἀνόδου-καθόδου) τάση τοῦ ἀνορθωτῆ Δ_2 θά εἶναι $-141 - 141 = -282 \text{ V} = -2E_{\mu\epsilon\gamma}$.

Τὸ ἴδιο συμβαίνει καὶ στή χρονικὴ στιγμὴ $\frac{3T}{4}$ μέ τὸν ἀνορθωτῆ Δ_1 . Συμπεραίνομε λοιπὸν ὅτι στίς χρονικὲς στιγμὲς $T/4$ ἢ $\frac{3T}{4}$, στίς ὁποῖες οἱ τάσεις στὸ δευτε-

ρεῦον τοῦ μετασχηματιστῆ ἔχουν μέγιστες τιμές, ἡ μεταξύ ἀνόδου-καθόδου τάση τοῦ ἀνορθωτῆ ποῦ δέν εἶναι ἀγώγιμος ἰσοῦται μέ $-2E_{\mu\epsilon\gamma}$.

15.7.2 Διπλή ἀνόρθωση μέ πυκνωτή.

Στό σχῆμα 15.7ε φαίνεται τό ἴδιο κύκλωμα διπλῆς ἀνορθώσεως, στό ὁποῖο δῶμας ἡ ἀντίσταση ἔχει ἀντικατασταθεῖ μέ πυκνωτή.



Σχ. 15.7ε.

Ὁ πυκνωτής καί πάλι (ὅπως στήν ἀπλή ἀνόρθωση), φορτίζεται στή μέγιστη τιμή τῆς τάσεως κάθε τμήματος τοῦ δευτερεύοντος. Ἄν, π.χ., ἡ τάση κάθε τμήματος εἶναι $E = 100 \text{ V}$ (ἐνεργός τιμή), ὁ πυκνωτής θά φορτισθεῖ σέ τάση:

$$E_{\mu\epsilon\gamma} = 100 \times 1,41 = 141 \text{ V}$$

Δηλαδή, τό σημεῖο Κ θά εἶναι θετικότερο ἀπό τό Γ κατά 141 V. Καί ἐπειδὴ ὁ πυκνωτής δέν μπορεῖ νά ἐκφορτισθεῖ, ἡ τάση αὐτή θά παραμένει σταθερή στούς ὀπισμοῦς του (συνεχῆς τάση) καί ὅπως ἐξηγήσαμε στήν ἀπλή ἀνόρθωση οἱ δύο ἀνορθωτές θά πάψουν πιά νά εἶναι ἀγώγιμοι.

15.7.3 Ἡ μέγιστη ἀνέστροφη τάση στό κύκλωμα τοῦ σχήματος 15.7ε (διπλή ἀνόρθωση μέ πυκνωτή).

Ὅπως καί στήν περίπτωση τῆς ἀπλῆς ἀνορθώσεως μέ πυκνωτή, ἡ μέγιστη ἀνέστροφη τάση ποῦ ἐπικρατεῖ στά ἄκρα κάθε ἀνορθωτῆ στή διπλή ἀνόρθωση ἰσοῦται μέ:

$$-2E_{\mu\epsilon\gamma} = -141 \times 2 = -282 \text{ V}$$

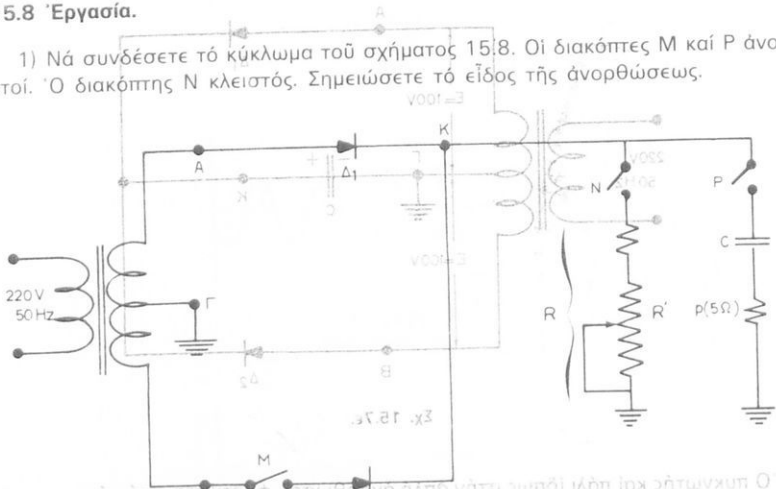
15.7.4 Ἀντίσταση παράλληλα πρὸς τόν πυκνωτή.

Ἄν παράλληλα πρὸς τόν πυκνωτή C (σχ. 15.7ε) συνδεθεῖ ἀντίσταση, ὁ πυκνω-

της θα εκφορτίζεται μέσα από αυτή και γι' αυτό η τάση του θα πέφτει, κάτω από τη μέγιστη τιμή. Έπομένως, η άνοδος κάθε ανορθωτή θα γίνεται σε κάθε θετική εναλλαγή, για μικρό χρονικό διάστημα, θετικότερη από την καθεσδό, όπως κάθε ανορθωτής θα γίνεται αγώγιμος και ό πυκνωτής θα αναφορτίζεται με παλμούς ρεύματος, από ό,τι παρατηρήθηκε πρώτα, σύμφωνα με το σχήμα που φαίνεται στην εικόνα 2.2.1. Η τάση του πυκνωτή θα αυξάνεται, καθώς η τάση του ανορθωτή θα αυξάνεται, μέχρι να φθάσει στην τάση του ανορθωτή, οπότε η τάση του πυκνωτή θα σταθεροποιηθεί στην τάση του ανορθωτή.

15.8 Έργασία.

1) Νά συνδέσετε τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 15.8. Οἱ διακόπτες Μ καὶ Ρ ἀνοικτοί. Ὁ διακόπτης Ν κλειστός. Σημειώστε τὸ εἶδος τῆς ἀνορθώσεως.



Ηλεκτρικό κύκλωμα με πηγή τάσης $\mathcal{E} = 6\text{ V}$, εσωτερική αντίσταση $r = 0,5 \Omega$, αντιστάτη $R_1 = 1,5 \Omega$ και μεταβλητό ρεοστάσιο R_2 . Η δύναμη που καταναλώνει ο αντιστάτης R_1 είναι μέγιστη όταν το ρεοστάσιο έχει τιμή $R_2 = 1,5 \Omega$.

$$V(4) = \sum x_i = 15.8001 = 15.8001$$

2) Τροφοδοτήστε το κύκλωμα. Με βολτόμετρο εναλλασσόμενου μετρήσετε και σημειώστε την τάση μεταξύ Α-Γ (ένέργεια τιμή). Να υπολογίσετε τη μέγιστη τιμή της τάσεως αυτής.

3) Με βολτόμετρο συνεχούς μετρήσετε την τάση στα άκρα της R (ή R στο μέγιστο). Σημειώστε πολικότητα. Το βολτόμετρο συνεχούς δείχνει τη μέση τιμή της τάσεως αυτής.

τάσεως αυτής:

• Αν θεωρηθεί αμελητέα η πτώση τάσεως μέσα στον ανόρθωτή, να επαληθεύ-
-θουν πτωθῶδες ή πτωθῶδες ήτοι πτωθῶδες εἶδος αρχῆς. Εἰς τὴν περίπτωσηὴν προῦν
στετε ὅτι ἡ μέση τιμὴ ποὺ βρήκατε εἶναι ἴση με $\frac{E_{μεγ}}{\pi}$, ὅπου ἡ $E_{μεγ}$ ὑπολογίσθηκε

4) Όδηγήστε τα άκρα της R προς την κατακόρυφη είσοδο παλμογράφου με κατάλληλο σάρωμα. Νά σχεδιάσετε την κυματομορφή.

5) Μέ τούς διακόπτες M και N ανοικτούς καί τόν P κλειστό, σημειώσετε τό είδος τής ανόρθωσης.

6) Μέ βολτόμετρο συνεχούς μετρήσετε την τάση στα άκρα του πυκνωτή C. Συγκρίνετε την τιμή αυτή τάσεως με αυτήν που έχετε υπολογίσει στην περίπτωση 2.

7) Μέ τό διακόπτη M ανοικτό και τούς N και P κλειστούς, σημειώσετε τό είδος της άνορθώσεως.

8) Άφου τώρα ό C έκφορτίζεται διά μέσου της R, τά φορτία του αναπληρώνονται μέ παλμούς ρεύματος. Οί παλμοί αυτοί περνούν μέσα από τή μικρή αντίσταση ρ και δημιουργούν άνάλογους παλμούς τάσεως.

Όδηγήσετε τά άκρα της ρ στην κατακόρυφη είσοδο παλμογράφου και σχεδιάσετε παλμογραφήματα γιά διάφορες τιμές της R', από μέγιστη ως ελάχιστη. Έτσι έχετε την εικόνα του ρεύματος φορτίσεως του πυκνωτή.

9) Μέ τούς διακόπτες M και N κλειστούς και τόν P άνοικτό νά σημειώσετε τό είδος της άνορθώσεως.

10) Μετρήσετε την τάση σε κάθε τμήμα του δευτερεύοντος μέ βολτόμετρο έναλλασσόμενου καθώς και την τάση από A ως B.

11) Μετρήσετε μέ βολτόμετρο συνεχούς την τάση στα άκρα της R, μέ την R' στό μέγιστο. Τό όργανο δείχνει τή μέση τιμή της τάσεως αυτής. Νά έπαληθεύσετε ότι ή μέση αυτή τιμή ίσοϋται τώρα μέ:

$$E_{\text{μέση}} = \frac{2E_{\text{μεγ}}}{\pi}$$

12) Όδηγήσετε τά άκρα της R στην κατακόρυφη είσοδο παλμογράφου μέ σύρμα και σχεδιάσετε τό παλμογράφημα.

13) Μέ τούς διακόπτες M και P κλειστούς και τό N άνοικτό σημειώσετε τό είδος της άνορθώσεως.

14) Μέ βολτόμετρο συνεχούς μετρήσετε την τάση στα άκρα του C. Νά έπαληθεύσετε ότι ή τιμή που βρήκατε ίσοϋται μέ τή μέγιστη τιμή της τάσεως E.

15) Μέ τούς διακόπτες M,P και N κλειστούς σημειώσετε τό είδος της άνορθώσεως.

16) Όδηγήσετε τά άκρα της ρ στην κατακόρυφη είσοδο παλμογράφου και σχεδιάσετε παλμογραφήματα γιά ποικίλες τιμές της R', από μέγιστη ως ελάχιστη.

ΚΥΚΛΩΜΑ ΑΝΟΡΘΩΣΕΩΣ ΜΕ ΓΕΦΥΡΑ

16.1 Γενικά.

Στήν προηγούμενη άσκηση (15) εξετάσαμε τīs περιπτώσεις άπλης καί διπλής άνορθώσεως. Στήν άσκηση αὐτή εξετάζονται τά χαρακτηριστικά ενός κυκλώματος άνορθώσεως τής έναλλασσόμενης τάσεως τοῦ δικτύου στό ὁποῖο χρησιμοποιοῦνται τέσσερεις άνορθωτές σέ συνδεσμολογία γνωστή μέ τό ὄνομα «γέφυρα άνορθώσεως».

Τά κυκλώματα άνορθώσεως μέ γέφυρα συναντῶνται πλέον καί σέ άπλές συσκευές, γιατί παρουσιάζουν σοβαρά πλεονεκτήματα, ὅπως θά δοῦμε πιό κάτω. Στά κυκλώματα αὐτά ἔχει γενικευθεῖ ἡ χρήση τῶν διόδων πυριτίου, γιατί ἔχουν πολύ μικρή έσωτερική αντίσταση κατά τήν άγώγιμη φορά τοῦ ρεύματος. Οἱ τέσσερεις δίοδοι πυριτίου εἶναι κατασκευασμένες σέ ἓνα ἑξάρτημα μέ τέσσερεις άκροδέκτες.

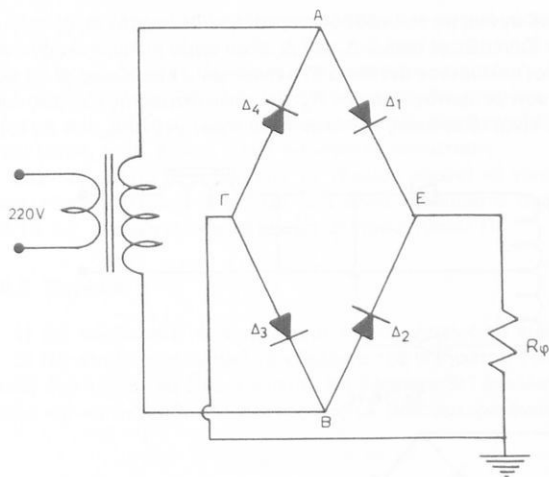
Στό σχῆμα 16.1α, παριστάνεται τό κύκλωμα ενός άνορθωτῆ μέ γέφυρα πού τροφοδοτεῖται ἀπό τό δευτερεῦον τύλιγμα ενός μετασχηματιστῆ. Τό δευτερεῦον αὐτό τροφοδοτεῖ τέσσερεις διόδους πυριτίου Δ_1 , Δ_2 , Δ_3 καί Δ_4 .

Τό κύκλωμα λειτουργεῖ ὡς ἑξῆς: Ἄς ὑποθέσουμε ὅτι κατά τή διάρκεια τῆς θετικής έναλλαγῆς (έναλλαγή 1, σχ. 16.1β) τῆς ἡμιτονικῆς τάσεως εἰσόδου V_{AB} , τό σημεῖο Α εἶναι θετικό σέ σχέση μέ τό Β. Τότε ἡ άνοδος τῆς διόδου Δ_1 εἶναι θετική σέ σχέση μέ τήν κάθοδό της καί συνεπῶς ἡ Δ_1 γίνεται άγώγιμη. Ἡ κάθοδος τῆς Δ_3 , πού συνδέεται στό σημεῖο Β, εἶναι άρνητική σέ σχέση μέ τήν άνοδό της, συνεπῶς καί ἡ Δ_3 γίνεται άγώγιμη. Εἶναι ὅμως φανερό ὅτι οἱ άλλες δίοδοι Δ_2 καί Δ_4 , εἶναι πολωμένες αντίθετα (οἱ άνοδοι άρνητικές ὡς πρός τῖς καθόδους) κατά τή διάρκεια τῆς θετικῆς έναλλαγῆς. Συνεπῶς οἱ Δ_2 καί Δ_4 δέν εἶναι άγώγιμες.

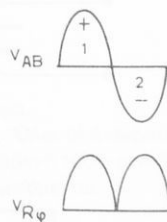
Στό σχῆμα 16.1γ φαίνεται ὅτι κατά τή διάρκεια τῆς θετικῆς αὐτῆς έναλλαγῆς τό ρεῦμα κυκλοφορεῖ μόνο ἀπό τῖς διόδους Δ_1 καί Δ_3 , οἱ ὁποῖες φαίνονται συνδεμένες σέ σειρά μέ τήν αντίσταση φόρτου R_{Φ} . Δηλαδή, τό ρεῦμα κυκλοφορεῖ ἀπό τήν R_{Φ} , ἀπό τήν Δ_1 , ἀπό τό τύλιγμα ΑΒ καί ἀπό τήν Δ_3 μέ τήν πολικότητα ἡ ὁποία φαίνεται στό σχῆμα (ἡλεκτρονική φορά ρεύματος).

Στό σχῆμα 16.1δ φαίνεται ἡ έναλλαγή τάσεως θετικῆς φορᾶς, πού ἐμφανίζεται στά άκρα τῆς R_{Φ} στή διάρκεια τῆς έναλλαγῆς 1. Στή διάρκεια τῆς άρνητικῆς έναλλαγῆς (έναλλαγή 2), οἱ δίοδοι Δ_1 καί Δ_3 εἶναι αντίθετα πολωμένες (ὄχι άγώγιμα) καί συνεπῶς δέν εἶναι άγώγιμες. Ἄν οἱ άλλες δίοδοι Δ_2 καί Δ_4 δέν ὑπῆρχαν, τό κύκλωμα θά ἦταν άπλης άνορθώσεως.

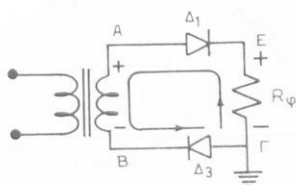
Στό σχῆμα 16.1ε φαίνεται ὅτι κατά τή διάρκεια τῆς άρνητικῆς έναλλαγῆς (έναλλαγή 2), ὅταν δηλαδή τό σημεῖο Α εἶναι άρνητικό σέ σχέση μέ τό Β, ἡ άνοδος τῆς



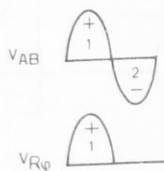
Σχ. 16.1α.



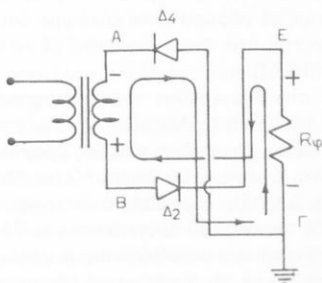
Σχ. 16.1β.



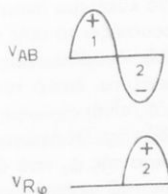
Σχ. 16.1γ.



Σχ. 16.1δ.

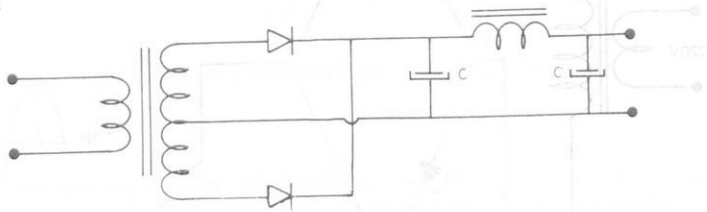


Σχ. 16.1ε.

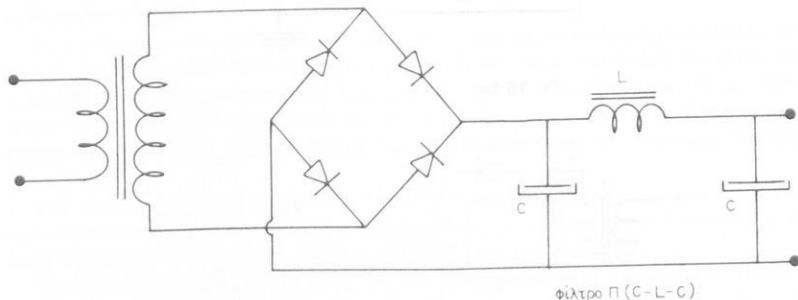


Σχ. 16.1στ.

διόδου Δ_2 είναι θετική σε σχέση με την κάθοδό της και η κάθοδος της Δ_4 αρνητική σε σχέση με την άνοδο. Συνεπώς οι δίοδοι Δ_2 και Δ_4 είναι τώρα πολωμένες αγώγιμα, ενώ οι Δ_1 και Δ_3 είναι πολωμένες αντίθετα (όχι αγώγιμα). Έπομένως, οι Δ_2 και Δ_4 επιτρέπουν τη διέλευση ρεύματος από την R_ϕ . Η πολικότητα της τάσεως που αναπτύσσεται στην R_ϕ είναι ίδια, όπως και όταν ήταν αγώγιμες οι Δ_1 και Δ_3 (σχ. 16.1στ).



Σχ. 16.1ζ.



Σχ. 16.1η.

Όστε η δίοδος Δ_1 σε σειρά με τη Δ_3 άνορθώνει τη θετική έναλλαγή της ήμιτονικής τάσεως εισόδου, ενώ η Δ_2 σε σειρά με τη Δ_4 άνορθώνει την αρνητική έναλλαγή. Συνεπώς τό κύκλωμα άνορθώσεως με γέφυρα είναι κύκλωμα διπλής άνορθώσεως και παρουσιάζει τά έξής πλεονεκτήματα, όταν συγκριθεί με τό συνηθισμένο κύκλωμα διπλής άνορθώσεως (σχ. 16.1ζ).

α) Δέν χρειάζεται διπλό τύλιγμα στό δευτερεύον του μετασχηματιστή.

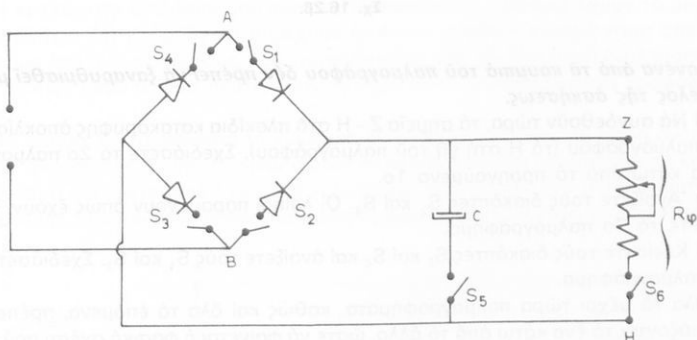
β) Όταν η Δ_1 είναι αγώγιμη (σχ. 16.1α), η Δ_2 δέν είναι (έχει — στην άνοδο και + στην κάθοδό της). Η αγώγιμη Δ_1 όμως, θεωρείται τότε ως βραχυκύκλωμα, συνεπώς, στά άκρα της Δ_2 που δέν είναι αγώγιμη, θά εφαρμόζεται όλη η τάση του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή. Δηλαδή, η μέγιστη άνάστροφη τάση όταν η Δ_2 δέν άγει ίσοϋται με τό μέγιστο της τάσεως του δευτερεύοντος. Τό ίδιο συμβαίνει καί με τη μη αγώγιμη Δ_4 . Άρα στό κύκλωμα άνορθώσεως με γέφυρα, κάθε δίοδος υποφέρει μέγιστη αρνητική τάση ίση με τη μέγιστη τιμή της τάσεως του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή, ενώ στό κύκλωμα διπλής άνορθώσεως κάθε δίοδος υποφέρει άνάστροφη τάση διπλάσια από τη μέγιστη τιμή τάσεως κάθε δευτερεύοντος του μετασχηματιστή.

Ένα μειονέκτημα του κυκλώματος άνορθώσεως με γέφυρα είναι το γεγονός ότι σε κάθε έναλλαγή το συνεχές ρεύμα του κυκλώματος πρέπει να περνά μέσα από δύο σε σειρά διόδους. Συνεπώς, η πτώση τάσεως κατά την αγωγή έναλλαγή στις δύο αυτές διόδους θα είναι μεγαλύτερη από ότι η πτώση τάσεως σε μία δίοδο. Πάντως στις διόδους πυριτίου, όπως και στην αρχή αναφέραμε, η πτώση τάσεως είναι μικρή, γιατί έχουν μικρή έσωτερική αντίσταση.

Στά κυκλώματα άνορθώσεως με γέφυρα μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοσδήποτε τύπος φίλτρου, όπως και στα άλλα κυκλώματα άνορθώσεως. Στο σχήμα 16.1η π.χ., παριστάνεται κύκλωμα φίλτρου τύπου Π.

16.2 Έργασία.

- 1) Νά σχεδιασθεί από το σασσί της άσκησης το κύκλωμα.
- 2) Νά συνδεσμολογηθεί το κύκλωμα του σχήματος 16.2α. "Όλοι οι διακόπτες, εκτός από τόν S_5 νά είναι κλειστοί. Νά εφαρμοσθεί έναλλασσόμενη τάση στην είσοδο και νά μετρηθεί το πλάτος της μέ βολτόμετρο έναλλασσόμενου.



Σχ. 16.2α.

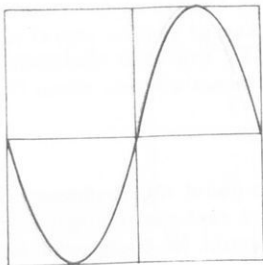
- 3) Από το αποτέλεσμα της μετρήσεως νά υπολογισθεί σε ποιά τάση θά φορτισθεί ο πυκνωτής C.

- 4) Με τούς διακόπτες S_6 ανοικτό και S_5 κλειστό, νά μετρηθεί η τάση στά άκρα του C (βολτόμετρο συνεχούς) και νά συγκριθεί το αποτέλεσμα μέ την τιμή τάσεως πού υπολογίσθηκε.

- 5) Νά συνδέσετε τά σημεία A-B (σχ. 16.2α), στην είσοδο τών πλακιδίων κατακόρυφης άποκλίσεως του παλμογράφου (τό B στή γη του παλμογράφου και ό μεταγωγός σαρώσεως του παλμογράφου στή θέση Line Synchronization). "Όλοι οι διακόπτες του κυκλώματος της άσκησης νά είναι κλειστοί εκτός από τόν S_5 .

Νά ρυθμίσετε τή συχνότητα της παλμογράφου, ώστε νά εμφανισθούν τρία κύματα της τάσεως V_{AB} στην οθόνη. Ρυθμίσετε τήν κατακόρυφη ένίσχυση και τήν κατακόρυφη τοποθέτηση, ώστε το πλάτος τών κυμάτων νά πλη-

σιάζει, άνω καί κάτω, τό όρθογώνιο πλαίσιο τής όθόνης. Μετά ρυθμίζετε τήν όριζόντια ένίσχυση περίπου στό μέγιστο καί τήν όριζόντια τοποθέτηση, ώστε τό μεσαίο κύμα νά έχει μεγενθυθεί κατά πλάτος καί νά είναι συμμετρικό σέ σχέση μέ τόν κεντρικό κατακόρυφο άξονα τής όθόνης (σχ. 16.2β). Νά σχεδιασθεί τό παλμογράφημα.



Σχ. 16.2β.

Κανένα από τά κουμπιά του παλμογράφου δέν πρέπει νά ξαναρυθμισθεί μέχρι τό τέλος τής άσκήσεως.

6) Νά συνδεθοϋν τώρα, τά σημεία Z - H στά πλακίδια κατακόρυφης άποκλίσεως του παλμογράφου (τό H στή γή του παλμογράφου). Σχεδιάσετε τό 2ο παλμογράφημα κάτω από τό προηγούμενο 1ο.

7) Άνοίξετε τούς διακόπτες S_2 καί S_4 . Οι λοιποί παραμένουν όπως έχουν. Σχεδιάσετε τό 3ο παλμογράφημα.

8) Κλείσετε τούς διακόπτες S_2 καί S_4 καί άνοίξετε τούς S_1 καί S_3 . Σχεδιάσετε τό 4ο παλμογράφημα.

Όλα τά μέχρι τώρα παλμογραφήματα, καθώς καί όλα τά έπόμενα, πρέπει νά σχεδιάζονται τό ένα κάτω από τό άλλο, ώστε νά φαίνεται ή φασική σχέση πού έχει τό καθένα μέ τό άρχικό (1ο) παλμογράφημα.

9) Μέ τούς διακόπτες S_1 , S_3 , S_5 καί S_6 κλειστούς καί τούς S_2 , S_4 άνοικτούς, συνδέσετε βολτόμετρο συνεχούς στήν έξοδο (σημεία Z-H). Ρυθμίζετε τήν αντίσταση έξόδου R_{ϕ} στό μέγιστο καί στό ελάχιστο. Τί παρατηρείτε στήν τάση έξόδου; Σχεδιάσετε τά παλμογραφήματα.

10) Κλείσετε όλους τούς διακόπτες καί σχεδιάσετε παλμογραφήματα γιά τιμές τής R_{ϕ} , μέγιστη καί ελάχιστη.

ΑΣΚΗΣΗ 17

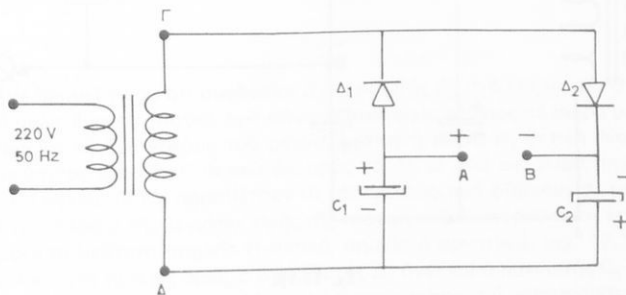
ΑΝΟΡΘΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΠΛΑΣΙΑΣΜΟΣ ΤΑΣΕΩΣ

17.1 Γενικά.

Στήν άσκηση αυτή θά μελετηθεί ή λειτουργία δύο ανόρθωτικών κυκλωμάτων μέ διπλασιασμό τάσεως. Τό ένα κύκλωμα διπλασιασμού τάσεως είναι μέ πλήρη (διπλή) ανόρθωση καί τό άλλο μέ άπλή.

Τά κυκλώματα διπλασιασμού τάσεως (διπλασιαστές τάσεως) έχουν τό μεγάλο πλεονέκτημα ότι μπορούν νά παρέχουν διπλάσια περίπου συνεχή τάση από ένα κύκλωμα άπλης ανόρθωσης, πού τροφοδοτείται από τήν ίδια πηγή έναλλασσόμενης τάσεως (άπό τό ίδιο δευτερεύον τύλιγμα ενός μετασχηματιστή τροφοδοτήσεως).

Στό σχήμα 17.1α φαίνεται τό κύκλωμα διπλασιαστή τάσεως μέ διπλή ανόρθωση. Οι ανόρθωτές Δ_1 καί Δ_2 είναι δίοδοι πυριτίου. Η τάση γιά ανόρθωση καί διπλασιασμό παρέχεται από ένα μόνο τύλιγμα δευτερεύοντος του μετασχηματιστή. Η συνεχής, ανόρθωμένη (διπλάσια) τάση εξόδου εμφανίζεται στά σημεία Α καί Β.



Σχ. 17.1α.

Τό κύκλωμα λειτουργεί ως εξής: Στή θετική έναλλαγή της τάσεως στο δευτερεύον (σημείο Γ θετικό σέ σχέση μέ τό Δ), (σχ.17.1α), ή άνοδος του ανόρθωτή Δ_1 γίνεται θετική ως προς τήν κάθοδο. Ο ανόρθωτής Δ_1 άγει καί φορτίζει τόν πυκνωτή C_1 στο μέγιστο της τάσεως του δευτερεύοντος καί μέ τήν πολικότητα πού σημαίνεται στό σχέδιο. Στή διάρκεια αυτής της θετικής έναλλαγής ο Δ_2 δέν άγει,

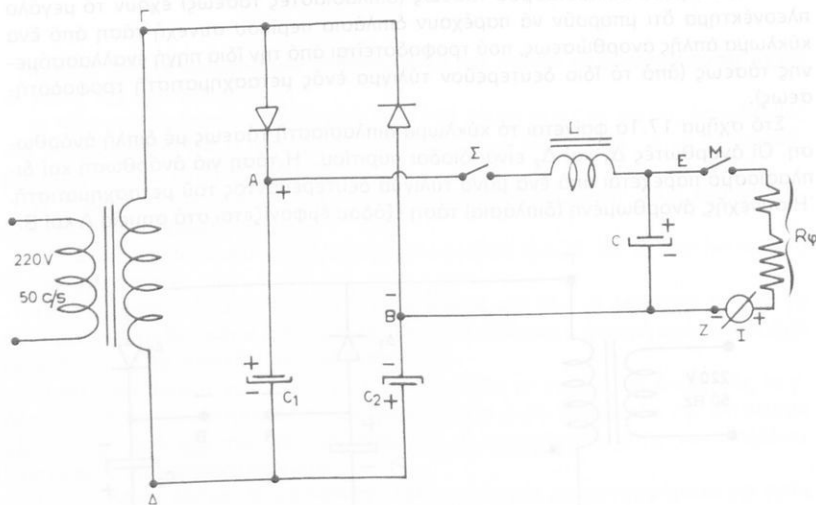
γιατί η καθόδός του είναι θετική σέ σχέση μέ τήν άνοδο. Στην άρνητική έναλλαγή τής τάσεως στό δευτερεύον (σημείο Δ θετικό σέ σχέση μέ τό Γ), ό Δ₂ άγει καί φορτίζει έπίσης τόν πυκνωτή C₂ στό μέγιστο τής τάσεως δευτερεύοντος καί μέ τή σημειούμενη πολικότητα. Τά δυναμικά τών δύο πυκνωτών προστίθενται έτσι, ώστε μεταξύ τών σημείων Α καί Β έπικρατεί τάση ίση μέ τό διπλάσιο τής μέγιστης τιμής τής τάσεως δευτερεύοντος τοῦ μετασχηματιστή. Π.χ., άν μέ ένα βολτόμετρο έναλλασσόμενου μετρηθεί ή τάση στό δευτερεύον τοῦ μετασχηματιστή καί βρεθεί ίση μέ 100 βόλτ (ένεργός τιμή), ή συνεχής τάση μεταξύ Α καί Β θά είναι:

$$100 \times 1,41 \times 2 = 282 \text{ βόλτ}$$

Ή τάση αύτή έξόδου, γιά νά χρησιμοποιηθεί καί νά έξυπηρετήσει σάν συνεχής τάση πρέπει νά έξομαλυνθεί, νά περάσει δηλαδή από φίλτρο πηνίου - πυκνωτή.

Στό σχήμα 17.1β φαίνεται τό κύκλωμα διπλασιαστή τάσεως μέ διπλή ανόρθωση πού έχει φίλτρο έξομαλύνσεως τής τάσεως έξόδου (πηνίο L καί πυκνωτή C).

Οί πυκνωτές C₁, C₂ καί C είναι ηλεκτρολυτικοί. Ο πυκνωτής C πρέπει νά άντέχει σέ μεγαλύτερη (διπλάσια) τάση από όση οί C₁ καί C₂. Ή αντίσταση R_φ άντιπροσωπεύει τό φορτίο τοῦ κυκλώματος.



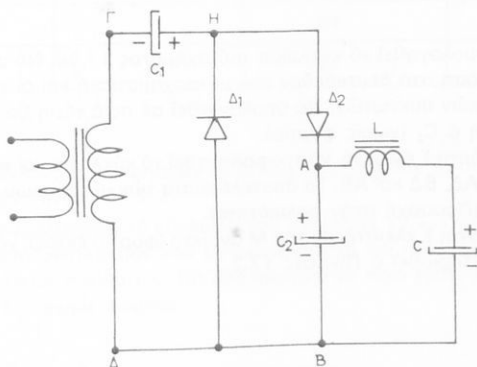
Σχ. 17.1β.

Στήν περίπτωση πού τό ρεύμα στό φορτίο είναι μεγάλης έντάσεως, τό φίλτρο πρέπει νά περιλαμβάνει πηνίο, όπως στό σχήμα 17.1β. Άν όμως τό ρεύμα τοῦ φορτίου είναι μικρής έντάσεως, π.χ. λίγα μιλλιαμπέρ, μπορεί αντί γιά πηνίο, νά συνδεθεί απλή ώμική αντίσταση στό φίλτρο. Πάντως ή κυμάτωση τής τάσεως έξόδου έχει συχνότητα ίση μέ τό διπλάσιο τής συχνότητας τοῦ δικτύου, δηλαδή 100 Hz. Τό έπίσης μεγάλο πλεονέκτημα τοῦ κυκλώματος αύτοῦ είναι ότι χρησιμοποιεί ένα

μόνο τύλιγμα δευτερεύοντος του μετασχηματιστή, και όχι δύο ίσα τυλίγματα, όπως το συνηθισμένο κύκλωμα διπλής άνορθωσης.

Στό σχήμα 17.1γ φαίνεται το κύκλωμα ενός διπλασιαστή τάσεως απλής άνορθωσης.

Τό κύκλωμα λειτουργεί ως εξής: "Ας υποτεθεί ότι ο άνορθωτής Δ_2 δεν έχει συνδεθεί στο κύκλωμα. Κατά την άρνητική έναλλαγή της τάσεως δευτερεύοντος του μετασχηματιστή (σημείο Γ άρνητικό ως προς τό Δ), ο άνορθωτής Δ_1 άγει και φορτίζει τόν C_1 στο μέγιστο της τάσεως του δευτερεύοντος με τη σημειούμενη πολικότητα.



Σχ. 17.1γ.

"Ας θεωρηθεί τώρα ότι συνδέεται ο άνορθωτής Δ_2 στο κύκλωμα. Ο πυκνωτής C_1 που μόλις έχει φορτισθεί, δρᾷ σαν μία συστοιχία τάσεως σε σειρά με την τάση που παρέχει τό δευτερεύον του μετασχηματιστή. Κατά τη θετική έναλλαγή του δευτερεύοντος (σημείο Γ θετικό ως προς τό Δ), οι δύο σε σειρά πηγές (δευτερεύον και πυκνωτής C_1) προσθέτουν τις τάσεις τους, που φθάνουν σε μέγιστη τιμή ίση με τό διπλάσιο της μέγιστης τιμής της τάσεως του δευτερεύοντος και με τη σημειούμενη πολικότητα (σημείο Η θετικό, σημείο Δ άρνητικό), (σχ. 17.1γ). Με τέτοια πολικότητα τάσεως όμως ο άνορθωτής Δ_2 άγει και ο πυκνωτής C_2 φορτίζεται στο διπλάσιο της τάσεως κορυφής του δευτερεύοντος του μετασχηματιστή. Συνεπώς, ο ρόλος του άνορθωτή Δ_1 είναι νά φορτίσει τόν C_1 στο μέγιστο της τάσεως δευτερεύοντος (κατά την έναλλαγή με άρνητικό Γ, θετικό Δ), σε τρόπο ώστε ο Δ_2 νά τροφοδοτηθεί με διπλάσια τάση κορυφής.

"Η διπλάσια τάση στον πυκνωτή C_2 προκύπτει όταν άγει ο άνορθωτής Δ_2 , που άγει μόνο κατά τις θετικές έναλλαγές της τάσεως δευτερεύοντος (μόνο όταν τό Γ γίνεται θετικό ως προς τό Δ). Έτσι έχομε διπλασιαστή τάσεως απλής άνορθωσης και η κυμάτωση στο κύκλωμα αυτό έχει συχνότητα 50 Hz.

Παράδειγμα. "Αν η τάση δευτερεύοντος, μεταξύ Γ και Δ είναι 100 βόλτ, ο πυκνωτής C_1 θα φορτισθεί στο μέγιστο της τάσεως αυτής, δηλαδή:

$$100 \times 1,41 = 141 \text{ βόλτ}$$

Ο πυκνωτής C_2 θα φορτισθεί στο διπλάσιο του μέγιστου, δηλαδή:

$$2 \times 141 = 282 \text{ βόλτ}$$

Οι πυκνωτές C_2 και C πρέπει να άντεχουν σε τάση διπλάσια από εκείνη που αντέχει ο C_1 .

17.2 Έργασία.

1) Νά συνδεσμολογηθεί το κύκλωμα του σχήματος 17.1β. Νά σημειωθούν: 'Η αναγραφόμενη τάση στο δευτερεύον του μετασχηματιστή και οι τάσεις έργασίας των ηλεκτρολυτικών πυκνωτών. Νά υπολογισθεί σε ποιά τάση θα φορτισθεί ο C_1 και σε ποιά τάση ο C_2 (χωρίς φορτίο).

2) Μέ το διακόπτη Σ άνοικτό, νά τροφοδοτηθεί το κύκλωμα και νά μετρηθούν οι τάσεις στα άκρα ΑΔ, ΒΔ και ΑΒ. Τά αποτελέσματα των μετρήσεων νά γραφούν σε σχετικό πίνακα. (Προσοχή στην πολικότητα).

3) Μέ το διακόπτη Σ κλειστό και τόν Μ άνοικτό (φορτίο εκτός), νά γίνουν μετρήσεις και νά συμπληρωθεί ο Πίνακας 17.2.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 17.2.1.

Μετρήσεις στο κύκλωμα του σχήματος 17.1β. Χωρίς φορτίο — Διακόπτης Μ άνοικτός

Διακόπτης Σ άνοικτός		Διακόπτης Σ κλειστός	
Σημεία έλέγχου	Τάση (βόλτ)	Σημεία έλέγχου	Τάση (βόλτ)
ΓΔ		ΓΔ	
ΑΔ (C_1)		ΑΔ (C_1)	
ΒΔ (C_2)		ΒΔ (C_2)	
ΑΒ		ΑΒ ΕΖ	

4) Μέ το διακόπτη Σ κλειστό και τόν Μ άνοικτό (όπως στην προηγούμενη έρώτηση), νά συνδεθεί παλμογράφος (μέ σάρωμα) στα σημεία Α-Β και Ε-Ζ και νά σχεδιασθούν οι κυματομορφές.

5) Μέ τούς διακόπτες Σ και Μ κλειστούς (φορτίο έντός), νά ληφθούν και νά σχεδιασθούν τά παλμογραφήματα στα ίδια σημεία μέ μέγιστη και ελάχιστη αντίσταση

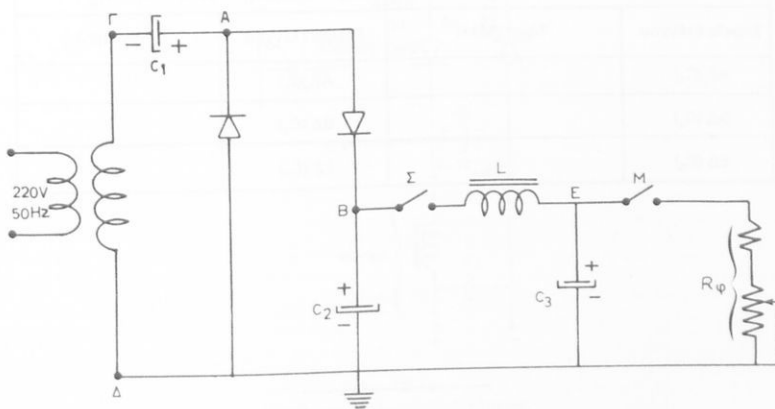
ΠΙΝΑΚΑΣ 17.2.2.

Μετρήσεις στο κύκλωμα του σχήματος 17.1β. Μέ φορτίο – Διακόπτες Μ και Σ κλειστοί

Μέγιστη αντίσταση R_{ϕ}		Ελάχιστη αντίσταση R_{ϕ}	
Σημεία ελέγχου	Τάση (βόλτ)	Σημεία ελέγχου	Τάση (βόλτ)
ΑΔ (C_1)		ΑΔ (C_1)	
ΒΔ (C_2)		ΒΔ (C_2)	
ΑΒ		ΑΒ	
ΕΖ		ΕΖ	

φορτίου R_{ϕ} . Επίσης νά μετρηθούν οι τάσεις καί γραφούν τά αποτελέσματα τών μετρήσεων στόν Πίνακα 17.2.2.

6) Νά συνδεσμολογηθεί τό κύκλωμα του σχήματος 17.2. Ποιά είναι ή αναγραφόμενη τάση στό δευτερεύον του μετασχηματιστή καί ποιές οι τάσεις εργασίας τών ηλεκτρολυτικών πυκνωτών; Νά υπολογισθεί σέ ποιά τάση θά φορτισθεί ό C_1 καί σέ ποιά ό C_2 (χωρίς φορτίο).



Σχ. 17.2.

7) Μέ τό διακόπτη Σ άνοικτό, νά τροφοδοτηθεί τό κύκλωμα καί νά μετρηθούν οι τάσεις στά άκρα ΑΓ, καί ΒΔ. Τά αποτελέσματα τών μετρήσεων νά γραφούν στόν Πίνακα 17.2.3.

ΠΙΝΑΚΑΣ 17.2.3.*Μετρήσεις στο κύκλωμα του σχήματος 17.2. Χωρίς φορτίο – Διακόπτης Μ άνοικτός*

Σημεία ελέγχου	Τάση (βόλτ)
ΓΔ	
ΑΓ (C ₁)	
ΒΔ (C ₂)	
ΕΔ (C ₃)	

8) Μέ το διακόπτη Σ κλειστό καί τόν Μ άνοικτό, νά συνδεθεῖ παλμογράφος (μέ σάρωμα) στά σημεία ΕΔ καί νά σχεδιασθεῖ ἡ κυματομορφή. Ἀκολουθῶς μέ κλειστό τό διακόπτη Μ, νά σχεδιασθοῦν πάλι παλμογραφήματα γιά μέγιστη καί ἐλάχιστη ἀντίσταση φορτίου. Ἐπίσης νά μετρηθοῦν οἱ τάσεις καί τά ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων νά γραφοῦν στόν Πίνακα 17.2.4.

ΠΙΝΑΚΑΣ 17.2.4.*Μετρήσεις στο κύκλωμα τοῦ σχήματος 17.2. Μέ φορτίο – Διακόπτες Σ καί Μ κλειστοί*

Μέγιστη ἀντίσταση R _φ		Ἐλάχιστη ἀντίσταση R _φ	
Σημεία ελέγχου	Τάση (βόλτ)	Σημεία ελέγχου	Τάση (βόλτ)
ΑΓ (C ₁)		ΑΓ (C ₁)	
ΒΔ (C ₂)		ΒΔ (C ₂)	
ΕΔ (C ₂)		ΕΔ (C ₃)	

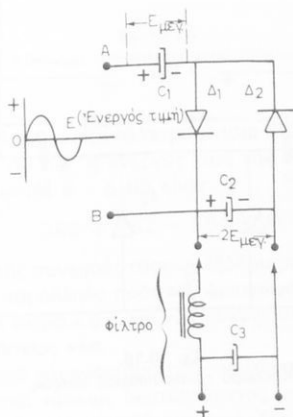
ΑΣΚΗΣΗ 18

ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΜΟΥ ΤΑΣΕΩΣ

18.1 Γενικά.

Στήν άσκηση αυτή εξετάζεται κύκλωμα άνορθώσεως, στο οποίο μέ κατάλληλη σύνδεση ήμιαγωγών και πυκνωτών, έπιτυγχάνεται συνεχής τάση στην έξοδο τριπλάσια, τετραπλάσια κλπ. από τή μέγιστη τιμή τής έναλλασσόμενης τάσεως πού έφαρμόζεται στην είσοδο.

Στό σχήμα 18.1α φαίνεται ένα γνωστό ήδη από τήν προηγούμενη άσκηση (17) κύκλωμα άνορθώσεως μέ διπλασιασμό τάσεως.



Σχ. 18.1α.

Κύκλωμα διπλασιασμού τάσεως.

Στό κύκλωμα αυτό ο πυκνωτής C_1 φορτίζεται στο μέγιστο ($E_{μεγ}$) τής έναλλασσόμενης τάσεως πού έπικρατεί στα σημεία Α,Β. Ο άλλος πυκνωτής (C_2) φορτίζεται στο διπλάσιο του μέγιστου ($2E_{μεγ}$) τής έναλλασσόμενης αυτής τάσεως. Αν π.χ. ή έναλλασσόμενη τάση είσόδου πού έπικρατεί μεταξύ Α καί Β έχει ενεργό τιμή 100 βόλτ, ο C_1 θα φορτισθεί στην τάση: $100 \times 1,41 = 141$ βόλτ, μέ τήν πο-

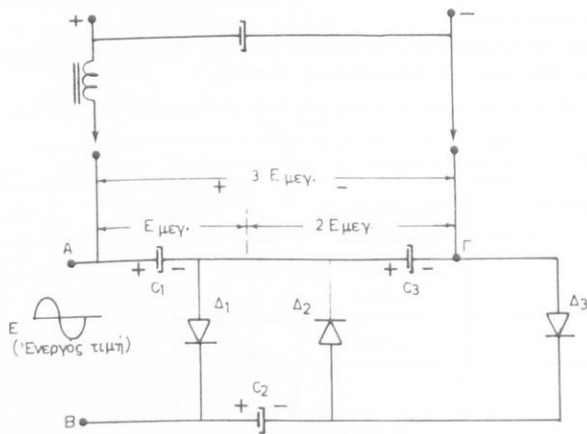
λικότητα πού φαίνεται στο σχήμα 18.1α. Ό C_2 θα φορτισθεί στην τάση: $100 \times 1,41 \times 2 = 282$ βόλτ και με την πολικότητα πού φαίνεται στο ίδιο σχήμα.

Στό σχήμα 18.1β φαίνεται κύκλωμα τριπλασιασμού τάσεως, τό όποιο προκύπτει όταν στά άκρα του ήμιαγωγού Δ_2 του προηγούμενου κυκλώματος (σχ. 18.1α) συνδεθεί ένας ακόμη ήμιαγωγός (Δ_3) μέ πυκνωτή (C_3) σέ σειρά. Ό C_3 θα φορτισθεί επίσης στό διπλάσιο του μέγιστου ($2E_{\mu\epsilon\gamma}$) τής τάσεως εισόδου, μέ την πολικότητα του σχήματος. Μέ αυτό τον τρόπο οι πυκνωτές C_1 και C_3 βρίσκονται σέ σειρά και οι τάσεις τους προστίθενται. Συνεπώς ή μεταξύ Α - Γ συνεχής τάση θα ίσοϋται μέ:

$$E_{\mu\epsilon\gamma} + 2E_{\mu\epsilon\gamma} = 3E_{\mu\epsilon\gamma}$$

Δηλαδή μεταξύ Α - Γ λαμβάνεται τό τριπλάσιο του μέγιστου τής τάσεως εισόδου. Π.χ. γιά ένενεργό τιμή τής τάσεως εισόδου 100 βόλτ, ή συνεχής τάση μεταξύ Α - Γ θα είναι:

$$141 + 282 = 423 \text{ βόλτ}$$

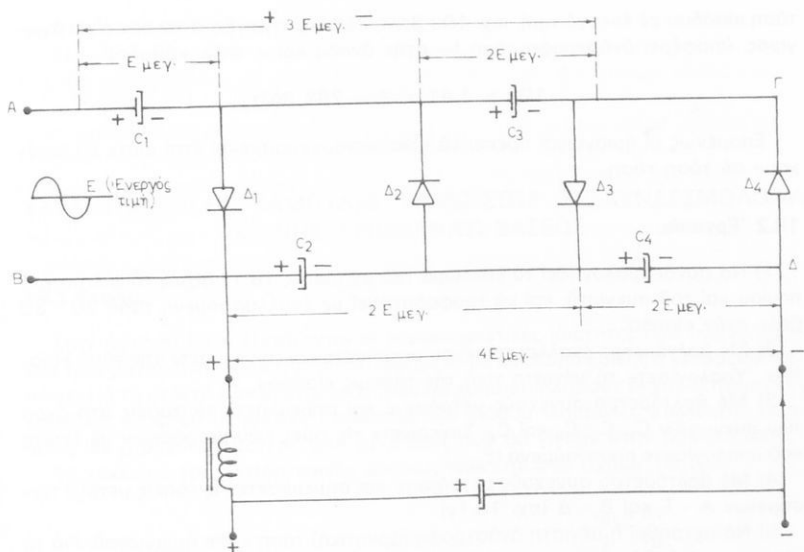


Σχ. 18.1β.

Κύκλωμα τριπλασιασμού τάσεως.

Στό σχήμα 18.1γ φαίνεται κύκλωμα τετραπλασιασμού τάσεως, τό όποιο προκύπτει από τό προηγούμενο (σχ. 18.1β), άν παράλληλα πρός τον ήμιαγωγό Δ_3 συνδεθεί ήμιαγωγός Δ_4 μέ πυκνωτή C_4 σέ σειρά. Ό C_4 θα φορτισθεί στό διπλάσιο του μέγιστου ($2E_{\mu\epsilon\gamma}$) τής έναλλασσόμενης τάσεως εισόδου μέ την πολικότητα πού φαίνεται στό σχήμα, σέ τρόπο ώστε οι συνεχείς τάσεις των πυκνωτών C_2 και C_4 πού είναι σέ σειρά, νά προστίθενται. Συνεπώς ή μεταξύ Β - Δ συνεχής τάση θα ίσοϋται μέ:

$$2E_{\mu\epsilon\gamma} + 2E_{\mu\epsilon\gamma} = 4E_{\mu\epsilon\gamma}$$



Σχ. 18.1γ.

Κύκλωμα τετραπλασιασμού τάσεως.

Δηλαδή, μεταξύ B - Δ λαμβάνεται τό τετραπλάσιο του μέγιστου της έναλλασσόμενης τάσεως εισόδου. Αν π.χ. η ένεργός τιμή της τάσεως εισόδου είναι 100 βόλτ, η συνεχής τάση μεταξύ B - Δ θά είναι:

$$282 + 282 = 564 \text{ βόλτ}$$

Ο πολλαπλασιασμός της συνεχούς τάσεως εξόδου μπορεί νά συνεχισθεί μέ τόν τρόπο αυτό, αν δηλαδή, παράλληλα πρὸς τόν ήμιαγωγό Δ₄ συνδεθεί και άλλος ήμιαγωγός μέ πυκνωτή σέ σειρά κ.ο.κ. και νά προκύψουν κυκλώματα πενταπλασιασμοῦ, εξαπλασιασμοῦ τάσεως κλπ.

Εἶναι φανερό τό βασικό πλεονέκτημα τοῦ κυκλώματος αὐτοῦ, ἀφοῦ μέ μετασχηματιστή μικρῆς σχετικᾶ τάσεως δευτερεύοντος μπορούμε νά εξασφαλίσουμε συνεχεῖς τάσεις εξόδου μέ πολύ μεγαλύτερη τιμή. Τονίζεται ὅμως ὅτι οἱ συνεχεῖς τάσεις εξόδου ὑπολογίζονται ἐδῶ χωρίς φορτίο. Στήν πράξη, ὅταν τό κύκλωμα παρέχει ρεῖμα σέ κάποιο φορτίο, ἡ συνεχής τάση εξόδου ἐλαττώνεται τόσο περισσότερο, ὅσο τό παρεχόμενο ρεῖμα ἔχει μεγαλύτερη ἔνταση.

Ὅπως φαίνεται καί στά τρία προηγούμενα σχήματα (σχ. 18.1α, 18.1β καί 18.1γ), στήν έξοδο κάθε κυκλώματος μπορεί νά συνδεθεί ἕνα συνηθισμένο φίλτρο μέ πηγίο καί πυκνωτή γιά τήν ἐξομάλυνση της συνεχούς τάσεως εξόδου.

Ὅλοι οἱ ήμιαγωγοί τῶν κυκλωμάτων πολλαπλασιασμοῦ τάσεως ὑποφέρουν μέγιστη ἀνάστροφη τάση (ἀρνητική τάση) ἴση μέ $2E_{\text{μεγ}}$. Δηλαδή, γιά έναλλασσόμενη

τάση εισόδου με ενεργό τιμή, π.χ. 100 βόλτ, κάθε ήμιαγωγός, όταν δέν είναι άγωγιμος, ύποφέρει άνάστροφη τάση (— στην άνοδο καί + στην κάθοδο):

$$100 \times 1,41 \times 2 = 282 \text{ βόλτ}$$

Έπομένως οί ήμιαγωγοί πρέπει νά εΐναι κατασκευασμένοι έτσι ώστε νά άντέχουν σέ τόση τάση.

18.2 Έργασία.

1) Νά συνδεσμολογηθεΐ τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 18.1γ δίχως τό φίλτρο τοῦ πηνίου καί τοῦ πυκνωτή, καί νά τροφοδοτηθεΐ μέ έναλλασσόμενη τάση 20 - 30 βόλτ στήν είσοδο.

2) Μέ βολτόμετρο έναλλασσόμενου μετρήσετε καί σημειώσετε τήν τάση είσόδου. Υπολογίσετε τή μέγιστη τιμή τής τάσεως είσόδου.

3) Μέ βολτόμετρο συνεχούς μετρήσετε καί σημειώσετε τίς τάσεις στά άκρα τών πυκνωτῶν C_1 , C_2 , C_3 καί C_4 . Συγκρίνετε τίς τιμές τών μετρήσεων μέ εκείνη πού υπολογίσατε προηγούμενα ($E_{μεγ}$).

4) Μέ βολτόμετρο συνεχούς μετρήσετε καί σημειώσετε τίς τάσεις μεταξύ τών σημείων Α - Γ καί Β - Δ (σχ. 18.1γ).

5) Νά μετρηθεΐ ή μέγιστη άνάστροφη (άρνητική) τάση κάθε ήμιαγωγού. Για τή μέτρηση αὐτή θά χρησιμοποιηθεΐ ήλεκτρονικό βολτόμετρο μέ ένδείξεις Ρ - Ρ (Peak to Peak = από κορυφή σέ κορυφή).

— Τοποθετήσετε τό μεταγωγό τοῦ ήλεκτρονικοῦ βολτομέτρου στή θέση ΑC.

— Στρίψτε τό μεταγωγό τών κλίμακων στήν κλίμακα 50 βόλτ (ένεργές τιμές).

— Παρατηρήσετε ότι στό «καντράν» τοῦ ὄργάνου, κάτω από τήν κλίμακα τών 50 βόλτ, υπάρχουν αντίστοιχες ένδείξεις Ρ - Ρ (κόκκινες ύποδιαίρέσεις).

— Παρατηρήσετε ακόμη ότι στήν πλήρη απόκλιση τής κλίμακας τών 50 βόλτ (ένεργῶν) αντίστοιχεΐ τιμή τής κλίμακας Ρ - Ρ: $50 \times 1,41 \times 2 = 141$ βόλτ.

— Συνδέσετε τώρα τό ήλεκτρονικό βολτόμετρο διαδοχικά στά άκρα τών ήμιαγωγῶν Δ_1 , Δ_2 , Δ_3 καί Δ_4 (σχ. 18.1γ). Σέ κάθε περίπτωση τό ὄργανο θά μετρά τή μέγιστη άνάστροφη τάση πού επικρατεΐ σέ κάθε ήμιαγωγό, όταν ή άνάγνωση γίνεται στήν κλίμακα Ρ - Ρ.

— Μετρήσετε καί σημειώσετε τίς τιμές τών τάσεων αὐτῶν: V_{Δ_1} , V_{Δ_2} , V_{Δ_3} καί V_{Δ_4} .

— Ποιά σχέση έχουν οί μετρούμενες τιμές άναστροφῶν τάσεων μέ τήν τιμή τής έναλλασσόμενης τάσεως είσόδου;

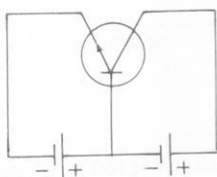
ΑΣΚΗΣΗ 19

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ ΣΕ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΚΟΙΝΗΣ (ΓΕΙΩΜΕΝΗΣ) ΒΑΣΕΩΣ

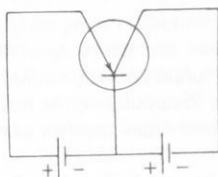
19.1 Γενικά.

Στήν άσκηση αυτή εξετάζονται οι χαρακτηριστικές ιδιότητες που παρουσιάζει ένα τρανζίστορ όταν είναι συνδεσμοποιημένο με κύκλωμα κοινής ή γειωμένης βάσεως. Για τη μελέτη των ιδιοτήτων αυτών θα χρησιμοποιηθούν οι χαρακτηριστικές καμπύλες εισόδου (καμπύλες έκπομπού) και έξόδου (καμπύλες συλλέκτη), οι οποίες θα χαραχθούν ύστερα από μετρήσεις που θα γίνουν στην άσκηση αυτή.

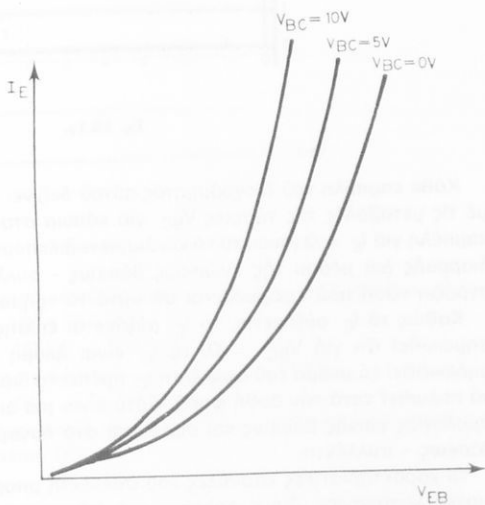
Τό κύκλωμα τρανζίστορ κοινής βάσεως φαίνεται στο σχήμα 19.1α.



ή



Σχ. 19.1α.



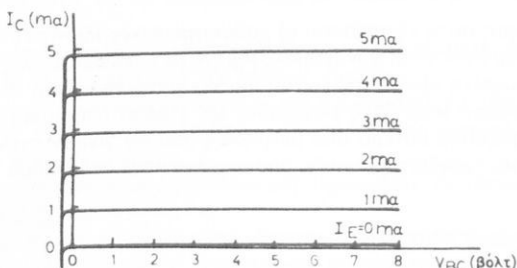
Σχ. 19.1β.

Οι χαρακτηριστικές εισόδου δείχνουν τις μεταβολές του ρεύματος έκπομπού I_E σε σχέση με τις μεταβολές της τάσεως έκπομπού - βάσεως V_{EB} και έχουν τη μορφή που φαίνεται στο διάγραμμα του σχήματος 19.1β.

Για να λειτουργήσει σε γραμμική περιοχή, τό κύκλωμα του διοδικού τμήματος

έκπομπού - βάσεως πρέπει να είναι πολωμένο κατά την όρθη φορά και οι χαρακτηριστικές εισόδου σε αυτή την περίπτωση είναι ίδιες με εκείνες της διόδου με πόλωση όρθης φοράς. Για την περίπτωση που η τάση V_{BC} είναι μηδέν (άνοικτό κύκλωμα συλλέκτη), η χαρακτηριστική εισόδου είναι ίδια με τη χαρακτηριστική μιας τυπικής διόδου από το ίδιο υλικό (καμπύλη του σχήματος 19.1β για $V_{BC} = 0$). Όταν το κύκλωμα βάσεως - συλλέκτη πολωθεί κατά την ανάστροφη φορά, η χαρακτηριστική καμπύλη εισόδου μετατοπίζεται προς τα αριστερά, όπως φαίνεται στο διάγραμμα του σχήματος 19.1β (καμπύλες για $V_{BC} = 5\text{ V}$ ή 10 V).

Για να λειτουργήσει στη γραμμική περιοχή το κύκλωμα βάσεως - συλλέκτη πρέπει να πολωθεί κατά την ανάστροφη φορά, οπότε οι χαρακτηριστικές καμπύλες έξόδου έχουν τη μορφή που φαίνεται στο διάγραμμα του σχήματος 19.1γ.



Σχ. 19.1γ.

Κάθε καμπύλη του διαγράμματος αυτού δείχνει τις μεταβολές του I_C σε σχέση με τις μεταβολές της τάσεως V_{BC} για κάποια σταθερή τιμή του ρεύματος I_E . Η καμπύλη για $I_E = 0$ (άνοικτο το κύκλωμα του έκπομπού) αντιπροσωπεύει το ρεύμα διαρροής διά μέσου της ένωσης βάσεως - συλλέκτη, αφού V_{BC} είναι η ανάστροφη τάση που εφαρμόζεται σε αυτό το τμήμα.

Καθώς το I_E αυξάνεται, το I_C αυξάνεται επίσης και πλησιάζει προς το I_E . Άς σημειωθεί ότι για $V_{BC} = 0$, το I_C είναι ακόμη σχεδόν ίσο με το I_E . Για να μηδενισθεί το ρεύμα του συλλέκτη I_C , πρέπει το διοδικό τμήμα βάσεως - συλλέκτη να πολωθεί κατά την όρθη φορά. Αυτό είναι μία από τις ιδιορρυθμίες της συνδεσμολογίας κοινής βάσεως και οφείλεται στο δυναμικό που δημιουργείται μεταξύ βάσεως - συλλέκτη.

Οι χαρακτηριστικές καμπύλες του συλλέκτη μπορεί να χωρισθούν σε τρεις περιοχές λειτουργίας, όπως φαίνεται στο διάγραμμα του σχήματος 19.1δ.

Η περιοχή 1 είναι η περιοχή κόρου, γιατί το I_C γίνεται μέγιστο, ενώ η V_{BC} είναι ελάχιστη. Η περιοχή 2 είναι η γραμμική και σε αυτήν εργάζεται το τρανζίστορ. Η περιοχή 3 είναι περιοχή αποκοπής, αφού το I_C είναι σχεδόν μηδέν για οποιαδήποτε τάση V_{BC} .

Οι χαρακτηριστικές καμπύλες μπορεί να χρησιμοποιηθούν για υπολογισμό των σταθερών λειτουργίας του τρανζίστορ. Π.χ. η στατική του αντίσταση σε κάποιο σημείο λειτουργίας υπολογίζεται από τη σχέση:

$$R_{\sigma} = \frac{V_{BE}}{I_E}$$

Ἡ δυναμική του ἀντίστασης ὑπολογίζεται ἀπὸ τὴ σχέση:

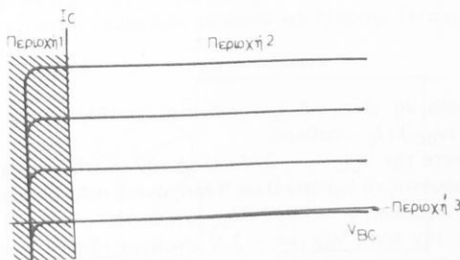
$$R_{\delta} = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_E}$$

Ἡ ἀπολαβὴ ἐναλλασσόμενου ρεύματος τοῦ τρανζίστορ (πάντοτε γιὰ κάποιο σημεῖο λειτουργίας του) δίνεται ἀπὸ τὴ σχέση:

$$A_i = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} = \alpha$$

Τέλος ἡ ἀντίσταση ἐξόδου τοῦ τρανζίστορ ὑπολογίζεται ἀπὸ τὶς χαρακτηριστικές του καμπύλες σύμφωνα μὲ τὴ σχέση:

$$R_{\epsilon\xi} = \frac{\Delta V_{BC}}{\Delta I_C}$$



Σχ. 19.16.

Τὰ χαρακτηριστικά γνωρίσματα τοῦ κυκλώματος ἐνισχυτῆ κοινῆς βάσεως εἶναι:

Μικρὴ ἀντίσταση εἰσόδου: 10 - 150 Ω.

Μεγάλῃ ἀντίστασι ἐξόδου: 10 kΩ - 1 MΩ.

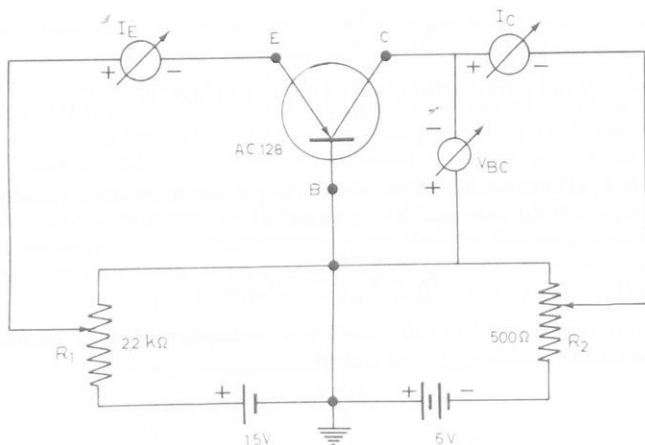
Ἐνίσχυση ρεύματος μικρότερη ἀπὸ τὴ μονάδα: 0,95 - 0,98.

Ἐνίσχυση ἰσχύος: 20 - 30 db.

Δέν ὑπάρχει διαφορὰ φάσεως μεταξὺ σήματος εἰσόδου καὶ ἐνισχυμένου σήματος στὴν ἐξοδο (διαφορὰ φάσεως 0°).

19.2 Ἔργασία.

1) Συνδέσετε τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 19.2. Σὲ αὐτὸ τὸ ποτανοσίομετρο R_1 ρυθμίζει τὴν τάση ἐκπομποῦ - βάσεως (καὶ ἐπομένως τὸ ρεῖμα ἐκπομποῦ I_E), ἐνῶ τὸ R_2 ρυθμίζει τὴν τάση βάσεως - συλλέκτη V_{BC} . Μὲ τὸ ποτανοσίομετρο R_1 νὰ ρυθμίσετε τὸ ρεῖμα $I_E = 2 \text{ mA}$ καὶ νὰ τὸ κρατᾶτε σταθερό. Μὲ τὸ R_2 νὰ μεταβάλλετε τὴν τάση V_{BC} ἀπὸ 0 V ὥς - 5 V (ἀνὰ 1 V) καὶ νὰ πάρετε μετρήσεις τοῦ ρεύματος I_C .



Σχ. 19.2.
Κύκλωμα κοινής βάσεως.

Ἡ ἴδια ἐργασία νά γίνει γιά $I_E = 3 \text{ mA}$ (σταθερό). Νά χαράξετε τίς δύο καμπύλες $I_C = f(V_{BC}) / I_E$ σταθερό.

2) Νά ρυθμίσετε τήν $V_{BC} = -3 \text{ V}$ καί νά τήν κρατήσετε σταθερή. Μεταβάλλετε τό I_E (στρέφοντας τό R_1) ἀπό 0 ὡς 8 mA, ἀνά 2 mA καί πάρετε μετρήσεις τοῦ I_C . Χαράξετε τήν καμπύλη $I_C = f(I_E) / V_{BC}$ σταθερό.

3) Κρατήσετε τήν τάση $V_{BC} = -3 \text{ V}$ σταθερή. Συνδέστε μιλλιβολτόμετρο συνεχοῦς μεταξύ βάσεως καί ἐκπομποῦ. Στρέφοντας τό R_1 , μεταβάλλετε τήν τάση V_{BE} ἀπό 0 ὡς $-0,15 \text{ V}$, ἀνά $0,03 \text{ V}$ καί πάρετε μετρήσεις τοῦ I_E . Χαράξετε τήν καμπύλη $I_E = f(V_{BE}) / V_{BC}$ σταθερό.

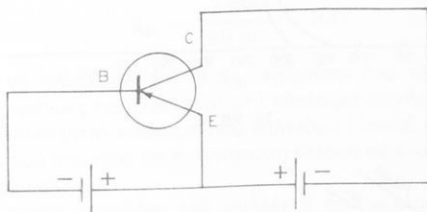
4) Νά ρυθμίσετε τό $I_E = 3 \text{ mA}$ καί νά τό κρατήσετε σταθερό. Μεταβάλλετε τήν τάση V_{BC} ἀπό 0 V ὡς -5 V , ἀνά 1 V, καί πάρετε μετρήσεις τῆς τάσεως V_{BE} . Χαράξετε τήν καμπύλη $V_{BE} = f(V_{BC}) / I_E$ σταθερό.

ΑΣΚΗΣΗ 20

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ ΣΕ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΚΟΙΝΟΥ (ΓΕΙΩΜΕΝΟΥ) ΕΚΠΟΜΠΟΥ

20.1 Γενικά.

Στήν άσκηση αυτή θά εξετασθούν τά χαρακτηριστικά πού παρουσιάζει ένα κύκλωμα τρανζίστορ σέ συνδεσμολογία κοινού έκπομπού μέ τή χάραξη καί μελέτη τών χαρακτηριστικών του καμπυλών εισόδου καί έξόδου. Τέτοιο κύκλωμα φαίνεται στο σχήμα 20.1α.



Σχ. 20.1α.

Η χαρακτηριστική καμπύλη εισόδου αυτού του κυκλώματος δείχνει τις μεταβολές του ρεύματος βάσης I_B σε σχέση με τις μεταβολές της τάσης V_{EB} πού εφαρμόζεται μεταξύ έκπομπού καί βάσης. Η μορφή της καμπύλης αυτής φαίνεται στο σχήμα 20.1β.

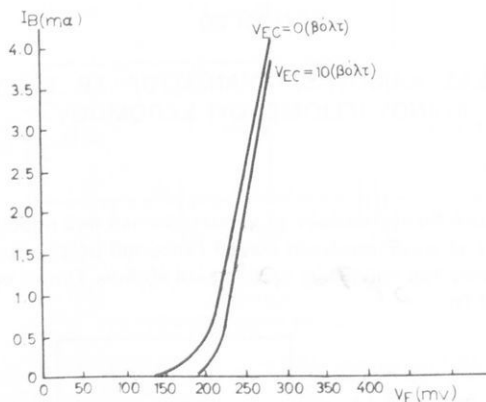
Γιά νά λειτουργήσει στήν περιοχή του ευθύγραμμου τμήματος της χαρακτηριστικής, τό διοδικό τμήμα έκπομπός - βάση του τρανζίστορ πρέπει νά πολωθεί κατά τήν όρθή φορά. (Γιά τό τρανζίστορ PNP του σχήματος 20.1α, ή βάση πρέπει νά είναι άρνητική σε σχέση με τόν έκπομπού). Γι' αυτό οι χαρακτηριστικές εισόδου του τρανζίστορ είναι όμοιες με εκείνες μις κρυσταλλοδιόδου με πόλωση όρθης φοράς.

Στό κύκλωμα κοινού έκπομπού του σχήματος 20.1α τό διοδικό τμήμα έκπομπός - βάση λειτουργεί με πολύ μικρή ένταση ρεύματος βάσης καί ή δυναμική αντίστασή του είναι λίγο μεγαλύτερη από εκείνη του κυκλώματος κοινής βάσης πού εξετάσθηκε στήν προηγούμενη άσκηση.

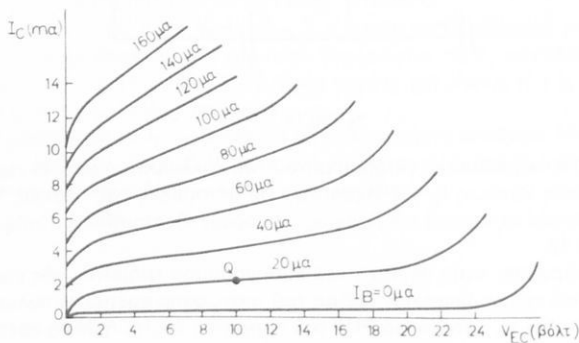
Τό διοδικό τμήμα συλλέκτης - βάση πρέπει νά πολώνεται κατά τήν άνάστροφη

φορά, όποτε οι χαρακτηριστικές που προκύπτουν έχουν τή μορφή τών χαρακτη-
στικών που φαίνονται στα σχήματα 20.1γ και 20.1δ.

Κάθε καμπύλη εκφράζει τις μεταβολές του I_C (ρεύμα συλλέκτη) σέ σχέση μέ τις μεταβολές V_{EC} (τάση μεταξύ έκπομπού - συλλέκτη) γιά κάποια σταθερή τιμή του I_B (ρεύματος βάσεως). Ή καμπύλη γιά ρεύμα $I_B = 0$ (διακοπή στή βάση), αντίπροσωπεύει τό ρεύμα διαρροής I_{CEO} μεταξύ συλλέκτη - έκπομπού. Όταν τό I_B αυξάνεται, τό I_C αυξάνεται επίσης καί γίνεται πολύ μεγαλύτερο από τό I_B .



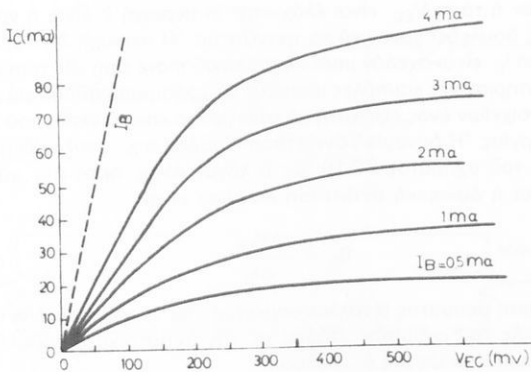
Σχ. 20.1β.



Σχ. 20.1γ.

Ή ένίσχυση (άπολαβή) συνεχούς, β_{dc} , είναι ο λόγος του ρεύματος έξόδου I_C πρόσ τό ρεύμα είσόδου I_B σέ κάποιο σημείο λειτουργίας. Έτσι:

$$\beta_{dc} = \frac{I_C}{I_B}$$



Σχ. 20.15.

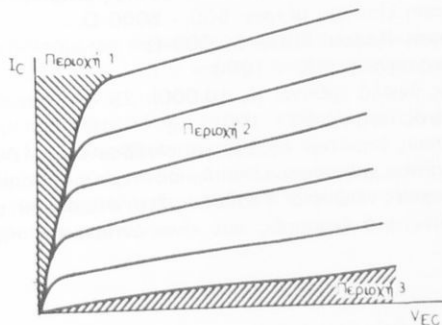
Γιά παράδειγμα, η ένισχυση ρεύματος στο σημείο Q του σχήματος 20.1γ είναι:

$$\beta_{dc} = \frac{2 \text{ mA}}{20 \mu\text{A}} = 100$$

Έδω πρέπει να σημειωθεί ότι το β_{dc} εξαρτάται από την τάση V_{EC} . Συγκρίνοντας με τις καμπύλες του συλλέκτη στο κύκλωμα κοινής βάσεως, οι χαρακτηριστικές του συλλέκτη στο κύκλωμα που μελετάμε (κοινού έκπομπού), έχουν μεγαλύτερη κλίση, που σημαίνει ότι η αντίσταση εξόδου σέ έναν ένισχυτή κοινού έκπομπού είναι χαμηλή.

Οι χαρακτηριστικές καμπύλες του συλλέκτη στο κύκλωμα κοινού έκπομπού μπορεί να χωρισθούν σε τρεις περιοχές λειτουργίας, όπως και στην περίπτωση του κυκλώματος με κοινή βάση.

Στό σχήμα 20.1ε, η περιοχή 1 είναι περιοχή κόρου, αφού το ρεύμα I_C είναι



Σχ. 20.1ε.

ΑΣΚΗΣΗ 21

ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΜΕΝΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕ ΤΗΝ ΤΑΣΗ (V.D.R. - Voltage Dependent Resistors)

21.1 Γενικά.

Μεταβαλλόμενες αντίστασεις με την τάση ή αντίστασεις V.D.R., όπως λέγονται περισσότερο (από τα αρχικά των αγγλικών λέξεων Voltage Dependent Resistors), είναι οι ειδικές εκείνες αντίστασεις των οποίων η τιμή μεταβάλλεται όταν μεταβληθεί η τάση που επικρατεί στα άκρα τους.

Φυσικά η μεταβολή της τιμής τους δεν γίνεται απεριόριστα: κυμαίνεται σε προκαθορισμένες τιμές για κάθε κατασκευή. Μεταβολή της τιμής μιας τέτοιας αντίστασης σε όρια π.χ. μεταξύ 1000 Ω και 10.000 Ω είναι συνηθισμένη.

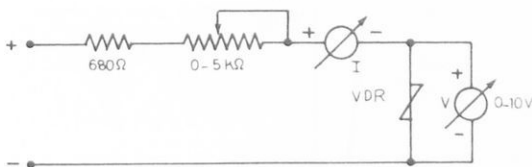
Όταν μία αντίσταση σύρματος (γραμμική) είναι συνδεδεμένη σε ένα κύκλωμα και η τάση στα άκρα της διπλασιασθεί, τότε, σύμφωνα με το νόμο του Ωμ, θα διπλασιασθεί και το ρεύμα. Στις αντίστασεις V.D.R. που **δεν είναι γραμμικές**, όταν η τάση στα άκρα τους διπλασιασθεί το ρεύμα σε αυτές αυξάνεται περισσότερο από το διπλάσιο, πράγμα που σημαίνει ότι ελαττώθηκε η τιμή τους. Η V.D.R. 68B π.χ., με τάση 250 βόλτ στα άκρα της διαρρέεται από ρεύμα 4 μιλλιαμπέρ. Όταν η τάση από 250 βόλτ αυξηθεί στα 300 βόλτ, το ρεύμα μέσα από την αντίσταση αυξάνεται στα 10 μιλλιαμπέρ. Δηλαδή, στο παράδειγμα αυτό, ενώ η τάση στα άκρα της V.D.R. 68B αυξήθηκε σε ποσοστό 20%, το ρεύμα για τη μεταβολή αυτή της τάσεως αυξήθηκε σε ποσοστό 150%.

Οι αντίστασεις V.D.R. χρησιμοποιούνται ως σταθεροποιητρίες σε κυκλώματα που απαιτείται ορισμένη σταθερή τάση, όπως κυκλώματα ηλεκτρονόμων, όργανων ακριβείας, τροφοτήσεως νημάτων λυχνιών σε δέκτες τηλεοράσεως κλπ.

21.2 Έργασία.

1) Να συνδεσμοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 21.2.

2) Η τάση της πηγής να αυξάνεται με τη ρυθμιστική αντίσταση, ώστε η τάση στα άκρα της V.D.R. να πάρει διαδοχικά τις τιμές που είναι σημειωμένες στον Πίνακα 21.2.1. Για κάθε τιμή της τάσεως στα άκρα της V.D.R. να μετρηθεί το ρεύμα στο κύκλωμα και οι τιμές να γραφούν στη σχετική στήλη του ίδιου πίνακα.



Σχ. 21.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 21.2.1.

V (V.D.R.) (βόλτ)	I (μικροαμπέρ ή मिलीαμπέρ)	R (Ωμ)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

3) Για κάθε ζευγός τιμών τάσεως - ρεύματος να υπολογισθεί η τιμή της αντίστασης V.D.R. και να συμπληρωθεί η τρίτη στήλη του πίνακα.

4) Από τις παραπάνω τιμές να χαραχθεί σε σχετικό διάγραμμα ή καμπύλη μεταβολής της αντίστασης, όταν μεταβάλλεται η τάση στα άκρα της. Οι τιμές της τάσεως να είναι στον οριζόντιο άξονα και της αντίστασης στον κατακόρυφο.

ΑΣΚΗΣΗ 22

Η ΔΙΟΔΟΣ ZENER

22.1 Γενικά.

Στήν άσκηση 13 εξετάσθηκαν τά χαρακτηριστικά τών κρυσταλλοδιόδων. 'Η δίοδος Zener είναι καί αυτή κρυσταλλοδίοδος μέ βασικές όμως διαφορές στά χαρακτηριστικά της από τίς κοινές κρυσταλλοδιόδους. Τό σύμβολό της φαίνεται στό σχήμα 22.1α.



Σχ. 22.1α.

"Όταν είναι πολωμένη κατά τήν όρθή φορά, ή δίοδος Zener είναι σάν κλειστός διακόπτης καί τό ρεύμα της αύξάνεται όταν αύξάνεται ή τάση στά άκρα της. "Όταν πολωθεί κατά τήν ανάστροφη φορά, παρουσιάζει ένα μικρό αντίθετο ρεύμα (λίγα μΑ) πού παραμένει σταθερό παρά τήν αύξηση τής πολώσεως. Τό φαινόμενο αυτό συνεχίζεται μέχρι ή πόλωση κατά τήν ανάστροφη φορά νά φθάσει κάποια τιμή, πού τή λέμε τάση Zener, όποτε γιά μία μικρή μεταβολή αυτής τής τάσεως έχομε μεγάλη μεταβολή στό ρεύμα.

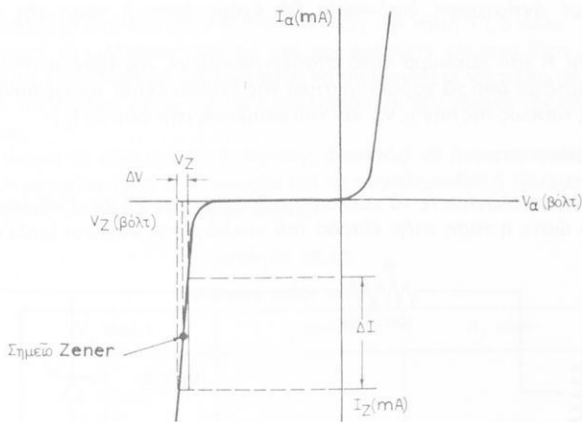
"Όσο τό ρεύμα περιορίζεται στά όρια κανονικής λειτουργίας από τά στοιχεία του κύκλωματος, ή Zener εργάζεται κανονικά. "Αν ελαττωθεί ή ανάστροφη τάση πολώσεως, τότε ή δίοδος Zener επανέρχεται στά άρχικά χαρακτηριστικά καί διαρρέεται από τό μικρό, σχεδόν σταθερό ρεύμα, πού σέ μερικά βιβλία αναφέρεται ως «ρεύμα κόρου». Τό φαινόμενο αυτό μπορεί νά επαναλαμβάνεται συνέχεια γιά νά έξυμνηρετήσεί τή λειτουργία ειδικών κυκλωμάτων. 'Η χαρακτηριστική καμπύλη τής διόδου Zener φαίνεται στό σχήμα 22.1β.

"Η δίοδος Zener χρησιμοποιείται κυρίως σέ κυκλώματα σταθεροποιήσεως τάσεως. "Ένα τέτοιο κύκλωμα φαίνεται στό σχήμα 22.1γ.

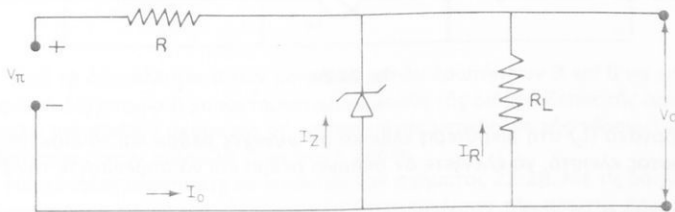
Στό κύκλωμα αυτό ή Zener συνδέεται παράλληλα μέ τό φορτίο R_L καί διατηρεί σταθερή τήν τάση V_o στήν έξοδο μέ τήν έξής διαδικασία:

α) "Όταν ή τάση τής πηγής $V_{π}$ είναι σταθερή καί μεταβάλλεται τό ρεύμα στό φορτίο έξ αιτίας μεταβολής τής αντίστασεως του φορτίου, τά ρεύματα στό κύκλωμα δίνονται από τίς σχέσεις:

$$I_Z = \frac{V_o}{R_Z}, \quad I_L = \frac{V_o}{R_L} \quad \text{καί} \quad I_o = I_Z + I_L$$



Σχ. 22.1β.



Σχ. 22.1γ.

Ἡ τάση στά ἄκρα τῆς R εἶναι ἴση μέ $V_R = I_0 \cdot R$ καί ἡ τάση τῆς πηγῆς $V_\pi = V_R + V_\sigma$.

Ἄν τώρα ἡ V_π παραμένει σταθερή, καί θέλομε νά ἔχομε σταθερή V_σ στήν ἔξοδο, πρέπει καί ἡ V_R νά παραμένει σταθερή. Αὐτό ὅμως ἐξαρτᾶται ἀπό τά ρεύματα I_Z καί I_L . Ἄρα μία δίοδος Zener μέ τάση Zener $V_Z = V_\sigma$ παράλληλα στό φορτίο R_L **θά ἀντιδρᾷ στίς μεταβολές τοῦ ὁλικοῦ ρεύματος**, ἀφοῦ γιά ὁποιαδήποτε μικρή μεταβολή τῆς τάσεως στά ἄκρα τῆς (ἄκρα καί τῆς R_L) θά ἐπιφέρει ἀπότομη μεταβολή στό I_Z , μέ ἀποτέλεσμα τό ὁλικό ρεῦμα I_0 νά παραμένει σταθερό μέ ἀντίστοιχη σταθερότητα τῆς τάσεως στήν ἔξοδο.

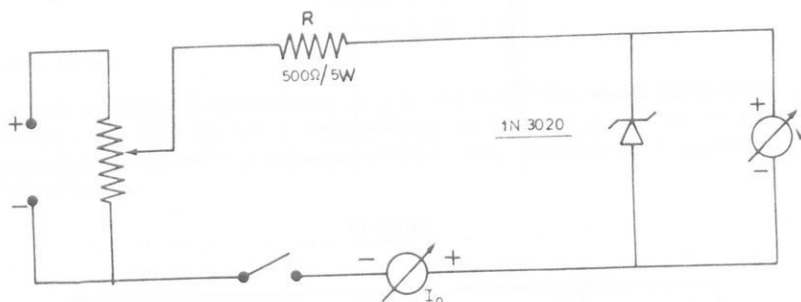
β) Στό ἴδιο κύκλωμα (σχ. 22.1γ), μπορεῖ νά ἔχομε σταθερό φορτίο R_L ἀλλά νά μεταβάλλεται ἡ τάση τῆς πηγῆς V_π . Τότε, σέ μία αὐξηση π.χ. τῆς V_π , παρουσιάζεται αὐξηση τῆς V_σ , ἀλλά τότε ἔχομε ἀμέσως αὐξηση τοῦ ρεύματος I_Z στή δίοδο Zener καί κατ' ἐπέκταση αὐξηση τοῦ ὁλικοῦ ρεύματος I_0 , μέ συνέπεια τήν αὐξηση τῆς πτώσεως τάσεως στήν R καί τή σταθεροποίηση τῆς V_σ στήν ἔξοδο. Ἀνάλογο

φαινόμενο με αντίστροφη διαδικασία θα έχουμε όταν η τάση της πηγής V_n ελαττωθεί.

Η τιμή της R στο κύκλωμα αυτό σταθεροποιήσεως της τάσεως παίζει βασικό ρόλο και εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της διόδου Zener και τις συνθήκες μεταβολών της τάσεως της πηγής V_n και του ρεύματος στο φορτίο I_L .

22.2 Έργασία.

1) Νά συνδεσμολογήσετε το κύκλωμα του σχήματος 22.2α. Ρυθμίσετε το ποτενσιόμετρο ώστε η τάση στην είσοδο του κυκλώματος να είναι (μηδέν) 0 βόλτ.



Σχ. 22.2α.

Με το όργανο (I_o) στη μικρότερη κλίμακα σε **συνεχές ρεύμα** και το διακόπτη του κυκλώματος κλειστό, νά ελέγξετε αν υπάρχει ρεύμα και νά σημειώσετε την ένδειξη.

2) Με προσοχή αυξήσετε την τάση της πηγής, ώστε στα άκρα της Zener νά έχετε 1 βόλτ. Μετρήσετε τότε το ρεύμα I_o .

3) Αυξήσετε την τάση στα άκρα της Zener με τη σειρά που είναι σημειωμένη στον Πίνακα 22.2.1 και λάβετε τις αντίστοιχες τιμές ρεύματος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 22.2.1.

Αντίστροφη πόλωση

V_n (βόλτ)	I_Z (mA)	R_Z (Ωμ)
0		
1		
4		
6		
7		
8		
8,5		
9		
9,1		
9,2		

Νά συνεχίσετε ανά ένα δέκατο του βόλτ, ως την τάση 11,5 βόλτ. Έλέγχετε σε κάθε μέτρηση το μιλλιαμπερόμετρό σας και αλλάζετε κλίμακα όταν χρειάζεται.

4) Από τις τιμές τάσεως και ρεύματος νά υπολογίσετε για κάθε περίπτωση την τιμή της R της διόδου Zener και νά συμπληρώσετε τον πίνακα της προηγούμενης έρωτήσεως.

5) Μέ νεκρό το κύκλωμα (ο διακόπτης ανοικτός) νά αντιστραφεί η δίοδος. Νά γίνουν πάλι μετρήσεις και υπολογισμοί και νά συμπληρωθεί ο Πίνακας 22.2.2. (7-δεις μετρήσεις με πόλωση όρθης φοράς).

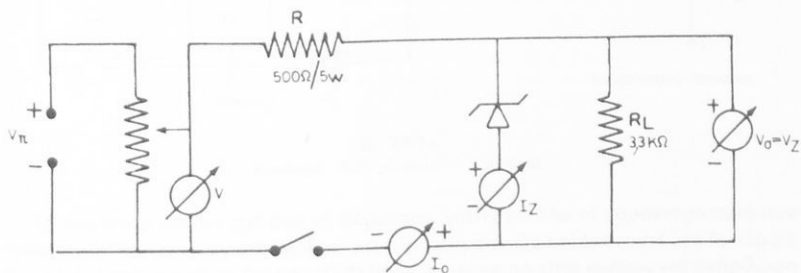
ΠΙΝΑΚΑΣ 22.2.2.

Πόλωση όρθης φοράς

V_n (βόλτ)	I_Z (mA)	R_Z (ώμ)
0		
0,1		
0,2		
0,3		
0,4		
0,5		
0,52		
0,54		
0,56		

6) Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων των έρωτήσεων 3 και 5 νά χαραχθεί σε σχετικό διάγραμμα ή χαρακτηριστική καμπύλη της διόδου Zener της άσκησης (καμπύλη μεταβολών ρεύματος σε σχέση με τις μεταβολές της τάσεως). Νά σημειωθεί πάνω στην καμπύλη η περιοχή Zener.

7) Νά συνδεσμολογήσετε το κύκλωμα του σχήματος 22.2β. Με τις οδηγίες που δόθηκαν για τις μετρήσεις στο προηγούμενο κύκλωμα της πρώτης έρωτήσεως, πραγματοποιήσετε μετρήσεις ως εξής: Όταν το ρεύμα I_Z φθάσει τα 10 μιλλιαμπέρ σημειώσετε τις τάσεις V_n , V_Z και το ρεύμα I_0 . Στη συνέχεια, παρακολουθήσετε και



Σχ. 22.2β.

σημειώσετε την περιοχή μεταβολής της τάσεως της πηγής, κατά την οποία η τάση στα άκρα του φορτίου παραμένει σταθερή. Για την περίπτωση της σταθεροποιη-

σεως λάβετε τις τιμές των I_Z και I_0 . Τά αποτελέσματα των μετρήσεων νά γραφούν στον Πίνακα 22.2.3.

ΠΙΝΑΚΑΣ 22.2.3.

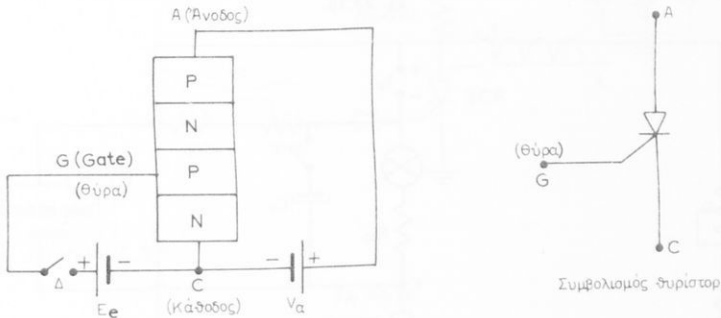
Όρια σχετικής σταθερότητας	V_Z (βόλτ)	I_Z (mA)	I_0 (mA)	V_{π} (βόλτ)
		10		
V_{π} (μεγ.)				
V_{π} (έλαχ.)				

ΑΣΚΗΣΗ 23

ΘΥΡΙΣΤΟΡ «SCR» (SILICON CONTROLLED RECTIFIER)

23.1 Γενικά.

Τό θυρίστορ (σχ. 23.1α) είναι ένας ήμιαγωγός μέ τέσσερεις ζώνες P - N - P - N καί συμπεριφέρεται ὅπως καί ἡ λυχνία θύρατρον. Ἡ θύρατρον είναι μία τρίοδος ἢ τέτροδος λυχνία πού περιέχει ἀτμούς ὑδραργύρου ἢ ἄλλου ἀερίου. Ὄταν ἡ τάση μεταξύ ἀνόδου - καθόδου, σέ μία τέτοια λυχνία, φθάσει σέ κάποια ὀρισμένη τιμή τό ἀέριο ἰονίζει. Μετά τόν ἰονισμό τό πλέγμα παύει νά δρᾷ ὅπως στίς λυχνίες κενοῦ καί ἡ λειτουργία τῆς θύρατρον εἶναι ἐντελῶς διαφορετική. Οἱ λυχνίες θύρατρον χρησιμοποιήθηκαν στό παρελθόν σέ ρυθμιζόμενες ἀνορθωτικές διατάξεις καί στήν παραγωγή πριονωτῶν κυμάνσεων γιά τούς παλμογράφους καί τήν τηλεόραση. Σήμερα ἔχουν ἀντικατασταθεῖ ἀπό τά θυρίστορ.



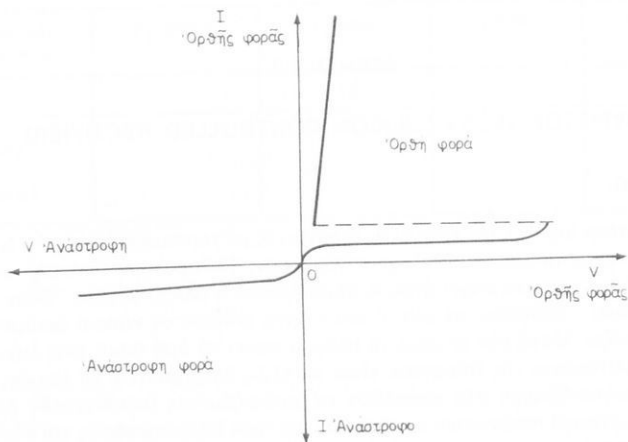
Σχ. 23.1α.

Κύκλωμα SCR μέ συνεχή δυνάμει.

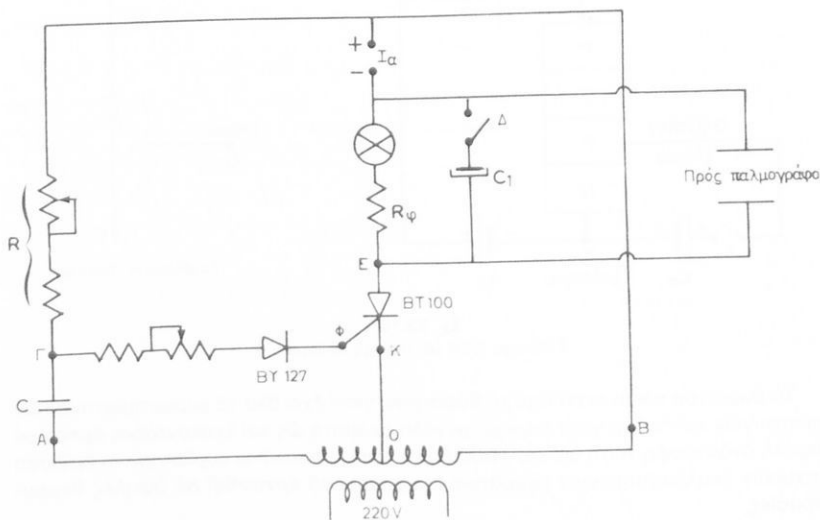
Τό θυρίστορ πλεονεκτεῖ ἀπό τή θύρατρον, γιατί ἔχει ὅλα τά χαρακτηριστικά τῶν ἡμιαγωγῶν καί ἀκόμα γιατί παρέχει μεγάλα ρεύματα ὡς καί ἑκατοντάδες ἀμπερ μέ ὑψηλή ἀνάστροφη τάση ὡς καί 1000 βόλτ. Χρησιμοποιεῖται κυρίως γιά ἀνόρθωση ἰσχυρῶν ἐναλλασσομένων ρευμάτων καί μπορεῖ νά ἐργασθεῖ σέ ὑψηλές θερμοκρασίες.

Ἀκόμη, τό θυρίστορ διαφέρει ἀπό τή θύρατρον στό ρεῦμα πλέγματος I_G (ρεῦμα ἀγωγιμότητας - μερικά μιλλιαμπερ) πού ἀπαιτεῖται γιά τήν ἐναρξη λειτουργίας του (σχ. 23.1β).

Στό κύκλωμα του σχήματος 23.1γ επιτυγχάνεται ρυθμιζόμενη ανόρθωση της έ-
ναλλασσόμενης τάσεως με θυρίστορ. Σέ αυτό προκαλείται μεταβολή της φάσεως
στην τάση ανόδου - καθόδου (V_{OB}) σέ σχέση μέ την τάση θύρας (Gate) -
καθόδου (V_{OD}) από 0° - 180° ανάλογα μέ την τάση στην αντίσταση R (σχ. 23.1δ).

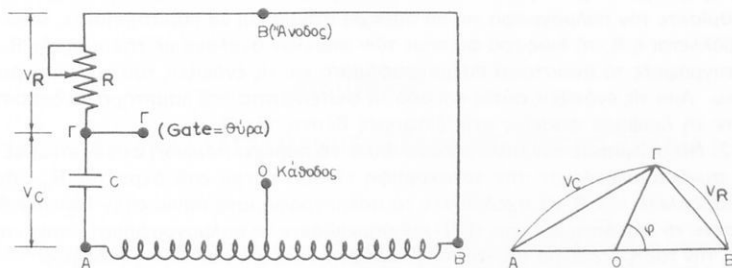


Σχ. 23.1β.

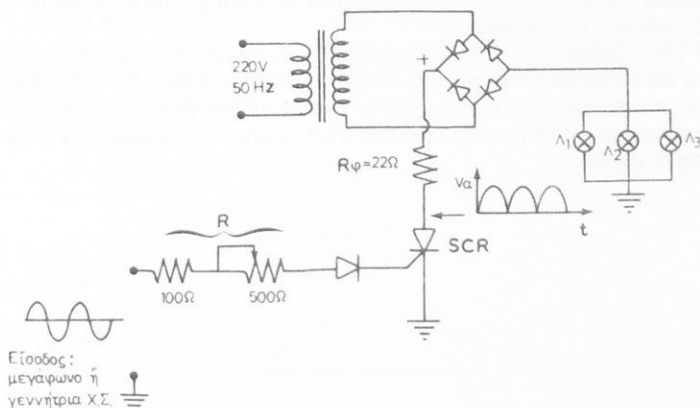
 $\Sigma\chi. 23.1\gamma.$

Ἀνόρθωση μέ θυρίστορ.

Στό κύκλωμα του σχήματος 23.1γ αν συνδεσμοποιηθεί σε σειρά με την αντίσταση R_F ένας κινητήρας συνεχούς έχουμε τη δυνατότητα να ρυθμίζουμε την ταχύτητα περιστροφής του.



Σχ. 23.1δ.



Σχ. 23.1ε.

Μία απλή εφαρμογή του θυρίστορ (SCR) σε κύκλωμα άνορθώσεως φαίνεται στο σχήμα 23.1ε. Στο κύκλωμα αυτό ρυθμίζεται η ένταση των λαμπτήρων Λ_1 , Λ_2 και η Λ_3 ανάλογα με το πλάτος της τάσεως εισόδου στη θύρα του SCR. Λόγω της γέφυρας άνορθώσεως στο θυρίστορ μεταβάλλεται η τάση άνόδου με συχνότητα 100 Hz. Αν η τάση Χ.Σ. στην είσοδο του θυρίστορ είναι θετική και έχει πλάτος ικανό να προκαλέσει ρεύμα άγωγιμότητας στο θυρίστορ και ταυτόχρονα η στιγμιαία τιμή του παλμού τάσεως άνόδου είναι μεγαλύτερη από 5 βόλτ, το θυρίστορ άγει και οι λαμπτήρες ανάβουν.

Τό θυρίστορ σταματά την άγωγιμότητα και οι λαμπτήρες σβήνουν, όταν η τιμή της τάσεως άνόδου ελαττώνεται λόγω παλμού τάσεως της γέφυρας (φωτορυθμικά κυκλώματα).

23.2 Έργασία.

1) Στο κύκλωμα του σχήματος 23.1γ νά συνδέσετε σέ σειρά μέ τήν R_Φ μιλλιαμπερόμετρο στήν κλίμακα τῶν 50 μιλλιαμπέρ, ὁ διακόπτης Δ ἐκτός (OFF). Νά ρυθμίσετε τόν παλμογράφο γιά νά παρέχει στίγμα καί νά παρατηρήσετε, ὅταν μεταβάλλεται ἡ R , τή διαφορά φάσεως τῶν σημείων ἀνάλογα μέ τήν τιμή τῆς R . Νά καταγράψετε τά ἀντίστοιχα παλμογραφήματα καί τίς ἐνδείξεις τοῦ μιλλιαμπερομέτρου. Ἀπό τίς ἐνδείξεις αὐτές καί ἀπό τή φωτεινότητα τοῦ λαμπτήρα νά διαπιστώσετε τή διαφορά φάσεως στίς διάφορες θέσεις τῆς R .

2) Νά ρυθμίσετε τόν παλμογράφο ὥστε νά παρέχει σάρωση στή θέση LINE καί νά συνδεσμολογήσετε τήν κατακόρυφη εἴσοδο αὐτοῦ στά ἄκρα τῆς R_Φ . Ἀφοῦ μεταβάλλετε τήν R νά σχεδιάσετε τά παλμογραφήματα πάνω στήν R_Φ . Τοποθετήσετε τόν διακόπτη Δ ἐντός (ON) καί σημειώσετε τά παλμογραφήματα πάνω στήν R_Φ , τήν τάση στά ἄκρα τῆς καί τό I_a καί ἐξηγήσετε ὅλες αὐτές τίς ἐνδείξεις.

3) Στή διάταξη μέ τόν κινητήρα συνδεσμολογήσετε σέ σειρά μιλλιαμπερόμετρο συνεχοῦς καί τροφοδοτήσετε τή διάταξη (διακόπτης Δ ἐκτός). Μεταβάλλοντες τήν R σημειώσετε τό ἐλάχιστο ρεῦμα λειτουργίας του. Σημειώσετε τήν ἐπίδραση τῆς μεταβολῆς τῆς R στό ρεῦμα καί τήν ταχύτητα τοῦ κινητήρα καί σχολιάσετε τήν ὅλη λειτουργία τοῦ κυκλώματος.

4) Στήν εἴσοδο τοῦ ρυθμιστικοῦ (σχ. 23.1ε) ὁδηγήσετε χαμηλή συχνότητα 20 Hz καί τροφοδοτήσετε τό κύκλωμα. Ἀφοῦ αὐξήσετε τό πλάτος τῆς τάσεως εἰσόδου, παρατηρήσετε τούς λαμπτήρες. Λάβετε παλμογραφήματα στά ἄκρα τῶν λαμπτήρων καί τοῦ θυρίστορ. Σχεδιάσετε καί ἐξηγήσετε τή μορφή τῶν παλμογραφμάτων αὐτῶν.

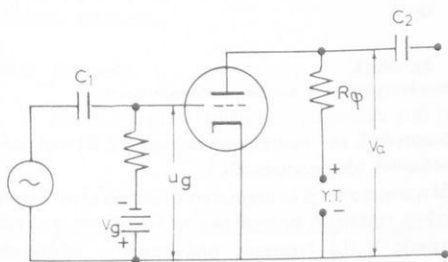
ΑΣΚΗΣΗ 24

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΗΣ ΤΑΣΕΩΣ ΜΕ ΤΡΙΟΔΟ ΛΥΧΝΙΑ

24.1 Γενικά.

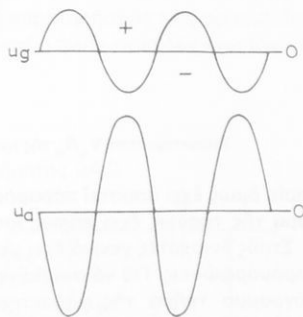
Στούς ένισχυτές έναλλασσόμενης τάσεως μέ τρίοδο λυχνία, ένα σήμα μεταβαλλόμενης τάσεως εισάγεται στό πλέγμα τής ένισχύτριας λυχνίας. Τό σήμα αυτό ένισχύεται καί έμφανίζεται μέ μεγαλύτερο πλάτος στην άνοδο τής λυχνίας.

Στό σχήμα 24.1α παριστάνεται τό κύκλωμα μιάς τριόδου πού έχει συνδεσμολογηθεΐ σάν ένισχύτρια. Μία έναλλασσόμενη τάση U_g όδηγείται από τόν πυκνωτή C_1 στό πλέγμα τής λυχνίας. Τό πλέγμα εΐναι πολωμένο, δηλαδή έχει ένα συνεχές δυναμικό, από τήν πηγή V_g μέ τέτοια πολικότητα, ώστε νά εΐναι άρνητικό σέ σχέση μέ τήν κάθοδο. Μία αντίσταση φόρτου έχει συνδεθεΐ μεταξύ άνόδου καί τοΰ σύν τής ύψηλής τάσεως (Υ.Τ).



Σχ. 24.1α.

Τρίοδος ένισχύτρια έναλλασσόμενης τάσεως.



Σχ. 24.1β.

Κυματομορφές τάσεων πλέγματος καί άνόδου τής ένισχύτριας λυχνίας.

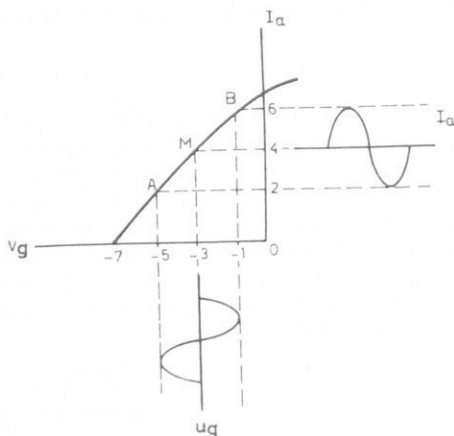
Οι μεταβολές τής τάσεως άνόδου U_a (ώς πρός τήν κάθοδο) εΐναι άποτέλεσμα των μεταβολών τής τάσεως πλέγματος U_g . Στό σχήμα 24.1β φαίνεται τό ήμιτονικό σήμα εισόδου U_g πού δρᾷ στό πλέγμα καί ή κυματομορφή τοΰ σήματος U_a πού έμφανίζεται στην άνοδο. Ή τάση αΐτή U_a εΐναι ένισχυμένη καί, χωρίς καμιά παραμόρφωση, άναπαραγωγή τοΰ σήματος εισόδου U_g . Δηλαδή ή λυχνία ένίσχυσε τό σήμα εισόδου (μεγάλωσε τό πλάτος του) χωρίς νά τό παραμορφώσει.

Ή αντίθετα στό σχήμα 24.1γ φαίνεται ή κυματομορφή μιάς άνοδικής τάσεως, ή



Σχ. 24.1γ.

Κυματομορφή παραμορφωμένου σήματος ανόδου.



Σχ. 24.1δ.

Χαρακτηριστική V_g/I_a της τριόδου ένισχύτριας με ανοδική αντίσταση φόρτου.

όποια όμως έχει υποστεί παραμόρφωση από την ένισχύτρια λυχνία. Τό θετικό ήμικυμα της τάσεως έχει κάπως ίσοπεδωθεί (άποκορυφωθεί).

Στους ένισχυτές γενικά έχει μεγάλη σημασία τό ένισχυμένο σήμα νά είναι δίχως παραμορφώσεις. Για νά συμβαίνει αυτό, πρέπει ή ένισχύτρια νά εργάζεται στό εύθυγγραμμο τμήμα τής χαρακτηριστικής V_g/I_a (τάσεως πλέγματος - ρεύματος ανόδου). Στό σχήμα 24.1δ τό εύθυγγραμμο τμήμα τής χαρακτηριστικής V_g/I_a είναι τό AB. Τό σημείο M είναι τό μέσον του. Άς υποθέσουμε ότι ή τάση V_g παίρνει τίς τιμές $V_g = -5, -3, -1$ βόλτ καί ότι οι αντίστοιχες τιμές του ανοδικού ρεύματος είναι $I_a = 2, 4, 6$ μιλλιαμπέρ. (Οι τιμές αυτές αντιστοιχούν στά σημεία A, M καί B).

Γιά νά έχομε ένισχυση χωρίς παραμορφώσεις, ή λυχνία έχει πολωθεί στά -3 βόλτ, δηλαδή στό μέσον του εύθυγγραμμου τμήματος. Τό σημείο αυτό πολώσεως ονομάζεται **σημείο λειτουργίας** τής λυχνίας. Τό μέγιστο πλάτος U_g πού μπορεί νά εισαχθεί στό πλέγμα τής λυχνίας, καί τό όποιο μπορεί νά ένισχυθεί δίχως νά παραμορφωθεί, είναι ένα σήμα 4 βόλτ από κορυφή σέ κορυφή (P.P. - Peak to Peak). Έτσι, αν τό σημείο λειτουργίας είναι στά -3 βόλτ, τό δυναμικό του πλέγματος τής λυχνίας θά μεταβάλλεται μεταξύ των όριων -5 καί -1 βόλτ. Τότε τό ρεύμα ανόδου I_a θά μεταβάλλεται άκολουθώντας πιστά τίς μεταβολές του σήματος πού

έφαρμόζεται στο πλέγμα. Το ίδιο θα μεταβάλλεται και η άνοδική τάση που προκύπτει από τις μεταβολές του άνοδικού ρεύματος.

Αν το σήμα εισόδου U_g έχει πλάτος μεγαλύτερο από 4 βόλτ (από κορυφή σε κορυφή), π.χ. αν είναι 10 βόλτ P - P, τότε θα έχουμε παραμόρφωση τόσο στη θετική όσο και στην αρνητική έναλλαγή του σήματος εισόδου. Κατά την αρνητική έναλλαγή η λυχνία θα οδηγηθεί σε άποκοπή (στο σχήμα 24.1δ φαίνεται ότι η τάση άποκοπής της λυχνίας είναι - 7 βόλτ). Κατά δε τη θετική έναλλαγή το ρεύμα άνοδου θα υποστεί παραμόρφωση προς τα δεξιά του σημείου B.

Επομένως είναι φανερό ότι οι συνθήκες λειτουργίας μιας ενισχύτριας λυχνίας πρέπει να έχουν ρυθμισθεί κατάλληλα, ώστε να ενισχύονται χωρίς παραμορφώσεις τα σήματα εισόδου.

Η άπολαβή A (Amplification) μιας βαθμίδας ενισχύσεως έναλλασσόμενης τάσεως μπορεί να υπολογισθεί πειραματικά, αν συγκρίνουμε την έναλλασσόμενη τάση εξόδου U_a με την έναλλασσόμενη τάση U_g .

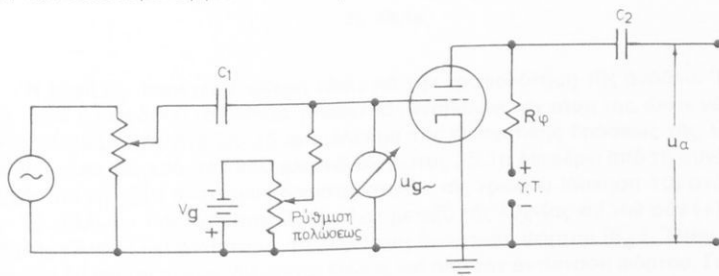
Η άπολαβή δίνεται από τη σχέση:
$$A = \frac{U_a}{U_g}$$

Συνεπώς η άπολαβή βρίσκεται, όταν μετρήσουμε τις έναλλασσόμενες τάσεις εισόδου και εξόδου και αντικαταστήσουμε τις τιμές που θα προκύψουν από τις μετρήσεις στην παραπάνω σχέση.

Στην εργασία που ακολουθεί θα παρατηρήσουμε πρώτα στον παλμογράφο τα αποτελέσματα της ενισχύσεως ενός σήματος από μία τρίοδο λυχνία και θα μετρήσουμε την άπολαβή της βαθμίδας. Στη συνέχεια θα παρατηρήσουμε πώς προκαλείται παραμόρφωση του σήματος κατά την ενίσχυση, γιατί η ενισχύτρια δεν έχει την κατάλληλη πόλωση.

24.2 Έργασία.

- 1) Να συνδεσμολογηθεί το κύκλωμα του σχήματος 24.2.



Σχ. 24.2.

- 2) Τροφοδοτήσετε το νήμα της λυχνίας (6,3 βόλτ), το πλέγμα της (- 4 βόλτ) και την άνοδό της (+ 200 βόλτ).

- 3) Ρυθμίστε την τάση του έναλλασσόμενου (ήμιτονικού) σήματος εισόδου U_g

ώστε νά είναι 3 βόλτ από κορυφή σέ κορυφή μεταξύ πλέγματος - καθόδου (περίπου 1,1 βόλτ ενεργά). Όδηγήσετε αυτό τό σήμα είσόδου σέ παλμογράφο καί ά-φοϋ τό παρατηρήσετε σχεδιάσετε τή μορφή του.

4) Μετρήσετε τήν έναλλασσόμενη τάση U_a . Όδηγήσετε την στόν παλμογράφο καί σχεδιάσετε τήν κυματομορφή της (άπό κορυφή σέ κορυφή).

5) Νά κρατήσετε συνέχεια τήν τάση είσόδου στά 3 βόλτ $P - P$ καί νά μεταβάλλετε τήν πόλωση τής λυχνίας σέ τιμές γύρω άπό τά — 4 βόλτ. Για κάθε τιμή πολώ-σεως παρατηρεΐτε στόν παλμογράφο καί μετράτε τήν τάση έξόδου U_a σημειώνοντας τήν τιμή της άπό κορυφή σέ κορυφή. Σημειώσετε άν ή τάση έξόδου είναι ή δέν είναι παραμορφωμένη.

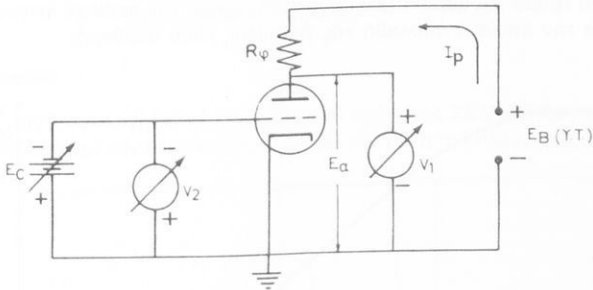
6) Νά ύπολογίσετε τήν άπολαβή τής βαθμίδας.

ΑΣΚΗΣΗ 25

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΤΑΣΕΩΣ ΜΕ ΤΡΙΟΔΟ ΛΥΧΝΙΑ (Ένισχυτρία άμέσου συζεύξεως)

25.1 Γενικά.

Ένισχυτής συνεχούς τάσεως (ή ένισχυτής άμέσου συζεύξεως) ονομάζεται ή ένισχυτική βαθμίδα, ή όποία μετατρέπει μικρές μεταβολές συνεχούς τάσεως σέ μεταβολές συνεχούς τάσεως μέ μεγαλύτερο πλάτος. Τό κύκλωμα του σχήματος 25.1α δείχνει ένα τέτοιο ένισχυτή.



Σχ. 25.1α.

Η πηγή E_B παρέχει σταθερή τάση γιά τήν τροφοδότηση τής ανόδου. Η πηγή E_C , πού τροφοδοτεί τό πλέγμα, μπορεί νά μεταβάλλει τήν τάση της, ώστε νά φανεί στό κύκλωμα τής ανόδου τό αποτέλεσμα τής ένισχυτικής δράσεως τής λυχνίας. Όπως είναι φανερό, τό κύκλωμα του σχήματος 25.1α διαφέρει από τή συνδεσμο-λογία γιά τή λήψη στατικών χαρακτηριστικών τής τριόδου (άσκηση 10) στό έξής:

Τό κύκλωμα του σχήματος 25.1α έχει μεταξύ τής λυχνίας καί του σύν (+) τής ύψηλης τάσεως μία αντίσταση, τή λεγόμενη αντίσταση φόρτου (R_ϕ). Όταν από τή λυχνία διέρχεται ρεύμα, διέρχεται επίσης καί από τήν αντίσταση φόρτου. Γιά κάθε τιμή τής τάσεως πλέγματος, αντιστοιχεί μία τιμή τής έντάσεως του ρεύματος ανόδου τής λυχνίας, τό όποιο δημιουργεί μεταξύ ανόδου - καθόδου μία πώση τάσεως, έστω τήν E_a .

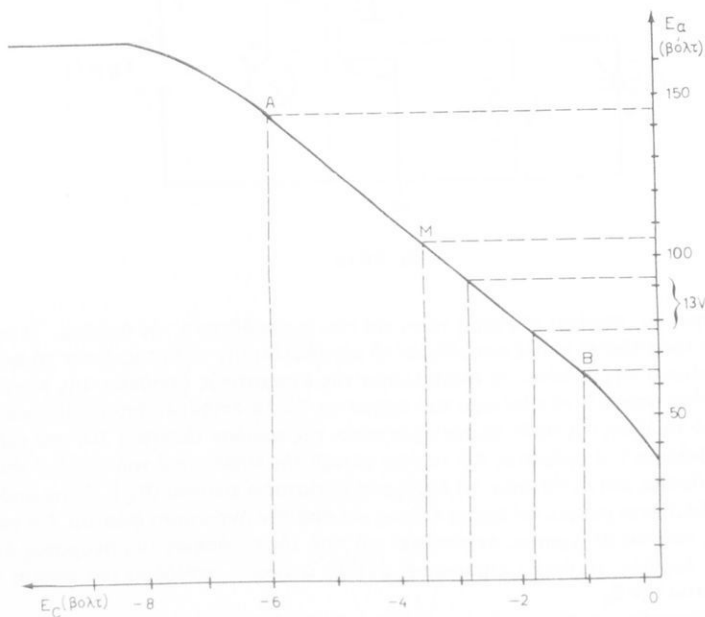
Αν εφαρμόσουμε τόν κανόνα του Κίρκωφ, θά έχομε:

$$E_B = E_a + R_\phi \cdot I_a \quad \text{Άρα:} \quad E_a = E_B - R_\phi \cdot I_a$$

Δηλαδή, η μεταξύ ανόδου - καθόδου τάση είναι ίση με την τάση της πηγής μεϊον την πτώση τάσεως στην αντίσταση φόρτου.

“Αν η τάση πλέγματος E_C γίνει περισσότερο αρνητική, τό ρεύμα διά μέσου της λυχνίας θά έλαττωθεϊ καί η πτώση τάσεως στην αντίσταση φόρτου ($R_{\Phi} \cdot I_a$) θά έλαττωθεϊ επίσης. “Αρα η τάση E_a θά αύξηθεϊ (ή τάση της πηγής E_B θεωρεϊται σταθερή). “Επίσης, αν η τάση E_C γίνει λιγότερο αρνητική, τό I_a θά αύξηθεϊ καί η E_a θά έλαττωθεϊ. Τό πόσο θά μεταβληθεϊ η E_a , γιά μιά όρισμένη μεταβολή της τάσεως πλέγματος E_C , εξαρτάται από τίς χαρακτηριστικές της λυχνίας, από τό μέγεθος της R_{Φ} καί από την τάση της πηγής E_B . Πάντως ένας ένισχυτής μέ συνεχή τάση πρέπει νά έχει **σταθερή άπολαβή σέ όλη την περιοχή της λειτουργίας του**. Δηλαδή, μία μεταβολή της τάσεως πλέγματος κατά 1 βόλτ θά πρέπει νά προκαλεϊ την ίδια μεταβολή της άνοδικής τάσεως, είτε η μεταβολή τάσεως πλέγματος γίνεται μεταξύ -3 ως -4 βόλτ, είτε γίνεται μεταξύ -1 ως -2 βόλτ.

Αυτή η περιοχή της λυχνίας πού λειτουργεϊ γραμμικά, μπορεί νά καθορισθεϊ πειραματικά γιά μιά όρισμένη ένισχυτική βαθμίδα, αν χαράξομε τή χαρακτηριστική καμπύλη πού δείχνει τίς μεταβολές της άνοδικής τάσεως E_a όταν έχομε μεταβολές του πλέγματος E_C μέ την αντίσταση φόρτου R_{Φ} συνδεμένη στό κύκλωμα. Τό ευθύγραμμο τμήμα της χαρακτηριστικής αυτής όρίζει την περιοχή λειτουργίας της λυχνίας, γιά την όποία η άπολαβή της βαθμίδας είναι σταθερή.



Σχ. 25.1β.

Στό σχήμα 25.1β φαίνεται η καμπύλη E_a/E_c μιάς ένισχυτικής βαθμίδας με συνεχή τάση και με αντίσταση φόρτου R_ϕ . Όπως φαίνεται, το τμήμα AB είναι αρκετά ευθύγραμμο και η λυχνία λειτουργεί σε αυτή την περιοχή. Η απόλαβή της βαθμίδας είναι σταθερή. Στήν περιοχή του τμήματος AB π.χ., παρατηρούμε ότι μεταβολή της τάσεως πλέγματος κατά 1 βόλτ προκαλεί μεταβολή της τάσεως ανόδου κατά 13 βόλτ. Παρατηρούμε ακόμη ότι οι τάσεις πλέγματος στα σημεία A, M και B είναι αντίστοιχα $-6,1$, $-3,7$ και $-1,2$ βόλτ, οι δέ αντίστοιχες τάσεις ανόδου είναι $+145$, $+105$ και $+65$ βόλτ. Η απόλαβή ενός ένισχυτή με συνεχή τάση (όταν λειτουργεί στο ευθύγραμμο τμήμα της χαρακτηριστικής του δίνεται από τη σχέση:

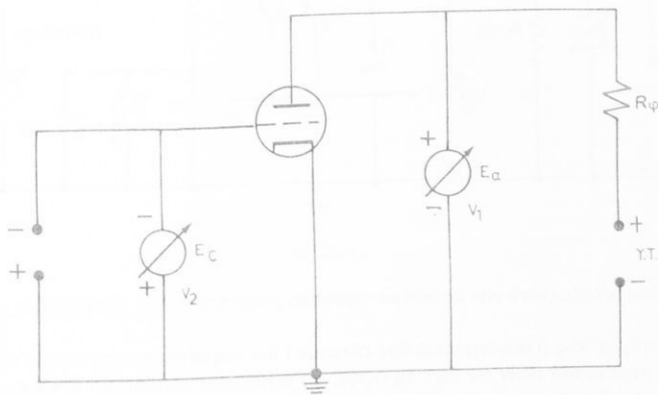
$$\text{Απολαβή } A = \frac{\Delta E_a}{\Delta E_c}$$

όπου ΔE_a είναι η μεταβολή της ανοδικής τάσεως που αντιστοιχεί στη μεταβολή της τάσεως πλέγματος ΔE_c . Η απόλαβή της βαθμίδας στο παράδειγμά μας, σύμφωνα με την καμπύλη του σχήματος 25.1β είναι:

$$\text{Απολαβή } A = \frac{13}{1} = 13$$

25.2 Έργασία.

1) Νά συνδεσμοποιηθεί το κύκλωμα του σχήματος 25.2. Τά όργανα V_1 και V_2 μετράνε αντίστοιχα την ανοδική τάση E_a και την τάση του πλέγματος E_c .



Σχ. 25.2.

2) Νά εφαρμοσθεί τάση θερμάνσεως (6,3 βόλτ) και υψηλή τάση στην άνοδο. Η τάση της πηγής νά παραμένει σταθερή στα 200 βόλτ σε όλη τη διάρκεια των μετρήσεων.

3) Νά δοθούν στο πλέγμα οι τιμές τάσεως E_c του Πίνακα 25.2.1 και νά μετρηθούν οι τιμές τάσεως ανόδου που έχουμε κάθε φορά.

ΠΙΝΑΚΑΣ 25.2.1.

E_C	0	-1	-2	-3	-4	-5	κ.ο.κ.	ώς	-20 βόλτ
E_a									

4) Νά χαραχθεί ή καμπύλη E_a / E_C , όπως στό σχήμα 25.1β.

5) Νά προσδιορισθοῦν τά σημεία Α καί Β πού ὀρίζουν τό εὐθύγραμμο τμήμα τῆς καμπύλης, καθώς καί τό σημείο Μ (μέσον). Σημειώσετε στόν Πίνακα 25.2.2 τίς ἀντίστοιχες τιμές τῶν τάσεων E_a / E_C .

ΠΙΝΑΚΑΣ 25.2.2.

	Σημεῖο Α	Σημεῖο Β	Σημεῖο Μ
E_C			
E_a			

6) Νά ὑπολογισθεῖ ή ἀπολαβή τῆς ἐνισχυτικῆς βαθμίδας.

ΑΣΚΗΣΗ 26

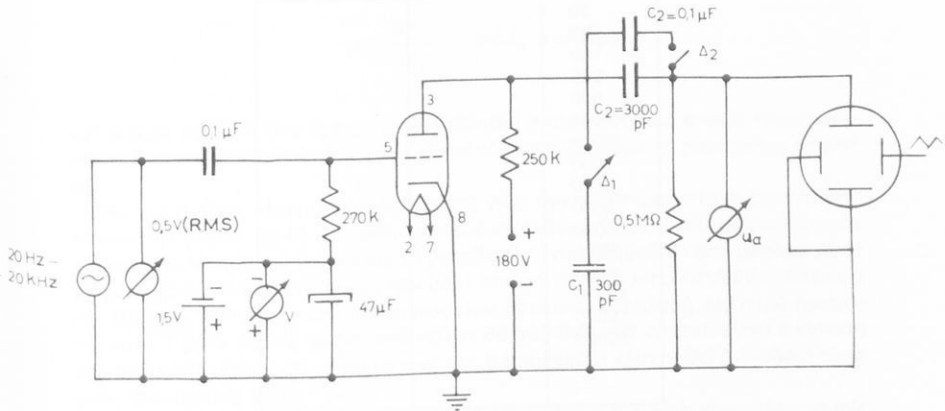
ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΠΟΚΡΙΣΕΩΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗ ΧΑΜΗΛΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ (Επίδραση χωρητικότητας της βαθμίδας)

26.1 Γενικά.

Στήν άσκηση αυτή μελετάται η επίδραση των χωρητικότητας μιάς βαθμίδας ενισχύσεως τάσεως χαμηλών συχνοτήτων (Χ.Σ.) στην ενισχυτική ικανότητα της βαθμίδας.

Συγκεκριμένα εξετάζεται η επίδραση των έξης χωρητικότητας:

α) Της χωρητικότητας του πυκνωτή συζεύξεως C_2 (σχ. 26.1).



Σχ. 26.1.

β) Της παρασιτικής χωρητικότητας άνοδου - καθόδου της ενισχυτικής βαθμίδας (λυχνίας).

Για την καλύτερη παρατήρηση καί έρμηνεία του φαινομένου η μέν χωρητικότητα του πυκνωτή συζεύξεως μειώνεται σε 3000 pF (γιά να γίνει κατανοητή η επίδρασή της στην άποκοπή των χαμηλών συχνοτήτων της περιοχής των άκουστικών), η δέ παρασιτική χωρητικότητα έπαυξάνεται μέ την προσθήκη του πυκνωτή C_1 μέ χωρητικότητα 300 pF (γιά να γίνει κατανοητή η επίδρασή της στην άποκοπή των ύψηλών συχνοτήτων της περιοχής των άκουστικών).

26.2 Έργασία.

1) Νά πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα του σχήματος 26.1. Νά τροφοδοτηθεί ή

βαθμίδα με τάση θερμάνσεως 6,3 βόλτ, υψηλή τάση 180 βόλτ και τάση πολώσεως $-1,5$ βόλτ. Όλες οι τάσεις αυτές να κρατηθούν σταθερές σέ όλη τή διάρκεια τών μετρήσεων.

2) Μέ τόν διακόπτη Δ_1 άνοικτό καί τόν Δ_2 κλειστό (κανονικές τιμές χωρητικοτήτων) νά δοθεῖ σήμα από γεννήτρια Χ.Σ. καί νά διεγερθεῖ ἡ βαθμίδα μέ τίς συχνότητες πού εἶναι στόν Πίνακα 26.2.1. Ἡ τάση διεγέρσεως νά κρατηθεῖ σταθερή στίς ἀλλαγές τών συχνοτήτων περίπου στήν τιμή τοῦ 0,5 βόλτ καί νά μετρηθοῦν γιά κάθε συχνότητα οἱ τιμές τῆς τάσεως ἐξόδου. Νά συμπληρωθεῖ ἡ στήλη U_a τοῦ πίνακα. Ἀπό τίς τιμές τῆς U_a καί τή σταθερή τάση διεγέρσεως νά ὑπολογισθεῖ, γιά κάθε συχνότητα, ἡ ἀπολαβή A καί νά συμπληρωθεῖ ἡ τρίτη στήλη τοῦ πίνακα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 26.2.1.

Σταθερή τάση διεγέρσεως = 0,5 βόλτ

F (Hz)	U_a (βόλτ)	$A = U_a / U_g$
20		
50		
100		
200		
500		
800		
1000		
1500		
2000		
3000		
4000		
5000		
8000		
10000		
15000		
20000		
.....		
.....		

3) Μέ τούς διακόπτες Δ_1 καί Δ_2 άνοικτούς, νά ἐπαναληφθεῖ ὅλη ἡ προηγούμενη ἐργασία.

4) Μέ τούς διακόπτες Δ_1 καί Δ_2 κλειστούς, νά ἐπαναληφθεῖ γιά τρίτη φορά ἡ ἴδια ἐργασία.

5) Νά χαραχθοῦν σέ σχετικό διάγραμμα, μέ λογαριθμική κλίμακα συχνοτήτων, οἱ τρεῖς καμπύλες τῆς ἐνισχύσεως πού κάνει ἡ βαθμίδα στίς διάφορες συχνότητες.

6) Ἀπό τή μορφή πού παρουσιάζουν οἱ καμπύλες, νά γίνουν παρατηρήσεις γιά τήν ἐπίδραση τών χωρητικοτήτων στήν ἀπολαβή κατά τίς διάφορες συχνότητες.

ΑΣΚΗΣΗ 27

ΕΥΘΕΙΑ ΦΟΡΤΟΥ

(Χάραξη καί πειραματική επαλήθευση τῶν δεδομένων της)

27.1 Γενικά.

Ὁ συντελεστής ἐνισχύσεως (τό μ) μιᾶς λυχνίας ὁρίζει τὴν ἱκανότητα τῆς λυχνίας νὰ ἐνισχύει μιά μεταβολή τάσεως πού δρᾷ στό πλέγμα της. Ὁ συντελεστής αὐτός ἔχει μιά σταθερή τιμή, πού ὑπολογίζεται ἀπό τίς στατικές χαρακτηριστικές τῆς λυχνίας:

$$\mu = \frac{\Delta V_a}{\Delta V_g}, \quad \text{γιά } I_a \text{ σταθερό}$$

καί δείχνει τά βόλτ, πού πρέπει νὰ μεταβληθεῖ ἡ τάση ἀνόδου, ὅταν ἡ τάση πλέγματος ἔχει μεταβληθεῖ κατὰ 1 βόλτ, ὥστε τὸ ἀνοδικό ρεῦμα νὰ παραμείνει σταθερό.

Ἄν π.χ. ἡ τάση πλέγματος μιᾶς λυχνίας γίνει ἀρνητικότερη κατὰ 1 βόλτ (ὅποτε τὸ ἀνοδικό ρεῦμα θά ἐλαττωθεῖ), γιά νὰ ἐπανέλθει ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος στήν προηγούμενη τιμή της, θά πρέπει νὰ μεταβληθεῖ (νὰ αὐξηθεῖ) ἡ τάση ἀνόδου μέ ὁρισμένα βόλτ. Ὁ ἀριθμός αὐτός τῶν βόλτ ἰσοῦται μέ τὸ συντελεστή ἐνισχύσεως μ τῆς λυχνίας. Ἄν πάλι ἡ τάση πλέγματος γίνει θετικότερη (δηλαδή, λιγότερο ἀρνητική) κατὰ 1 βόλτ (ὅποτε τὸ ἀνοδικό ρεῦμα θά αὐξηθεῖ), γιά νὰ ἐπανέλθει ἡ ἔνταση τοῦ ρεύματος στήν προηγούμενη τιμή της, θά πρέπει νὰ ἐλαττωθεῖ ἡ ἀνοδική τάση στὸν ἴδιο ἀριθμὸ βόλτ.

Στὸν ὑπολογισμό αὐτὸ τοῦ συντελεστῆ ἐνισχύσεως ἡ λυχνία εἶναι μόνη, χωρὶς ἀντίσταση φόρτου. Ὅταν ὅμως συνδεθεῖ μιά τέτοια ἀντίσταση στήν ἀνοδὸ της, θά πρέπει νὰ χαράξομε τὴν εὐθεία φόρτου γιά νὰ διαπισώσουμε **τὴν ἐνισχυτικὴ ἱκανότητα τῆς ὅλης βαθμίδας, τὴν ἀπολαβή.**

Ἄν π.χ. μιά λυχνία ἔχει $\mu = 40$, ὅταν συνδεθεῖ μέ ἀντίσταση φόρτου, θά δώσει μιά ἀπολαβὴ τῆς ὅλης βαθμίδας μικρότερη ἀπὸ 40, περίπου 28 ὡς 30, μέ ὁμαλές συνθηκὲς λειτουργίας. Ἡ εὐθεία φόρτου μιᾶς βαθμίδας χαράσσεται πάνω στό σμῆνος τῶν χαρακτηριστικῶν ρεύματος ἀνόδου - τάσεως ἀνόδου τῆς λυχνίας. Γιά τὴ χάραξή της θεωροῦμε τίς ἐξῆς δύο ἀκραῖες περιπτώσεις λειτουργίας τῆς βαθμίδας:

α) Ἄν σέ μιά ὁρισμένη ἀντίσταση φόρτου R καί μέ ὁρισμένη τάση πηγῆς E ἡ λυχνία βρισκόταν σέ ἀποκοπή, τί ρεῦμα θά κυκλοφοροῦσε στό κύκλωμα; Ποιὰ ἡ διαφορά δυναμικοῦ στά ἄκρα τῆς λυχνίας καί ποιὰ στά ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως φόρτου;

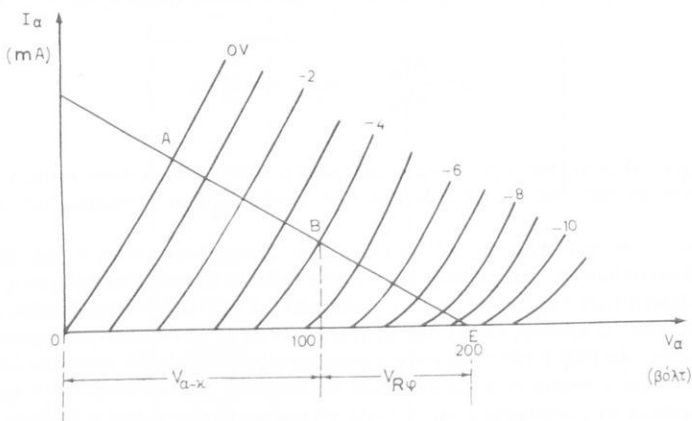
Αφού η λυχνία βρίσκεται σέ αποκοπή, ή ένταση τοῦ ρεύματος εἶναι μηδέν, ή τάση ἀνόδου - καθόδου ἰσοῦται μέ τήν τάση τῆς πηγῆς E καί ή τάση στά ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως φόρτου εἶναι μηδέν.

β) Ποιά θά μπορούσε νά εἶναι ή μέγιστη ένταση τοῦ ρεύματος ἀνόδου;

Αφού ή ἀντίσταση φόρτου εἶναι σταθερή, ένῳ ή ἀντίσταση τῆς λυχνίας εἶναι μεταβλητή, ή ἐλάχιστη δυνατή ἀντίσταση τῆς λυχνίας εἶναι μηδέν καί συνεπῶς ή μέγιστη ένταση τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος βρίσκεται ἀν διαιρεθεῖ ή τάση τῆς πηγῆς E μέ τήν ἀντίσταση φόρτου R_{ϕ} :

$$I_{\mu\epsilon\gamma} = \frac{E}{R_{\phi}}$$

Η πτώση τάσεως μεταξύ ἀνόδου - καθόδου τῆς λυχνίας εἶναι σέ αὐτή τήν περίπτωση μηδέν. Τά ἐνδιάμεσα σημεῖα μεταξύ τῶν δύο αὐτῶν ἀκραίων περιπτώσεων ἀποτελοῦν τήν εὐθεία φόρτου.



Σχ. 27.1.

$V_{a-\kappa}$ = τάση ἀνόδου - καθόδου. $V_{R\phi}$ = τάση στά ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως φόρτου.

Στό σχῆμα 27.1 φαίνεται ἕνα σμήνος χαρακτηριστικῶν τριόδου λυχνίας, πάνω στίς ὁποῖες ἔχει χαραχθεῖ μία εὐθεία φόρτου. Γιά τή χάραξη τῆς ἀκολουθοῦμε τήν ἐξῆς πορεία:

1) Γιά κάθε τύπο λυχνίας ὁ κατασκευαστής παρέχει τό σμήνος τῶν χαρακτηριστικῶν τάσεως ἀνόδου - ρεύματος ἀνόδου. Πάνω στόν ἄξονα τάσεως τοῦ σμήνου αὐτοῦ ὀρίζομε ἕνα σημεῖο πού ἀντιστοιχεῖ στήν τάση E τῆς πηγῆς τροφοδοτήσεως. Τό σημεῖο αὐτό ἀναποκρίνεται στήν ἀκραία περίπτωση τῆς ἀποκοπῆς τῆς λυχνίας.

2) Στόν ἄξονα τοῦ ρεύματος ὀρίζομε ἕνα ἄλλο σημεῖο, πού ἀντιστοιχεῖ στή μέγιστη ένταση τοῦ ρεύματος:

$$I_{\mu\epsilon\gamma} = \frac{E}{R_{\Phi}}$$

3) Συνδέομε μέ ευθεία γραμμή τὰ δύο σημεία. Αὕτῃ εἶναι ἡ εὐθεία φόρτου. Ἀπό τήν εὐθεία αὕτῃ μποροῦν νά ἐξαχθοῦν τὰ ἀκόλουθα χρήσιμα συμπεράσματα (σχ. 27.1):

Τό μέσον τῆς εὐθείας εἶναι (περίπου) τό σημεῖο Β, στό ὁποῖο τέμνει τή χαρακτηριστική γιά τάση πλέγματος -4 βόλτ. (Θεωροῦμε τό σχῆμα τῆς εὐθείας ἀπό 0 βόλτ μέχρι τήν τάση ἀποκοπῆς, δηλαδή ἀπό Α ὡς Ε). Ἡ κάθετος πού ἀγεται ἀπό τό Β στόν ὀριζόντιο ἄξονα, τόν τέμνει περίπου στά 108 βόλτ. Αὐτό σημαίνει ὅτι, ὅταν τό πλέγμα ἔχει τάση -4 βόλτ, ἡ τάση μεταξύ ἀνόδου - καθόδου τῆς λυχνίας θά εἶναι 108 βόλτ. Ἡ τάση πού ἀπομένει ($200 - 108 = 92$ βόλτ) θά εἶναι ἡ διαφορά δυναμικοῦ πού ἀναπτύσσεται στήν ἀντίσταση φόρτου.

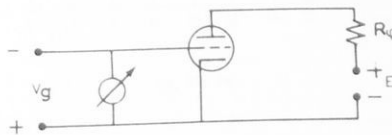
Παρατηροῦμε ἀκόμη ὅτι ἡ καμπύλη πού ἀντιστοιχεῖ σέ τάση πλέγματος -10 βόλτ, συναντᾷ τήν εὐθεία φόρτου σέ σημεῖο πού ἀντιστοιχεῖ σέ μηδενικό ἀνοδικό ρεῦμα. Δηλαδή, ἡ τάση ἀποκοπῆς τῆς λυχνίας, γιά τάση $E = 200$ βόλτ, εἶναι -10 βόλτ. Ἡ ἀντίσταση φόρτου δέν μπορεῖ νά ρυθμίσει τήν τάση ἀποκοπῆς, γιατί αὕτῃ ἐξαρτᾶται μόνο ἀπό τήν τάση Ε, ὅπως φαίνεται ἀπό τή γραφική κατασκευή (σχ. 27.1). Ἄν ἡ τάση Ε γινόταν 100 βόλτ, ἡ τάση ἀποκοπῆς θά ἦταν -4 βόλτ, ὅπως φαίνεται στό ἴδιο σχῆμα.

Ἡ ἀπολαβή Α τῆς βαθμίδας μπορεῖ νά ὑπολογισθεῖ ἄν θεωρήσουμε μιά μεταβολή τῆς τάσεως πλέγματος U_g κατά μήκος τῆς εὐθείας φόρτου καί φέρομε ἀντίστοιχη μεταβολή τῆς τάσεως ἀνόδου - καθόδου U_a . Ἡ ἀποβολή, τότε, θά ἰσοῦται:

$$A = \frac{U_a}{U_g}$$

27.2 Ἔργασία.

1) Συνδεσμολογήσετε τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 27.2. Δυναμικά καί R_{Φ} θά δοθοῦν ἀπό τό Ἔργαστήριο, γιατί θά εἶναι ἀνάλογα μέ τή λυχνία πού χρησιμοποιεῖται.



Σχ. 27.2.

2) Ρυθμίσετε τήν τάση τοῦ πλέγματος σέ 0 βόλτ (ἐνώσετε τό πλέγμα μέ τήν καθόδο). Μετρήσετε μέ ἡλεκτρονικό βολτόμετρο συνεχοῦς τήν τάση ἀνόδου - καθόδου. Σημειώσετε τό ἀποτέλεσμα καί τήν πολικότητα τοῦ ὀργάνου. Ἐπίσης μετρήσετε τήν τάση στά ἄκρα τῆς R_{Φ} . Σημειώσετε ἀποτέλεσμα καί πολικότητα.

3) Συνδέσετε τό ἡλεκτρονικό βολτόμετρο στά ἄκρα τῆς λυχνίας. Ρυθμίσετε ἀρ-

γὰ τὸ δυναμικὸ τοῦ πλέγματος σέ τιμές συνεχῶς ἀρνητικότερες μέχρι πού τὸ ἡλεκτρονικὸ βολτόμετρο δείξει τὴν τάση τῆς πηγῆς (220 βόλτ). Πόση εἶναι, τότε, ἡ τάση ἀποκοπῆς καὶ πόση ἡ πτώση τάσεως στὰ ἄκρα τῆς R_{ϕ} ;

4) Χαράξετε τὴν εὐθεία φόρτου στὸ σμῆνος χαρακτηριστικῶν πού διαθέτει τὸ ἐργαστήριον γιὰ τὶς ἐνδείξεις τῆς προηγούμενης ἐρωτήσεως. Συγκρίνετε τὶς μετρήσεις τῶν ἐρωτήσεων 2 καὶ 3 μὲ τὰ ἀποτελέσματα πού δίνει ἡ εὐθεία φόρτου.

5) Συνδέσετε, τώρα, ἀντίσταση φόρτου μεγαλύτερη ἀπὸ τὴν προηγούμενη καὶ μεγαλύτερη τάση πηγῆς E . Ρυθμίσετε τὴν τάση τοῦ πλέγματος $V_g = 0$ βόλτ. Μετρήσετε τὴν τάση μεταξύ ἀνόδου - καθόδου καὶ τὴν τάση στὰ ἄκρα τῆς R_{ϕ} .

6) Αὐξήσετε ἀργὰ πρὸς τὰ ἀρνητικὰ τὴν τάση τοῦ πλέγματος, μέχρι νὰ ἀποκοπεῖ ἡ λυχνία. Πόση εἶναι, τότε, ἡ τάση ἀνόδου - καθόδου; Πόση ἡ τάση στὰ ἄκρα τῆς R_{ϕ} καὶ πόση ἡ τάση ἀποκοπῆς;

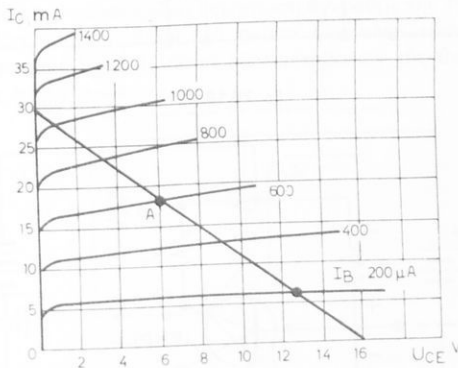
7) Χαράξετε νέα εὐθεία φόρτου σέ ἄλλο διάγραμμα χαρακτηριστικῶν. Νὰ συγκρίνετε τὶς μετρήσεις τῶν ἐρωτήσεων 5 καὶ 6 μὲ τὰ ἀποτελέσματα πού δίνει ἡ εὐθεία φόρτου.

ΑΣΚΗΣΗ 28

ΠΟΛΩΣΗ ΤΩΝ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ

28.1 Γενικά.

Όπως στις λυχνίες, έτσι και στα τρανζίστορ, για να είναι σωστά υπολογισμένη η λειτουργία τους, πρέπει πρώτα να χαράξουμε την ευθεία φόρτου επάνω στις χαρακτηριστικές V_C / I_C (τάσεως συλλέκτη - ρεύματος συλλέκτη). Αφού χαραχθεί η ευθεία φόρτου, πρέπει επάνω σε αυτήν να ορισθεί το σημείο λειτουργίας, που μπορεί να βρίσκεται στο μέσο περίπου των γραμμικών τμημάτων των χαρακτηριστικών (π.χ. σημείο Α, σχ. 28.1α), ώστε να μην δημιουργείται παραμόρφωση κατά την ενισχυτική λειτουργία του τρανζίστορ.



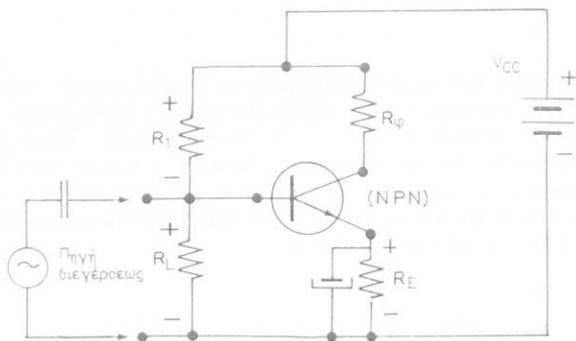
Σχ. 28.1α.

Για να εξασφαλισθεί αυτό το επιθυμητό σημείο λειτουργίας, εφαρμόζεται μία κατάλληλη συνεχής τάση μεταξύ έκπομπου - βάσεως του τρανζίστορ που ονομάζεται πόλωση.

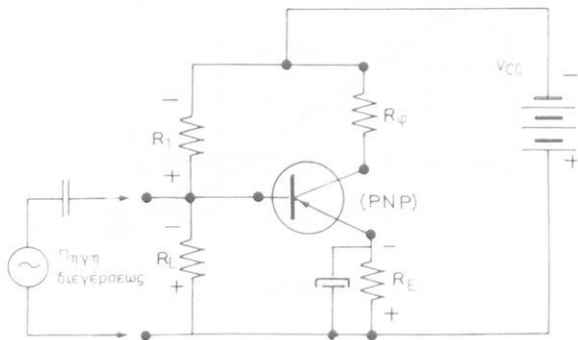
Πόλωση επομένως είναι η συνεχής τάση που εφαρμόζεται μεταξύ της βάσεως και του έκπομπου ενός τρανζίστορ για να εξασφαλισθούν οι κατάλληλες συνθήκες λειτουργίας του.

Στις βασικές συνδεσμολογίες των τρανζίστορ έχουμε πόλωση όρθης φοράς στο

κύκλωμα έκπομπου - βάσεως καί πόλωση ανάστροφης φοράς στο κύκλωμα συλλέκτη - βάσεως. Στα κυκλώματα των προηγούμενων ασκήσεων στα όποια μελετήσαμε τὰ τρανζίστορ, είδαμε ότι γιά τήν πόλωση χρησιμοποιούσαμε ξεχωριστές πηγές γιά τή βάση καί τό συλλέκτη. Στην πράξη όμως, στα κυκλώματα ένισχυτών, δεκτών καί λοιπών ηλεκτρονικών συσκευών, προσπαθοῦμε ὥστε ἡ τροφοδότηση τῶν τρανζίστορ μέ συνεχεῖς τάσεις νά ἐξασφαλίζεται ἀπό μιά μόνο πηγή μέ κατάλληλα κυκλώματα κατανομῆς. Π.χ. στα κυκλώματα τῶν σχημάτων 28.1β καί 28.1γ φαίνεται τό πῶς μέ κατάλληλο διαιρέτη τάσεως (άντιστάσεις R_1 , R_2), σέ συνδυασμό καί μέ τήν αντίσταση έκπομπῶν R_E , ἐξασφαλίζεται ἡ πόλωση τοῦ τρανζίστορ ἀπό μιά μόνο πηγή (V_{CC}).



Σχ. 28.1β.



Σχ. 28.1γ.

Στό σχήμα 28.1β τό κύκλωμα έκπομπῶν - βάσεως τοῦ τρανζίστορ τύπου NPN εἶναι πολωμένο κατά τήν ὀρθή φορά, δηλαδή ἡ βάση ἔχει θετικό δυναμικό σέ σχέση μέ τόν έκπομπό καί τό κύκλωμα συλλέκτη - βάσεως εἶναι πολωμένο κατά τήν ἀνάστροφη φορά, δηλαδή ὁ συλλέκτης ἔχει θετικό δυναμικό σέ σχέση μέ τή βάση.

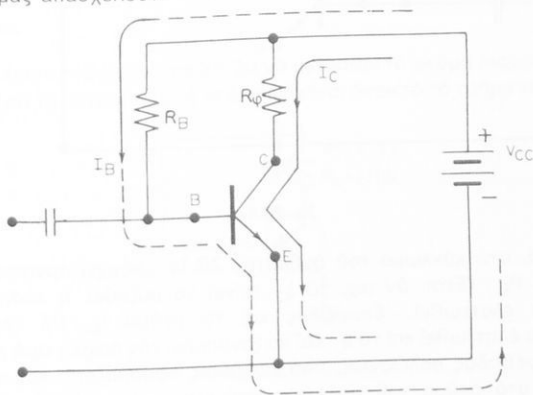
Στό σχήμα 28.1γ τό τρανζίστορ είναι τύπου PNP καί, έπειδή ή πηγή είναι συνδεμένη μέ αντίθετη πολικότητα από ό,τι τό κύκλωμα του σχήματος 28.1β, οι πολώσεις είναι αντίθετες. Ή λειτουργία όμως των δύο κυκλωμάτων καί τά αποτελέσματα είναι τά ίδια, όπως έξ άλλου είδαμε στίς μετρήσεις στά κυκλώματα των άσκήσεων 20 καί 21.

Στά κυκλώματα μέ τρανζίστορ παρουσιάζεται πρόβλημα σταθερότητας της πώσεως έξ αίτίας των μεταβολών της θερμοκρασίας. Λόγω μεταβολής της θερμοκρασίας, παρουσιάζεται μεταβολή στο αντίθετο ρεύμα διαρροής του συλλέκτη I_{CO} , που έχει σαν συνέπεια μία υπολογίσιμη μεταβολή στο ρεύμα I_C του συλλέκτη. Στή θερμοκρασία δωματίου (περίπου 25°C) ή τιμή του ρεύματος I_{CO} είναι λίγα μικροαμπέρ για τρανζίστορ γερμανίου μικρής ισχύος, ενώ για τά τρανζίστορ πυριτίου, πάλι μικρής ισχύος, είναι λίγα νανοαμπέρ. Έτσι, ενώ στα τρανζίστορ γερμανίου τό ρεύμα διαρροής αποτελεί κάποιο πρόβλημα, στα τρανζίστορ πυριτίου τό άμελούμε.

Ένας άλλος παράγοντας που έπηρεάζει ή σταθερότητα στην πόλωση των τρανζίστορ είναι ή μεταβολή της τάσεως μεταξύ βάσεως - έκπομπού V_{BE} έξ αίτίας πάλι των μεταβολών της θερμοκρασίας. Ή τάση V_{BE} έλαττώνεται περίπου 2,5 mV για κάθε βαθμό αύξησης της θερμοκρασίας, τόσο στα τρανζίστορ γερμανίου όσο καί στα τρανζίστορ πυριτίου (ή θερμοκρασία σέ βαθμούς Κελσίου).

Στά τρανζίστορ γερμανίου, ή επίδραση του I_{CO} είναι πολύ μεγαλύτερη από εκείνη που προκαλούν οι μεταβολές της τάσεως V_{BE} , πάλι λόγω μεταβολής της θερμοκρασίας. Γι' αυτό σέ παρόμοια περίπτωση άγνοούμε την επίδραση της V_{BE} .

Στά τρανζίστορ πυριτίου όμως, τό ρεύμα I_{CO} είναι τόσο μικρό, ώστε οι μεταβολές της τάσεως V_{BE} , έξ αίτίας των μεταβολών της θερμοκρασίας, είναι εκείνες που μάς άπασχολούν.



Σχ. 28.1δ.

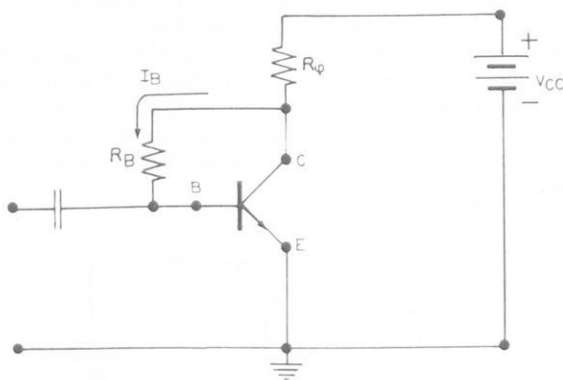
Μία πολύ απλή συνδεσμολογία πώσεως φαίνεται στο κύκλωμα του σχήματος 28.1δ. Ός πηγή χρησιμεύει ή V_{CC} , ή όποια διαμέσου της αντίστασης R_B (μεγάλης τιμής) καί της αντίστασης έπαφής βάσεως - έκπομπού (που έχει μικρή τιμή) παρέχει ένα μικρό ρεύμα βάσεως I_B .

Είναι τώρα γνωστό ότι για τὰ τρανζίστορ γερμανίου ή τάση βάσεως - έκπομπού είναι περίπου: $V_{BE} = 0,15$ βόλτ, ενώ για τὰ τρανζίστορ πυριτίου: $V_{BE} = 0,65$ βόλτ. Έπομένως, (αν ή V_{CC} είναι π.χ. 9 βόλτ), θά έχομε: $V_{CC} = I_B \cdot R_B + V_{BE}$ καί $V_{CC} = I_B \cdot R_B$, αφού ή V_{BE} είναι τόσο μικρότερη από τήν V_{CC} ώστε μπορεί νά παραλειφθεῖ. Άρα καί

$$I_B = \frac{V_{CC}}{R_B}$$

Ή τελευταία αὐτή σχέση δείχνει ότι μέ αὐτή τή μέθοδο πολώσεως τό ρεύμα βάσεως I_B είναι σταθερό, ἐπειδή ή πηγή V_{CC} παρέχει σταθερή τάση καί ή αντίσταση R_B είναι ὄχι μόνο σταθερή ἀλλά καί έχει καί πολύ μεγάλη τιμή.

Τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 28.1ε δείχνει μιὰ διαφορετική μέθοδο πολώσεως, στήν ὁποία ή αντίσταση R_B συνδέεται μεταξύ τοῦ συλλέκτη καί τῆς βάσεως (καί ὄχι μεταξύ τοῦ θετικοῦ πόλου τῆς πηγῆς καί τῆς βάσεως, ὅπως στό κύκλωμα τοῦ σχήματος 28.1δ). Μέ τή μέθοδο αὐτή πολώσεως κρατεῖται σταθερό τό ρεύμα τοῦ συλλέκτη I_C σέ κάθε μεταβολή, προερχόμενη ἀπό ὁποιαδήποτε αἰτία.

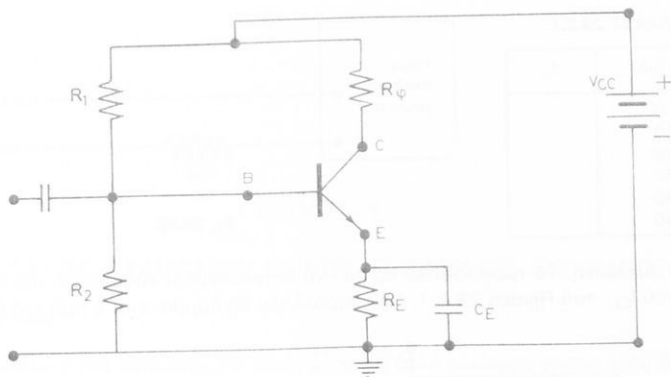


Σχ. 28.1ε.

Πραγματικά, στό κύκλωμα τοῦ σχήματος 28.1ε ὑπάρχει ἀρνητική ἀνάδραση διαμέσου τῆς R_B . Έτσι, αν π.χ. τό I_C τείνει νά αὐξηθεῖ, ή τάση συλλέκτη - έκπομποῦ θά ἐλαττωθεῖ. Έπομένως καί τό ρεύμα I_B θά ἐλαττωθεῖ, μέ ἀποτέλεσμα νά ἐλαττωθεῖ καί τό I_C καί νά ξαναπάρει τήν ἀρχική τιμή του.

Μιὰ ἄλλη μέθοδος πολώσεως, πού συνήθως ἐφαρμόζεται καί παρέχει καλή σταθερότητα στό ρεύμα τοῦ συλλέκτη φαίνεται στό κύκλωμα τοῦ σχήματος 28.1στ.

Σέ αὐτό οἱ ἀντιστάσεις R_1 , R_2 ἀποτελοῦν ἓνα διαιρέτη τάσεως, μέσα ἀπό τόν ὁποῖο τό διερχόμενο ρεύμα έχει ἔνταση μεγάλη, συγκρινόμενη μέ τήν ἔνταση τοῦ ρεύματος βάσεως. Έτσι τό συνεχές δυναμικό τῆς βάσεως κρατεῖται σταθερό. Ή ἀντίσταση έκπομποῦ R_E δημιουργεῖ ἀρνητική ἀνάδραση μέ συνεχές ρεύμα μέ τήν πώση τάσεως στά ἄκρα τῆς. Ή σταθερότητα τοῦ ρεύματος τοῦ συλλέκτη ἐξα-

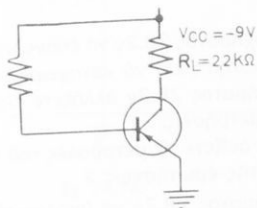


Σχ. 28.1στ.

σφαλιζεται με τον ακόλουθο τρόπο: "Αν τό ρεύμα έκπομπού I_E τείνει νά αύξηθει, ή τάση τοῦ έκπομπού σέ σχέση μέ τή γη θά αύξηθει. Καί ἐπειδή ή τάση τῆς βάσεως σέ σχέση μέ τή γη μένει σταθερή, ή τάση βάσεως - έκπομπού (δηλαδή ή πόλωση) θά ἐλαττωθεῖ, μέ ἀποτέλεσμα νά ἐπανέλθει στήν ἀρχική του τιμή τό ρεύμα έκπομπού (καί ἐπομένως καί τό ρεύμα τοῦ συλλέκτη).

28.2 Ἔργασία.

1) Στό κύκλωμα τοῦ σχήματος 28.2α νά μετρηθεῖ τό ρεύμα διαρροῆς τοῦ τρανζίστορ I_{CE0} (γιά τή μέτρηση αὐτή πρέπει νά εἶναι ἀνοικτό τό τμήμα τῆς βάσεως).

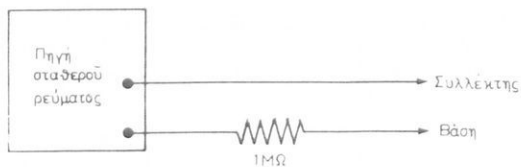


Σχ. 28.2α.

2) Στό ἴδιο κύκλωμα νά μετρηθοῦν οἱ τιμές τοῦ I_C γιά μεταβολές τοῦ I_{C0} . Γιά τή μέτρηση αὐτή νά συνδεθεῖ πηγή σταθεροῦ ρεύματος στά ἄκρα συλλέκτη - βάσεως (σχ. 28.2β) καί νά ἀντισταθμίζεται κάθε φορά τό I_{C0} . Τό I_{C0} κυκλοφορεῖ ἀντίθετα ἀπό τό I_B , ἀλλά τό ἀποτέλεσμα ἐξ αἰτίας τοῦ I_{C0} εἶναι αὐξηση τοῦ I_C . Ἡ συνδεσμολογία τῆς πηγῆς σταθεροῦ ρεύματος (τροφοδοτικό τοῦ ἐργαστηρίου) πρέπει νά γίνει μέ τήν πολικότητα τοῦ σχήματος 28.2α γιά νά ἔχομε αὐξηση στο

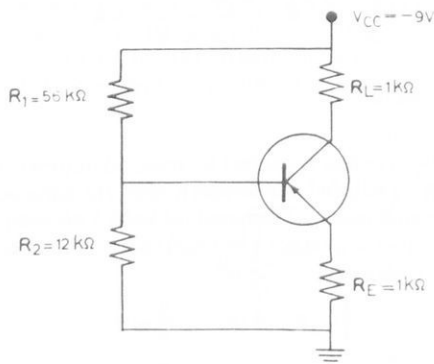
ΠΙΝΑΚΑΣ 28.2.1.

I_{CO} (μA)	I_C
0	
10	
20	
30	
40	
50	

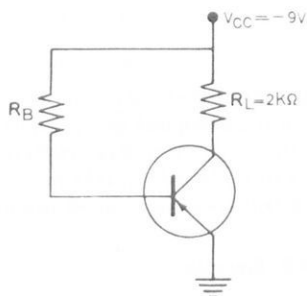


Σχ. 28.2β.

ρεύμα συλλέκτη. Τό τροφοδοτικό πρέπει νά αντίσταθμίξει κάθε φορά μία από τίς τιμές του I_{CO} του Πίνακα 28.2.1, ενώ παράλληλα θά λαμβάνεται ή τιμή του I_{CO} .



Σχ. 28.2γ.



Σχ. 28.2δ.

3) Μέ τό κύκλωμα του σχήματος 28.2γ νά επαναληφθούν οι μετρήσεις που έγιναν στην προηγούμενη έρώτηση καί νά καταχωρηθούν σέ σχετικό πίνακα.

4) Στο κύκλωμα του σχήματος 28.2γ αλλάξετε την R_1 μέ 3 kΩ καί την R_2 μέ 1 kΩ καί κάνετε τίς ίδιες μετρήσεις.

5) Σέ σχετικό διάγραμμα δείξτε τίς μεταβολές του I_C λόγω μεταβολών του I_{CO} για τίς πρώτες μετρήσεις της έρωτήσεως 2.

6) Στο κύκλωμα του σχήματος 28.2δ νά υπολογισθεί ή τιμή της R_B για $I_C = 1$ μιλλιαμπέρ καί $I_{CO} = 0$.

7) Τί τιμή θά λάβει τό I_C όταν βραχυκυκλωθεί ή R_L στό κύκλωμα του σχήματος 28.2δ;

ΑΣΚΗΣΗ 29

ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ ΚΟΙΝΟΥ (ΓΕΙΩΜΕΝΟΥ) ΕΚΠΟΜΠΟΥ

29.1 Γενικά.

Τό κύκλωμα του σχήματος 29.1α είναι τό πιό άπλό κύκλωμα ένισχυτικής βαθμίδας τρανζίστορ μέ γειωμένο έκπομπό. Τά χαρακτηριστικά ενός τέτοιου κυκλώματος μελετήθηκαν στην άσκηση 20 καί είναι:

Σύνθετη αντίσταση είσόδου μέτρια: 500 - 5000 Ω.

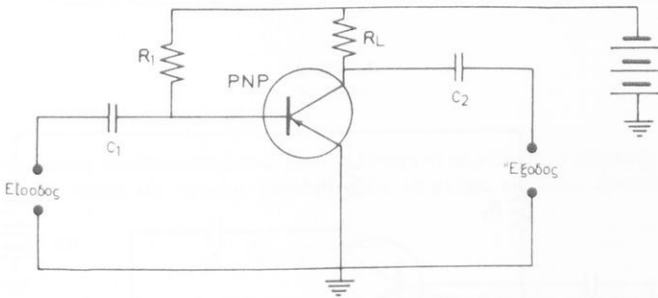
Σύνθετη αντίσταση έξόδου: 500 - 50.000 Ω.

Μεγάλη άπολαβή τάσεως: 500 - 1000.

Μεγάλη άπολαβή ισχύος μέχρι καί 10.000: 25 - 45 db.

Μεγάλη άπολαβή ρεύματος: 50 - 100.

180° διαφορά φάσεως μεταξύ σημάτων έξόδου - είσόδου.



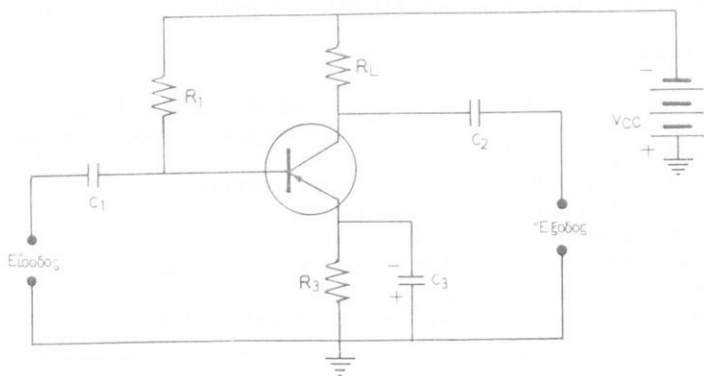
Σχ. 29.1α.

Χρησιμοποιείται περισσότερο γιατί, όπως σε όλα σχεδόν τά κυκλώματα μέ λυχνίες γειώνεται ή κάθοδος, στά πιό συνηθισμένα κυκλώματα μέ τρανζίστορ γειώνεται ο έκπομπός, πού είναι αντίστοιχος της καθόδου.

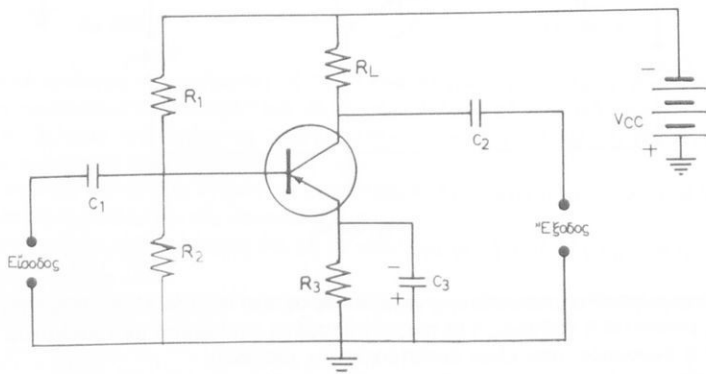
Επίσης, στην προηγούμενη άσκηση 28, είδαμε ότι ένα τέτοιο κύκλωμα δέν παρουσιάζει σταθερότητα στην πόλωση. Τό επόμενο όμως κύκλωμα (σχ. 29.1β) πού γειώνει τόν έκπομπό μέσω της αντίστασεως R_3 , έχει σταθερότητα στην πόλωση καί χρησιμοποιείται στην πράξη. Ύπενθυμίζεται ότι ή αντίσταση R_3 βοηθά τή σταθερότητα της πολώσεως, πού μπορεί νά διαταραχθεί από μικρές διακυμάνσεις του ρεύματος συλλέκτη λόγω αύξησης της θερμοκρασίας καί άλλαγής των χαρακτη-

ριστικῶν τοῦ τρανζίστορ. Δηλαδή, μία αὐξηση τοῦ ρεύματος συλλέκτη προκαλεῖ πτώση τάσεως στὴν R_3 . Ἡ τάση αὕτη εἶναι ἀντίθετης πολικότητας μὲ τὴν πόλωση ὀρθῆς φορᾶς ποὺ ὑπάρχει στὸ κύκλωμα βάσεως - ἔκπομποῦ καὶ ἐλαττώνει τὸ ρεύμα βάσεως. Στὴ συνέχεια, αὐτὸ ἐλαττώνει τὸ ρεύμα συλλέκτη (τὸ ρεύμα συλλέκτη ἐλέγχεται ἀπὸ τὸ ρεύμα βάσεως καὶ ἀντίστροφα). Ὁ πυκνωτὴς C_3 σταθεροποιεῖ τὴν ὅλη κατάσταση μὲ τὸν παραλληλισμὸ τῆς R_3 γιὰ τὰ ἐναλλασσόμενα ρεύματα.

Τὸ προηγούμενο κύκλωμα μπορεῖ νὰ βελτιωθεῖ καὶ νὰ ἐξασφαλίσει καλύτερη σταθερότητα πολώσεως, καὶ κατ' ἐπέκταση σταθερότητα στὸ σημεῖο λειτουργίας τῆς ἐνισχυτικῆς βαθμίδας, ἂν τροποποιηθεῖ ὅπως τὸ σχῆμα 29.1γ.



Σχ. 29.1β.

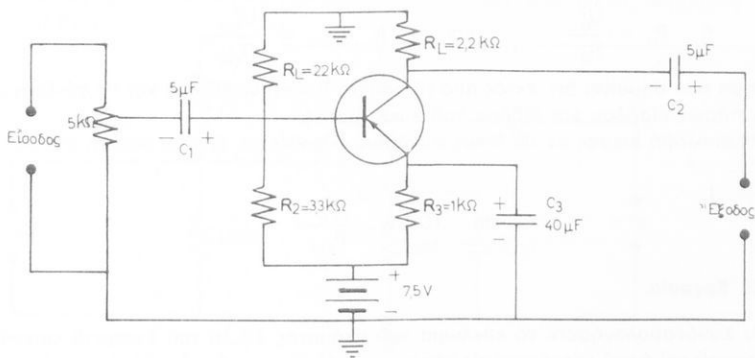


Σχ. 29.1γ.

Σὲ αὐτὸ οἱ ἀντιστάσεις R_1 καὶ R_2 , μὲ κατάλληλες τιμές, ἀποτελοῦν ἓνα διαιρέτη τάσεως μὲ τὸν ὁποῖο (σὲ συνδυασμὸ καὶ μὲ τὴν τάση στά ἄκρα τῆς R_3) μποροῦμε νὰ ρυθμίσουμε τὴ θέση τοῦ σημείου λειτουργίας.

Ένα ακόμη κύκλωμα ενισχυτή τρανζίστορ με γειωμένο έκπομπού που χρησιμοποιείται στην πράξη για ένισχυση Χ.Σ. φαίνεται στο σχήμα 29.1δ.

Σε αυτό: α) Ο πυκνωτής C_1 είναι μεγάλος, γιατί η αντίσταση εισόδου του τρανζίστορ είναι μικρή. Με τις τιμές αυτές έχουμε μικρή απώλεια ενέργειας στο κύκλωμα εισόδου. β) Καί ο C_2 είναι μεγάλος, γιατί η αντίσταση εισόδου της επόμενης βαθμίδας είναι μικρή. γ) Οι αντίστασεις R_1 καί R_2 εξασφαλίζουν την κατάλληλη πόλωση. δ) Η R_3 καί ο C_3 εξασφαλίζουν τη σταθερότητα της πολώσεως από επιδράσεις λόγω μεταβολών στο ρεύμα συλλέκτη, εξ αιτίας μεταβολών της θερμοκρασίας καί των χαρακτηριστικών του τρανζίστορ.



Σχ. 29.1δ.

Η αντίσταση εισόδου ενός κυκλώματος ενισχυτή με γειωμένο έκπομπού υπολογίζεται ως ο λόγος της τάσεως εισόδου προς τό ρεύμα εισόδου. Δηλαδή:

$$Z_{\text{είσ}} = \frac{U_{\text{είσ}}}{i_{\text{είσ}}}$$

Άρα μπορούμε να την προσδιορίσουμε με μετρήσεις των δύο αυτών μεγεθών.

Η αντίσταση έξοδου $Z_{\text{έξ}}$ μπορεί επίσης να υπολογισθεί ως ο λόγος της τάσεως έξοδου προς τό ρεύμα έξοδου. Ένας πρακτικός τρόπος για τόν προσδιορισμό αυτής είναι ο ακόλουθος: Μετράμε πρώτα την τάση έξοδου στα άκρα έξοδου του ενισχυτή χωρίς φορτίο· στη συνέχεια συνδέουμε στην έξοδο ένα ροοστάτη καί με ηλεκτρονικό βολτόμετρο παράλληλα σέ αυτόν ρυθμίζουμε, μέχρι να επιτύχουμε τή μισή τιμή της τάσεως έξοδου πού βρήκαμε χωρίς φορτίο. Η αντίσταση του τμήματος του ροοστάτη, για τήν όποια έχουμε τή μισή τιμή, είναι η σύνθετη αντίσταση έξοδου του ενισχυτή.

Ο ενισχυτής κοινού (γειωμένου) έκπομπού είναι ένας ενισχυτής τάσεως, ρεύματος καί ισχύος. Η ένίσχυση πού μπορεί να κάνει για τά μεγέθη αυτά προσδιορίζεται πειραματικά με τόν ακόλουθο τρόπο:

α) Ἀπολαβὴ τάσεως:
$$A = \frac{U_a}{U_{\epsilon\iota\sigma}}$$

Μὲ γεννήτρια Χ.Σ. στὴν εἴσοδο δίνουμε σῆμα 1000 Hz καὶ παρατηροῦμε μὲ παλμογράφο τὸ σῆμα ἐξόδου στὸ κύκλωμα τοῦ συλλέκτη, ἐνῶ αὐξάνουμε σιγά - σιγά τὴν τάση τοῦ σήματος εἰσόδου. Πρὶν ἀρχίσει ἡ παραμόρφωση τοῦ σήματος ἐξόδου, μετράμε τὰ δύο μεγέθη καὶ ἀπὸ τὸ λόγο τους ὑπολογίζουμε τὴν ἀπολαβὴ τάσεως.

β) Ἀπολαβὴ ἰσχύος:
$$A_{\iota\sigma\chi.} = \frac{P_a}{P_{\epsilon\iota\sigma}}$$

ἢ $P_a = \frac{U_a^2}{R_a}$ καὶ ἢ $P_{\epsilon\iota\sigma} = \frac{U_{\epsilon\iota\sigma}^2}{R_{\epsilon\iota\sigma}}$

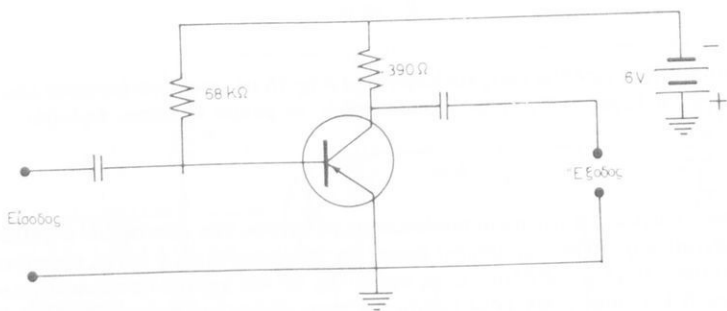
πράγμα πού σημαίνει ὅτι, ἐκτός ἀπὸ τὶς τάσεις, πρέπει νὰ ξέρομε καὶ τὶς σύνθετες ἀντιστάσεις εἰσόδου καὶ ἐξόδου τοῦ κυκλώματος.

Ἡ ἀπολαβὴ ἰσχύος σέ db ὅπως συνήθως ἐκφράζεται, δίνεται ἀπὸ τὴ σχέση:

$$db = 10 \log_{10} \frac{P_a}{P_{\epsilon\iota\sigma}}$$

29.2 Ἔργασία.

1) Συνδεσμολογήσετε τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 29.2α τοῦ ἐνισχυτῆ κοινῶ ἐκπομποῦ καὶ ἀφοῦ μετρήσετε τὶς τάσεις στὴν ἐξοδο καὶ τὴν εἴσοδο, ὑπολογίσετε



Σχ. 29.2α.

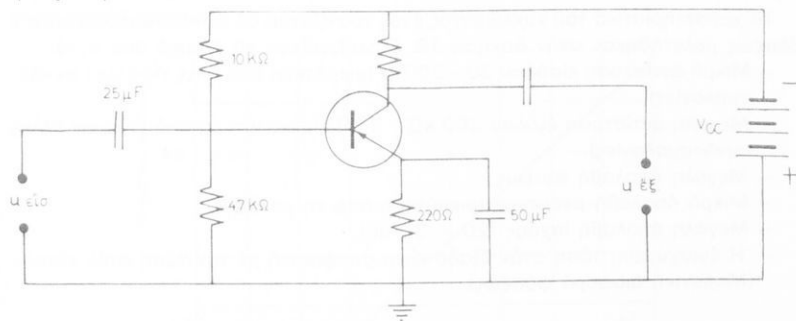
τὴν ἐνίσχυση πού κάνει. Γιά νὰ πάρετε τὶς μετρήσεις χρησιμοποιήσετε γεννήτρια Χ.Σ. στοὺς 1000 Hz καὶ παλμογράφο στὴν ἐξοδο. Τὸ σῆμα τῆς γεννήτριας νὰ ἀρχίσει ἀπὸ πολὺ μικρὸ πλάτος καὶ οἱ μετρήσεις νὰ γίνουν ὅταν ἡ τιμὴ του γίνεи τέτοια, ὥστε τὸ σῆμα στὴν ἐξοδο πού παρατηροῦμε στὸν παλμογράφο, νὰ μὴν περάσει τὴν τιμὴ πού ἀρχίζουν οἱ παραμορφώσεις.

2) Νά συνδεσμολογηθεῖ μιλλιαμπερόμετρο στοῦ κύκλωμα τοῦ συλλέκτη (πάντοτε διακόπτομε τήν πηγή γιά τήν παρεμβολή ὀργάνων) καί νά μετρηθεῖ τό ρεῦμα τοῦ συλλέκτη I_C . Στοῦ ἴδιου κύκλωμα νά μετρηθοῦν ἀκόμη οἱ τάσεις V_{BE} μεταξύ βάσεως - ἐκπομποῦ καί V_{CE} μεταξύ συλλέκτη - ἐκπομποῦ.

3) Οἱ ἴδιες μετρήσεις I_C καί V_{BE} , V_{CE} νά ἐπαναληφθοῦν ἀφοῦ πρῶτα θερμανθεῖ λίγο τό τρανζίστορ. Ἡ θέρμανση μπορεῖ νά γίνει μέ τήν προσέγγιση μιᾶς λάμπας 40 - 60 βάττ γιά λιγότερο ἀπό ἕνα λεπτό.

4) Ποῦ ὀφείλονται οἱ διαφορές στίς μετρήσεις τῶν ἐρωτήσεων 2 καί 3;

5) Νά βελτιωθεῖ τό προηγούμενο κύκλωμα καί νά πάρει τή μορφή τοῦ σχήματος 29.2β. Νά γίνουν σέ αὐτό τώρα οἱ μετρήσεις τῶν τάσεων V_{BE} , V_{CE} καί τοῦ ρεύματος I_C σέ κανονική λειτουργία καί ὕστερα ἀπό μικρή θέρμανση τοῦ τρανζίστορ.



Σχ. 29.2β.

6) Νά σχολιασθοῦν τά ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων αὐτῶν μεταξύ τους καί σέ σύγκριση μέ τίς μετρήσεις τῶν ἐρωτήσεων 2 καί 3.

7) Νά μετρηθεῖ ἡ ἀντίσταση ἐξόδου τοῦ κυκλώματος.

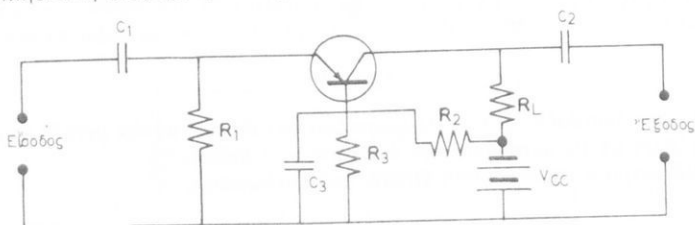
ΑΣΚΗΣΗ 30

ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ ΚΟΙΝΗΣ (ΓΕΙΩΜΕΝΗΣ) ΒΑΣΕΩΣ

30.1 Γενικά.

Τά χαρακτηριστικά του κυκλώματος ενός τρανζίστορ σε συνδεσμολογία κοινής βάσεως μελετήθηκαν στην άσκηση 19. Ξαναθυμίζουμε τα βασικά από αυτά:

- Μικρή αντίσταση εισόδου 30 - 300 Ω (μικρότερη από όλες τις άλλες συνδεσμολογίες).
- Μεγάλη αντίσταση εξόδου 300 kΩ - 3 MΩ (μεγαλύτερη από όλες τις άλλες συνδεσμολογίες).
- Μεγάλη απολαβή τάσεως.
- Μικρή απολαβή ρεύματος (μικρότερη από τη μονάδα).
- Μεγάλη απολαβή ισχύος (20 - 30 db).
- Η ένισχυμένη τάση στην έξοδο είναι συμφασική με την τάση στην είσοδο (Μηδενική διαφορά φάσεως).



Σχ. 30.1α.

Στο κύκλωμα του σχήματος 30.1α φαίνεται συνδεσμολογία ένισχυτη τρανζίστορ με γειωμένη βάση, από τις συνηθισμένες που συναντάμε στην πράξη.

Η πόλωση σε αυτό το κύκλωμα εξασφαλίζεται μέσω των αντιστάσεων R_2 και R_3 . Ο πυκνωτής C_3 παραλληλίζει την R_3 και σταθεροποιεί την πόλωση. Ο C_1 , δηλαδή το σήμα, που θέλουμε να ένισχύσουμε, στον έκπομπο. Το ένισχυμένο σήμα λαμβάνεται από το συλλέκτη μετά τον πυκνωτή C_2 .

Η απολαβή τάσεως προσδιορίζεται από τα στοιχεία του κυκλώματος με τα χαρακτηριστικά του ίδιου του τρανζίστορ πρώτα και δίνεται από τη σχέση:

$$A_u = \frac{U_{\text{έξ}}}{U_{\text{είσ}}}$$

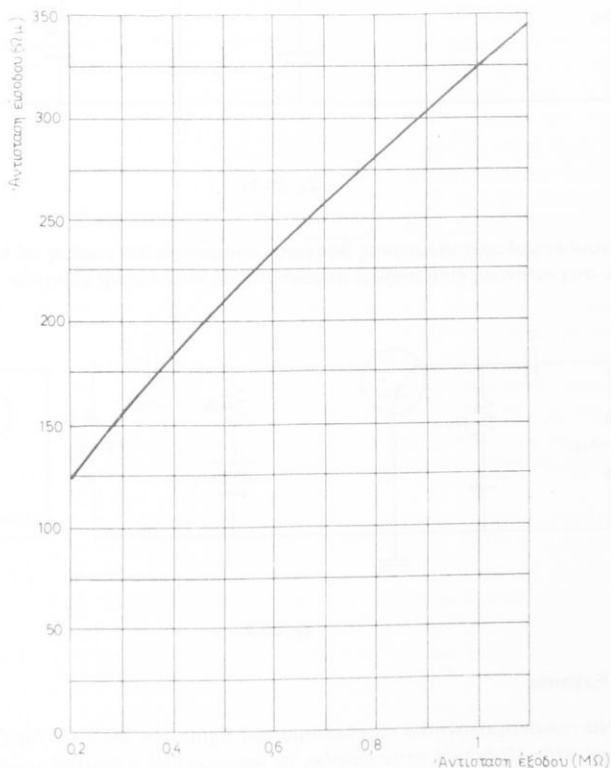
Γιά τή μέτρηση τῶν δύο τάσεων ἰσχύουν ὅσα εἶπαμε στήν προηγούμενη ἀσκή-
ση γιά τόν ἐνισχυτή τρανζίστορ μέ κοινό ἐκπομπό (ἀσκήση 29).

Ἡ ἀπολαβή ἰσχύος δίνεται ἀπό τή σχέση:

$$A_{\text{ισχύος}} = 10 \log \frac{P_{\text{ἐξ}}}{P_{\text{εἰσ}}} \quad \text{σέ db}$$

Γενικά, ἡ σύνθετη ἀντίσταση εἰσόδου στά τρανζίστορ εἶναι μικρή, ἐνῶ ἡ σύν-
θετη ἀντίσταση ἐξόδου εἶναι μεγάλη. Οἱ τιμές τῶν ἀντιστάσεων εἰσόδου καί ἐξό-
δου δέν εἶναι σταθερές, ἀλλά μεταβάλλονται μέ τά στοιχεῖα κάθε κυκλώματος.

Στό διάγραμμα τοῦ σχήματος 30.1β φαίνεται ἡ χαρακτηριστική τῶν μεταβολῶν
τῆς ἀντιστάσεως εἰσόδου πρὸς τήν ἀντίσταση ἐξόδου σέ ἓναν ἐνισχυτή τρανζί-
στορ κοινῆς βάσεως.



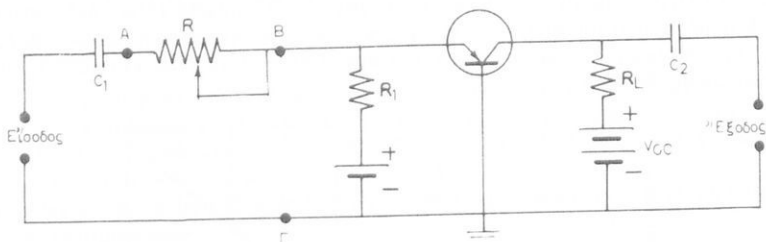
Σχ. 30.1β.

Μεταβολές ἀντιστάσεως εἰσόδου σέ σχέση μέ τήν ἀντίσταση ἐξόδου φορτίου σέ τρανζίστορ 2N77
ὅταν δουλεῖ σέ θερμοκρασία περιβάλλοντος μέ τάση συλλέκτη — 4 βόλτ καί ἔχει ρεῦμα συλλέκτη
0,7 mA.

Ἡ καμπύλη αὐτὴ δείχνει τὶς μεταβολὲς τῆς ἀντιστάσεως ἐξόδου (φορτίου) ἀπὸ 200 k Ω ὡς 1,2 M Ω γιὰ μεταβολὲς τῆς ἀντιστάσεως εἰσόδου ἀπὸ 100 ὡς 350 Ω .

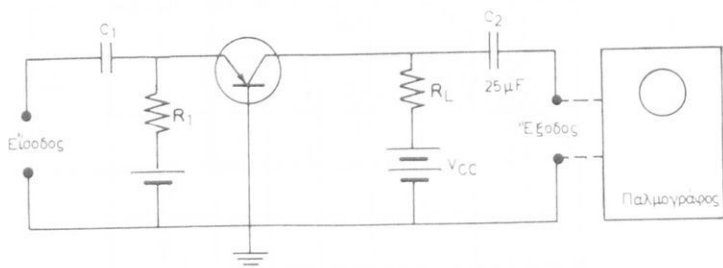
Ἡ ἀντίσταση εἰσόδου σὲ κύκλωμα ἐνισχυτῆ κοινῆς βάσεως μπορεῖ νὰ προσδιορισθεῖ μὲ τὴν ἀκόλουθη μέθοδο:

Στὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 30.1 γιὰ μιὰ γεννήτρια δίνει σῆμα στὴν εἰσοδο. Ρυθμίζουμε τὴ μεταβλητὴ ἀντίσταση R , ὥστε ἡ τάση στὰ σημεῖα Β-Γ νὰ εἶναι τὸ μισό τῆς τάσεως στὰ σημεῖα Α-Γ. Γιὰ τὴ συνθήκη αὐτὴ μετράμε τὴν R καὶ ἡ τιμὴ τῆς μᾶς δίνει τὴν ἀντίσταση εἰσόδου τοῦ κυκλώματος.



Σχ. 30.1γ.

Ἡ συνδεσμολογία γειωμένης βάσεως χρησιμοποιεῖται κυρίως σὲ κυκλώματα ὑψηλῶν συχνοτήτων, ἐνῷ σπάνια συναντᾶται σὲ κυκλώματα χαμηλῶν συχνοτήτων.



Σχ. 30.2.

30.2 Ἔργασία.

1) Νὰ συνδεσμολογηθεῖ τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 30.2 καὶ ἀφοῦ μετρηθοῦν οἱ τάσεις στὴν ἐξοδο καὶ στὴν εἰσοδο, νὰ ὑπολογισθεῖ ἡ ἀπολαβὴ τάσεως τοῦ ἐνισχυτῆ. Μὲ τὸν παλμογράφο ἐλέγχουμε, πρὶν ἀπὸ τὶς μετρήσεις τῶν τάσεων, ὥστε τὸ σῆμα στὴν ἐξοδο νὰ μὴ φθάνει τὰ ὅρια τῶν παραμορφώσεων.

2) Νὰ παρεμβληθεῖ ροοστάτης στὴν εἰσοδο (σχ. 30.1γ) καὶ νὰ μετρηθεῖ ἡ ἀντίσταση εἰσόδου.

3) Μέ τον τρόπο πού περιγράφεται στην προηγούμενη άσκηση (29), νά μετρηθεῖ ἡ ἀντίσταση ἐξόδου τοῦ κυκλώματος.

4) Ἀπό τὰ ἀποτελέσματα τῶν μετρήσεων καί τῶν ὑπολογισμῶν, πού ἔγιναν στίς τρεῖς προηγούμενες ἐρωτήσεις, νά ὑπολογισθεῖ ἡ ἀπολαβή ἰσχύος τοῦ ἐνισχυτῆ.

5) Μέ παλμογράφο στήν εἴσοδο καί τήν ἐξοδο τοῦ κυκλώματος νά ἐπαληθευθεῖ ἡ μηδενική διαφορά φάσεως μεταξύ τῶν τάσεων ἐξόδου καί εἰσόδου.

ΑΣΚΗΣΗ 31

ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ ΚΟΙΝΟΥ (ΓΕΙΩΜΕΝΟΥ) ΣΥΛΛΕΚΤΗ

31.1 Γενικά.

Στό κύκλωμα - ενισχυτή τρανζίστορ με κοινό συλλέκτη, τό σήμα στην είσοδο εφαρμόζεται μεταξύ βάσεως - συλλέκτη και τό σήμα στην έξοδο μετρείται μεταξύ έκπομπου - συλλέκτη. Δηλαδή, ό συλλέκτης είναι τό κοινό ηλεκτρόδιο γιά τήν είσοδο και τήν έξοδο.

Τά χαρακτηριστικά ενός τέτοιου κυκλώματος είναι:

- Μεγάλη αντίσταση εισόδου: $20 - 500 \text{ k}\Omega$.
- Μικρή αντίσταση εξόδου: $50 - 1000 \Omega$.
- Άπολαβή τάσεως μικρότερη από τή μονάδα.
- Άπολαβή ρεύματος σχετικά μεγάλη: $25 - 50$.
- Άπολαβή ισχύος σχετικά μικρή: $10 - 20 \text{ db}$, μικρότερη από τήν άπολαβή ισχύος πού δίνουν οι συνδεσμολογίες κοινής βάσεως και κοινού έκπομπου, πού εξέτάσαμε στις δύο προηγούμενες ασκήσεις.
- Μηδενική διαφορά φάσεως μεταξύ τάσεως εξόδου και τάσεως εισόδου (όπως και στό κύκλωμα κοινής βάσεως).

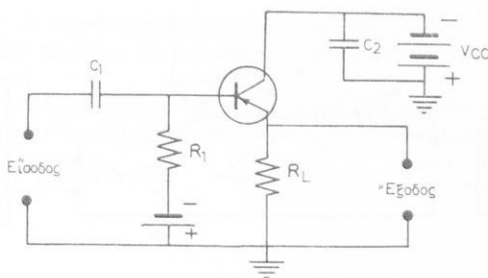
Άπό τά χαρακτηριστικά αυτά βλέπομε ότι: α) Ή συνδεσμολογία κοινού συλλέκτη αντιστοιχεί στή συνδεσμολογία ενισχυτή καθόδου στά κυκλώματα με λυχνίες και β) παρουσιάζει τά αντίθετα χαρακτηριστικά από τό κύκλωμα ενισχυτή με κοινή βάση.

Στό κύκλωμα του σχήματος 31.1α τό πρός ένίσχυση σήμα οδηγείται από τόν πυκνωτή C_1 στή βάση. Ή αντίσταση φορτίου R_L συνδέεται στόν έκπομπό και τό σήμα εξόδου τό παίρνομε στην R_L , δηλαδή στόν έκπομπό. Ό πυκνωτής C_2 σταθεροποιεί τήν τάση του συλλέκτη γειώνοντας τά εναλλασσόμενα ρεύματα.

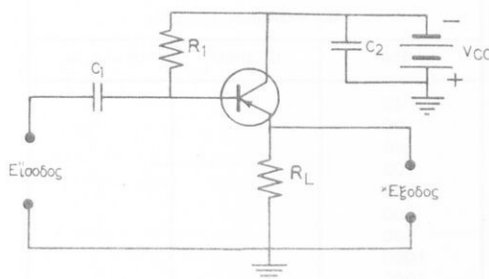
Τά κυκλώματα στά σχήματα 31.1α και 31.1β είναι ίδια. Ή διαφορά τους είναι μόνο στην πόλωση, δηλαδή στό σχήμα 31.1α έχομε ξεχωριστή πηγή πολώσεως, ενώ στό σχήμα 31.1β ή πόλωση εξασφαλίζεται από τήν κοινή πηγή V_{CC} μέσω της R_1 .

Τά σήματα εξόδου και εισόδου είναι συμφασικά και τό γεγονός αυτό εξηγείται ως εξής:

Κατά τήν άρνητική ήμiperίοδο του σήματος εισόδου τό ρεύμα της βάσεως του τρανζίστορ PNP αύξάνεται, όποτε και τά ρεύματα έκπομπου - συλλέκτη αύξάνονται. Ή στιγμιαία τάση U_a του έκπομπου πού δίνεται από τό γινόμενο $i_a R_L$ γίνεται άρνητικότερη από ό,τι ήταν πρίν. Άρα ή τάση στην έξοδο (στόν έκπομπό) ακολου-



Σχ. 31.1α.



Σχ. 31.1β.

Θεϊ τις μεταβολές τῆς τάσεως βάσεως. Τό ἴδιο φυσικά γίνεται καί στή θετική ἡμιπερίοδο τοῦ σήματος εἰσόδου, ὅποτε ἡ τάση ἐκπομποῦ γίνεται θετικότερη.

Τό κύκλωμα ἐνισχυτῆ κοινοῦ συλλέκτη μέ τή μεγάλη ἀντίσταση εἰσόδου καί τή μικρή ἀντίσταση ἐξόδου ἐξυπηρετεῖ, ὅταν ἀπαιτεῖται, προσαρμογή τέτοιων ἀντιστάσεων.

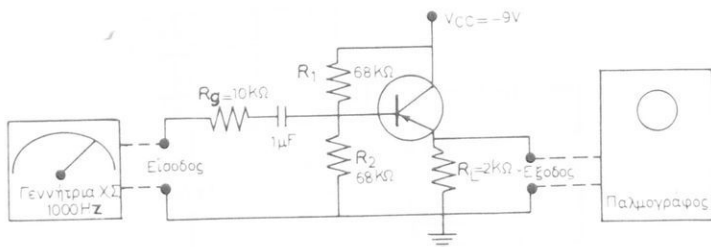
31.2 Ἔργασία.

1) Νά συνδεσμολογηθεῖ τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 31.2 καί νά μετρηθοῦν οἱ τάσεις στήν ἐξοδο καί τήν εἰσοδο. Ἀπό τίς τιμές τους νά ὑπολογισθεῖ ἡ ἀπολαβή τάσεως τοῦ ἐνισχυτῆ. (Δίνουμε πρῶτα σῆμα μέ τή γεννήτρια, παρατηροῦμε στόν παλμογράφο γιά νά μή φτάσουμε σέ παραμόρφωση καί μετά κάνουμε τίς μετρήσεις).

2) Κρατήσετε σταθερή τήν τάση εἰσόδου (σῆμα ἀπό τή γεννήτρια), μεταβάλλετε τή συχνότητα γιά τίς τιμές τοῦ Πίνακα 31.2.1 καί λάβετε μετρήσεις τῆς ἐνισχυμένης τάσεως στήν ἐξοδο. Συμπληρώσετε τή στήλη U_o τοῦ πίνακα.

3) Ἀπό τίς τιμές τῆς U_o στίς διάφορες συχνότητες καί τή σταθερή U_{in} νά ὑπολογισθεῖ ἡ ἀπολαβή A τοῦ ἐνισχυτῆ καί νά συμπληρωθεῖ ἡ τρίτη στήλη τοῦ πίνακα.

4) Νά χαραχθεῖ ἡ καμπύλη ἀποκρίσεως τοῦ ἐνισχυτῆ (Ἀπολαβή A στίς διάφο-



Σχ. 31.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 31.2.1.

$U_g = \text{σταθερή} = \dots \text{βόλτ}$		
f (Hz)	U_a (βόλτ)	$A = u_a / u_g$
20		
50		
80		
100		
150		
200		
500		
1000		
2000		
5000		
10.000		
15.000		
20.000		

ΠΙΝΑΚΑΣ 31.2.2.

Πίνακας των χαρακτηριστικών που παρουσιάζουν οι διάφορες συνδεσμολογίες των τρανζίστορ

Μεγέθη	Συνδεσμολογίες		
	Κοινοῦ ἐκπομποῦ	Κοινοῦ συλλέκτη	Κοινῆς βάσεως
Ἀντίσταση εἰσόδου			
Ἀντίσταση ἐξόδου			
Ἀπολαβὴ τάσεως			
Ἀπολαβὴ ἰσχύος			
Φασικὴ διαφορά σημάτων			

ρες συχνότητες). Οι συχνότητες νά αναγράφονται στον οριζόντιο άξονα καί σέ λογαριθμική κλίμακα. Μέ βάση τήν καμπύλη αποκρίσεως αποφανθείτε γιά τήν ποιότητα τοῦ ἐνισχυτῆ.

5) Στόν Πίνακα 31.2.2 καταχωρήσετε συγκριτικά στοιχεῖα τῶν ἐνισχυτῶν τρανζίστορ: α) Κοινοῦ ἐκπομποῦ, β) κοινῆς βάσεως καί γ) κοινοῦ συλλέκτη.

ΑΣΚΗΣΗ 32

ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ ΙΣΧΥΟΣ

32.1 Γενικά.

Μέ τούς ένισχυτές ισχύος έπιδιώκομε τήν εξασφάλιση μιās ικανοποιητικής γιά κάθε περίπτωση ισχύος, γιά νά τήν έκμεταλλευτούμε στό φορτίο.

Όταν πρόκειται γιά ένισχυτικά συγκροτήματα γιά χαμηλές συχνότητες καί ραδιοφωνικούς δέκτες, ή τελική βαθμίδα είναι πάντοτε ένισχυτής ισχύος καί τό φορτίο είναι τό μεγάφωνο.

Ένισχυτές ισχύος συναντώνται καί στά κυκλώματα πομπών καθώς καί στά κυκλώματα βιομηχανικών ήλεκτρονικών κλπ. Στίς διάφορες αυτές περιπτώσεις έχομε καί τά κατάλληλα κυκλώματα. Τά κυκλώματα αυτά εξαρτώνται από τήν τάξη λειτουργίας τοῦ ένισχυτή.

Οι τάξεις λειτουργίας τών ένισχυτῶν βασικά είναι οι έξις τρεῖς: Α, Β, καί Γ. Ἡ τάξη Γ συναντᾶται σέ κυκλώματα πομπών καί σέ ρυθμιστικά κυκλώματα βιομηχανικών ήλεκτρονικών. Στούς ένισχυτές χαμηλῶν συχνότητων, στούς όποιους μᾶς ένδιαφέρει ή πιστότητα στήν απόδοσή τους, χρησιμοποιοῦμε τήν τάξη Α σέ ἀπλά κυκλώματα μέ μιᾷ βαθμίδα καί τήν τάξη Β σέ κυκλώματα, στά όποια συνεργάζονται δύο βαθμίδες. Ἐπίσης συναντᾶται συχνά καί ή τάξη ΑΒ, πού είναι μιᾷ ένδιάμεση κατάσταση λειτουργίας τών ένισχυτῶν μεταξύ τῶν τάξεων Α καί Β. Στά διαγράμματα τοῦ σχήματος 32.1α φαίνονται οι τάξεις Α, Β καί ΑΒ, πού χρησιμοποιούμε στούς ένισχυτές ισχύος γιά χαμηλές συχνότητες.

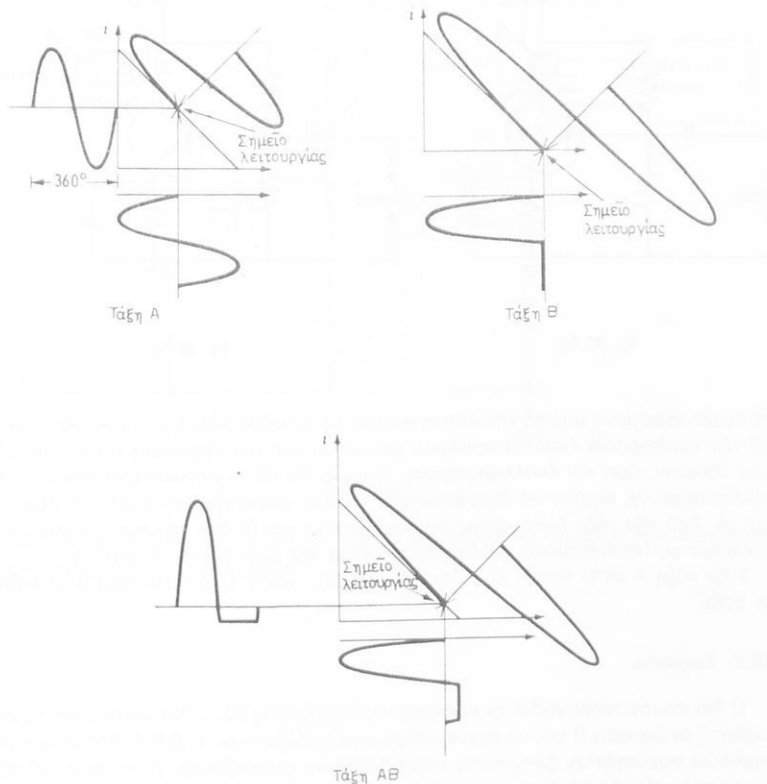
Στά διαγράμματα αυτά:

α) Στήν τάξη Α, τό σῆμα εισόδου ἐμφανίζεται ένισχυμένο στήν έξοδο χωρίς καμιᾶ ἀλλαγὴ στή μορφή του, γιατί δουλεύομε στή μέση τῆς δυναμικῆς χαρακτηριστικῆς μέ κανονική πώλωση καί κανονική διέγερση.

β) Στήν τάξη Β ἔχομε στήν έξοδο μόνο τό μισό σῆμα εισόδου, δηλαδή τό θετικό παλμό, γιατί ή βαθμίδα είναι πολωμένη σέ δυναμικό ἀποκοπῆς καί φυσικά αυτό σημαίνει παραμόρφωση.

γ) Στήν τάξη ΑΒ ἔχομε στήν έξοδο λίγο περισσότερο ἀπό τό μισό τῆς τάσεως εισόδου, δηλαδή καί ἐδῶ ἐμφανίζεται παραμόρφωση.

Οι τάξεις Β καί ΑΒ χρησιμοποιοῦνται πολύ στούς ένισχυτές ισχύος, γιατί παρέχουν μεγαλύτερο βαθμό ἀποδόσεως. Οι ένισχυτές πού δουλεύουν στίς τάξεις αυτές ἀποτελοῦνται ἀπό δύο βαθμίδες, οι όποιες συνεργάζονται μέ τέτοιο τρόπο, πού ή μία συμπληρώνει τήν ἄλλη καί οι δύο μαζί εξασφαλίζουν στήν έξοδο πιστή ἀναπαραγωγή τῆς διεγέρσεως. Κυκλώματα τέτοιων ένισχυτῶν εξετάζονται στίς δύο ἐπόμενες ἀσκήσεις.



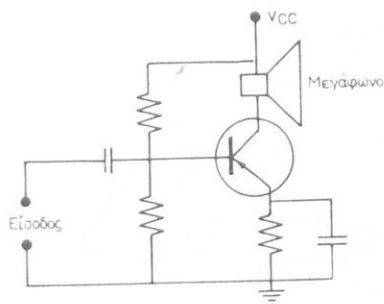
Σχ. 32.1α.

Σέ βαθμίδες Ισχύος, από τίς όποιες ζητάμε μικρή ισχύ στην έξοδο, όπως π.χ. στά μικρά ραδιόφωνα μέ τρανζίστορ καί στούς μικρούς ένισχυτές στά ηλεκτρόφωνα, χρησιμοποιούμε άπλά κυκλώματα μέ ένα τρανζίστορ πού δουλεύει σέ τάξη Α.

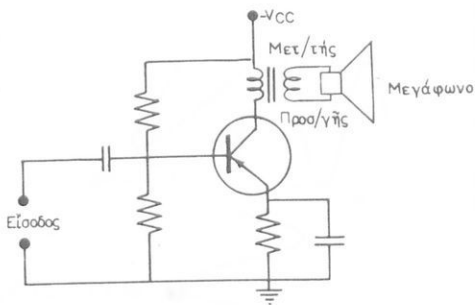
Στά κυκλώματα τών σχημάτων 32.1β καί 32.1γ φαίνονται δύο συνδεσμολογίες ένισχυτῶν Ισχύος μέ μία άπλή βαθμίδα.

Τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 32.1β χρησιμοποιείται σέ ένισχυτές μέ μικρή ισχύ στην έξοδο, π.χ. 50 - 100 mW (τόση ισχύ δίνουν όλα τά μικρά ραδιόφωνα). Ἐπίσης σέ αὐτό τό κύκλωμα τό μεγάλφωνο έχει μεγάλη αντίσταση γι' αὐτό καί συνδέεται ἀπ' εὐθείας χωρίς μετασχηματιστή. Στό κύκλωμα τοῦ σχήματος 32.1γ τό μεγάλφωνο έχει μικρή αντίσταση καί ὁ μετασχηματιστής ἐξασφαλίζει τήν προσαρμογή.

Βασικά σέ έναν ένισχυτή ισχύος ἐπιδιώκομε νά πάρουμε στην έξοδο ὅσο τό δυνατό μεγαλύτερη ισχύ ἐναλλασσόμενης μορφῆς, σέ σχέση μέ τήν ισχύ πού καταναλώνομε καί πού τήν παρέχουν οἱ πηγές συνεχούς. Τή μετατροπή τῆς συνεχούς



Σχ. 32.1β.



Σχ. 32.1γ.

σέ έναλλασσόμενη μορφή τήν επίτυγχάνομε μέ τό σήμα είσόδου, τό όποιο προκα-
λει τήν κυκλοφορία έναλλασσομένων ρευμάτων καί τήν εμφάνιση έναλλασσομέ-
νων τάσεων, άρα καί έναλλασσόμενης ισχύος. Τό πόσο μεγαλύτερο ποσοστό έ-
ναλλασσόμενης ισχύος θά έξασφαλίσομε σέ ένα συγκεκριμένο κύκλωμα έξαρτά-
ται: α) 'Από τήν τάξη λειτουργίας πού δουλεύομε καί β) άπό τήν προσαρμογή του
κυκλώματος (προσαρμογή έξόδου τρανζίστορ καί μεγαφώνου-φορτίου).

Στήν τάξη Α στήν πράξη ή άπόδοση είναι 20 - 25%, ενώ στήν τάξη Β φτάνομε
τό 50%.

32.2 Έργασία.

1) Νά συνδεσμοποιηθεί τό κύκλωμα του σχήματος 32.2. Νά ρυθμίσετε τή με-
ταβλητή αντίσταση R γιά νά έχετε ρεύμα στό συλλέκτη $I_C = 0,5 \text{ A}$. Μέ γεννήτρια
χαμηλών συχνοτήτων οδηγήσετε σήμα 1000 Hz στήν είσοδο. Τό πλάτος του σή-
ματος στήν είσοδο νά είναι τέτοιο, ώστε νά μήν παραμορφώνεται τό σήμα στήν έ-
ξοδο. Τήν παραμόρφωση στό σήμα έξόδου τήν παρατηρούμε μέ παλμογράφο στά
σημεία Α - Β.

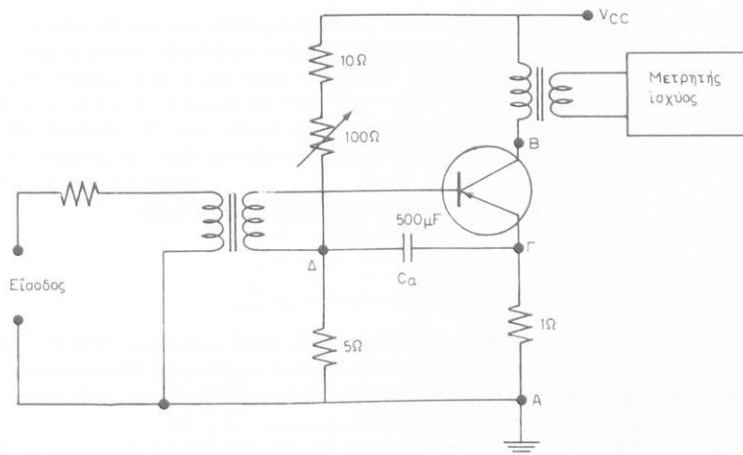
Μετρήσετε τήν τάση στήν έξοδο (μέγιστη τιμή πρίν άπό τήν παραμόρφωση) καί
τήν αντίστοιχη τάση στήν είσοδο. 'Υπολογίσετε τήν ένίσχυση τάσεως του ένισχυ-
τή καί σχολιάσετε τήν τιμή της.

2) Στο ίδιο κύκλωμα: α) Μετρήσετε τήν τάση στά άκρα του πυκνωτή C_a , σημεία
Γ - Δ. β) 'Αποσυνδέσετε τόν C_a καί ρυθμίσετε τήν τάση έξόδου της γεννήτριας,
ώστε νά έπικρατεί ή ίδια τάση στά σημεία Γ - Δ. γ) Μετρήσετε τό ρεύμα (έναλλασ-
σόμενο) στόν έκπομπό καί τή βάση. δ) 'Υπολογίσετε τήν άπολαβή ρεύματος του έ-
νισχυτή.

3) Μέ τόν πυκνωτή C_a στό κύκλωμα μετρήσετε τήν ισχύ είσόδου καί τήν ισχύ
έξόδου καί υπολογίσετε τήν άπολαβή ισχύος.

4) Ποιός ό ρόλος του πυκνωτή C_a στό κύκλωμα;

5) 'Υπολογίσετε τήν κατανάλωση ισχύος στό τρανζίστορ ($V_{CC} \cdot I_C$) καί προσ-
διορίσετε τό βαθμό άποδόσεως της βαθμίδας.



Σχ. 32.2.

6) Νά υποδείξετε τρόπο με τον οποίο μπορούμε να ορίσουμε την κατάσταση προσαρμογής του κυκλώματος.

ΑΣΚΗΣΗ 33

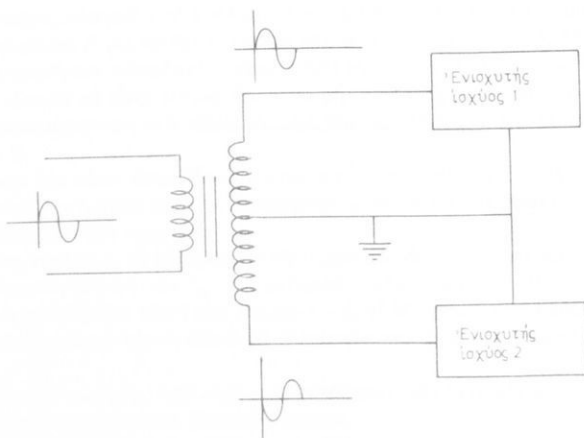
ΕΝΙΣΧΥΤΕΣ ΙΣΧΥΟΣ ΜΕ ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΗ ΕΞΟΔΟ PUSH - PULL

33.1 Γενικά.

Όπως είδαμε στην προηγούμενη άσκηση (32), όταν δουλεύουμε έναν ενισχυτή σε τάξη Β, το σήμα που εφαρμόζεται στην είσοδό του βγαίνει παραμορφωμένο στην έξοδό του, αφού μόνο ή μία ήμιπερίοδος (ή θετική) ενισχύεται, ενώ ή άλλη (ή αρνητική) αποκόπτεται.

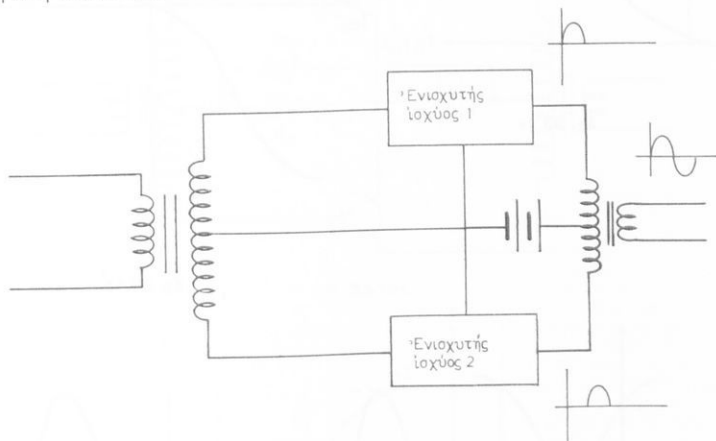
Στήν τάξη Β έχουμε αύξηση (διπλασιασμό) της αποδόσεως και συμφέρει να την χρησιμοποιούμε. Για να αντιμετωπίσουμε όμως το πρόβλημα της παραμορφώσεως που προκαλείται από την αποκοπή της αρνητικής ήμιπεριόδου του σήματος που θέλουμε να ενισχύσουμε, δουλεύουμε με δύο βαθμίδες οι οποίες τροφοδοτούνται με σήματα που έχουν ίδιο πλάτος, αλλά με διαφορά φάσεως 180° .

Στο κύκλωμα του σχήματος 33.1α ο μετασχηματιστής εισόδου έχει συμμετρικό δευτερεύον (δύο τυλίγματα με αντίθετη περιέλιξη, γειωμένη ή μέση του όλου τυλίγματος) και οδηγεί στις εισόδους των δύο βαθμίδων του ενισχυτή ισχύος δύο σήματα με διαφορά φάσεως 180° . Τα τυλίγματα έχουν τον ίδιο αριθμό σπειρών και παρέχουν τάσεις με το ίδιο πλάτος.



Σχ. 33.1α.

Τά σήματα αυτά με διαφορά φάσεως 180° ενισχυόμενα, αποδίδονται στην έξοδο των δύο βαθμίδων όπου υπάρχει κατάλληλος μετασχηματιστής. Ο μετασχηματιστής εξόδου έχει συμμετρικό πρωτεύον και απλό δευτερεύον (αντίθετα από το μετασχηματιστή εισόδου) και δίνει το ενισχυμένο σήμα με δύο παλμούς, έναν από κάθε βαθμίδα. Οι δύο παλμοί βγαίνουν από τις δύο βαθμίδες που ενισχύουν τα δύο σήματα, τα οποία διαφέρουν μεταξύ τους κατά 180° . Στο σχήμα 33.1β φαίνεται η όλη διαδικασία.



Σχ. 33.1β.

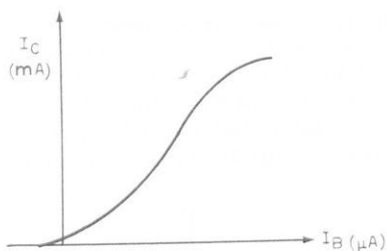
Στό κάθε μισό πρωτεύον τύλιγμα έχουμε από ένα θετικό παλμό με διαφορά φάσεως μεταξύ τους 180° . Στο δευτερεύον, που τροφοδοτεί το μεγάφωνο, έχουμε πλήρη αναπαραγωγή του σήματος εισόδου.

Τό κύκλωμα που περιγράψαμε είναι ενισχυτής ισχύος με συμμετρική έξοδο και περισσότερο αναφέρεται σαν κύκλωμα Push - Pull (Push = σπρώχνω, Pull = τραβώ), γιατί όταν η μία βαθμίδα εργάζεται και δίνει το θετικό παλμό, η άλλη βρίσκεται σε άποκοπή (πώλωση σε τάξη Β). Όταν έρχεται ο αρνητικός παλμός και προκαλεί άποκοπή στην πρώτη βαθμίδα, εργάζεται η δεύτερη.

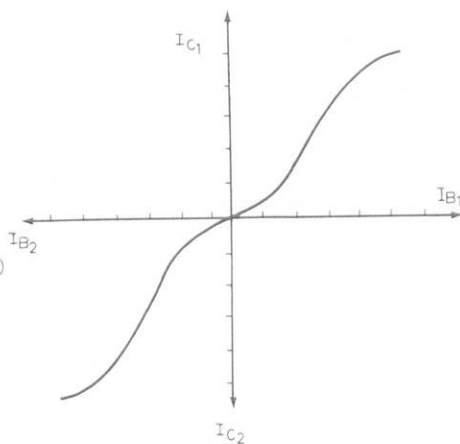
Γραφικά η διαδικασία της συνεργασίας των δύο βαθμίδων φαίνεται στα σχήματα 33.1γ, 33.1δ και 33.1ε.

Στό σχήμα 33.1γ φαίνεται η δυναμική χαρακτηριστική της μίας βαθμίδας. Η δυναμική χαρακτηριστική καμπύλη των δύο βαθμίδων που συνεργάζονται προκύπτει από τη συνένωση των χαρακτηριστικών των δύο βαθμίδων που δουλεύουν με διαφορά φάσεως 180° (σχ. 33.1δ). Στο σχήμα 33.1ε φαίνεται η κυματομορφή εξόδου της διατάξεως των δύο βαθμίδων, όταν στην είσοδό τους εμφανίζεται ημιτονικό σήμα (υποτίθεται ότι τα δύο τρανζίστορ έχουν ακριβώς τα ίδια χαρακτηριστικά).

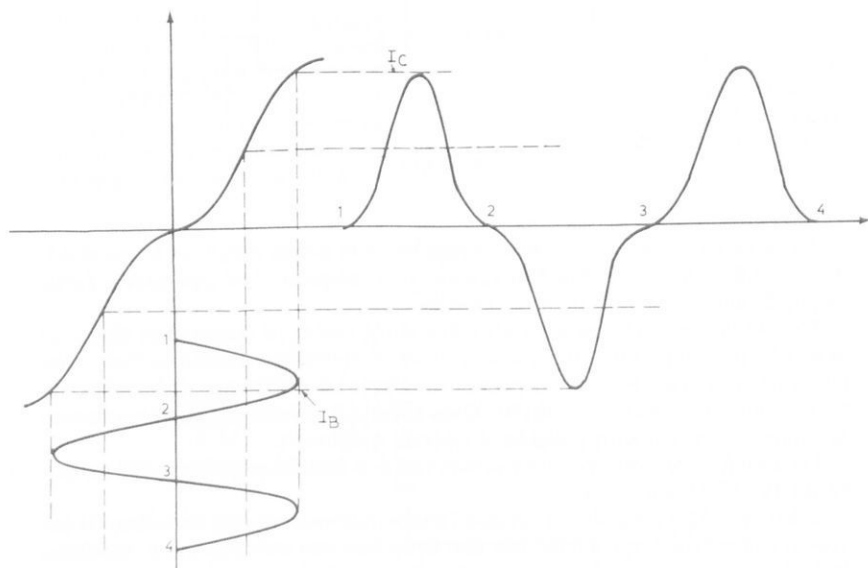
Από τα διαγράμματα (σχ. 33.1δ και 33.1ε) βλέπουμε ότι στα σημεία συνενώ-



Σχ. 33.1γ.



Σχ. 33.1δ.

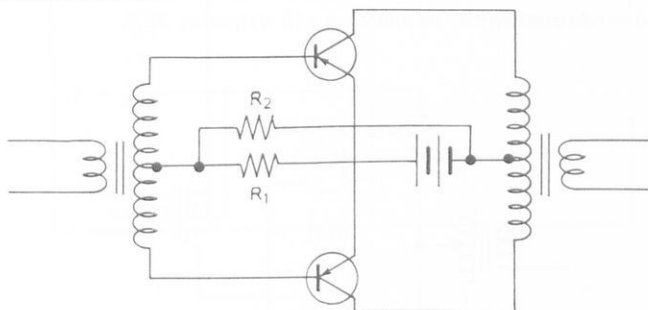


Σχ. 33.1ε.

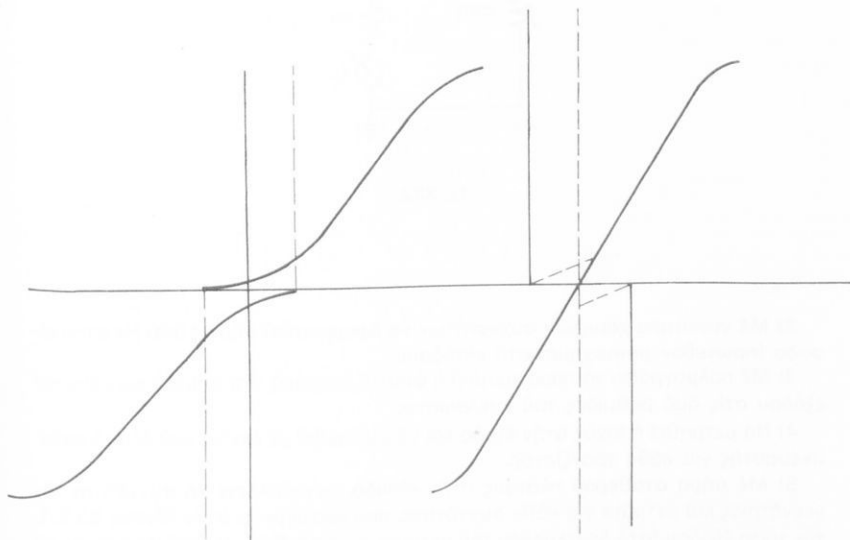
σεως τῶν δύο χαρακτηριστικῶν παρουσιάζεται παραμόρφωση. Ἡ παραμόρφωση διασταυρώσεως, ὅπως λέγεται, περιορίζεται μέ τήν ἐφαρμογή μιᾶς μικρῆς πολώσεως στά τρανζίστορ τοῦ ἐνισχυτῆ Push - Pull.

“Ένα κύκλωμα ένισχυτῆ Push - Pull μὲ μικρὴ πόλωση ὀρθῆς φορᾶς μεταξύ βάσεως - ἔκπομποῦ φαίνεται στὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 33.1στ.

Οἱ ἀντιστάσεις R_1 καὶ R_2 ἀποτελοῦν ἓνα διαιρέτη τάσεως. Ἡ τάση στὰ ἄκρα τῆς R_1 εἶναι καὶ ἡ τάση πολώσεως τῶν δύο τρανζίστορ πού περιορίζει τὴν παραμόρφωση δασταυρώσεως.



Σχ. 33.1στ.



Σχ. 33.1ζ.

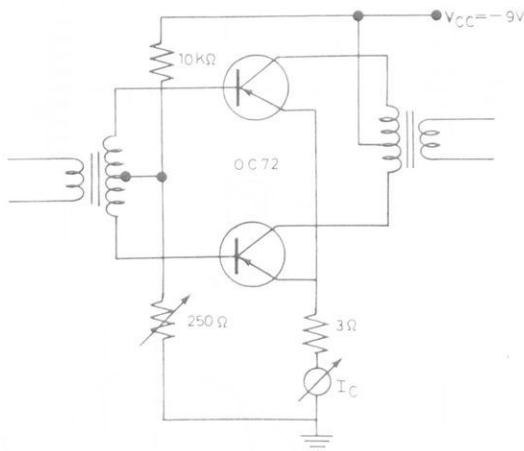
Σχ. 33.1η.

Στὸ σχῆμα 33.1ζ φαίνεται ἡ δυναμικὴ χαρακτηριστικὴ τῶν δύο συνεργαζομένων τρανζίστορ γιὰ μηδενικὴ πόλωση καὶ στὸ σχῆμα 33.1η ἡ τελικὴ δυναμικὴ

χαρακτηριστική που παρουσιάζουν οι δύο βαθμίδες, όταν εφαρμόζεται μικρή πόλωση και αποκόπτονται τα καμπύλα τμήματα.

33.2 Έργασία.

- 1) Νά συνδεσμολογηθεί το κύκλωμα του σχήματος 33.2.



Σχ. 33.2.

2) Με γεννήτρια χαμηλών συχνοτήτων νά εφαρμοσθεί σήμα 1000 Hz στην είσοδο (πρωτεύον μετασχηματιστή είσοδου).

3) Με παλμογράφο νά παρατηρηθεί ή φασική διαφορά στα σήματα είσοδου και έξοδου στις δυό βαθμίδες του κυκλώματος.

4) Νά μετρηθεί ή ισχύς στην έξοδο και νά συγκριθεί με εκείνη που δίνει ο κατασκευαστής για κάθε τρανζίστορ.

5) Με σήμα σταθερού πλάτους στην είσοδο, μεταβάλλετε τή συχνότητα της γεννήτριας και μετράτε για κάθε συχνότητα, που αναφέρεται στον Πίνακα 33.2.1, τήν τάση εξόδου (στο δευτερεύον του μετασχηματιστή εξόδου). Συμπληρώσετε τή σχετική στήλη (U_a) του Πίνακα 33.2.1.

6) Νά υπολογίσετε τήν ισχύ εξόδου $P_a = \frac{U_a^2}{R_L}$ (λάβετε $R_L = 30 \Omega$), για κάθε

U_a και νά συμπληρώσετε τήν τρίτη στήλη του πίνακα.

7) Χαράξετε τήν καμπύλη P_a (βάττ)/f (Hz) και σχολιάσετε τή μορφή της.

ΠΙΝΑΚΑΣ 33.2.1.

$u_a = \text{σταθερή} = \dots \text{βόλτ}$		
f (Hz)	u_a (βόλτ)	$P_a = \frac{u_a^2}{R_L} \quad (R_L = 30 \Omega)$
20		
50		
100		
200		
500		
1000		
2000		
5000		
10.000		
20.000		

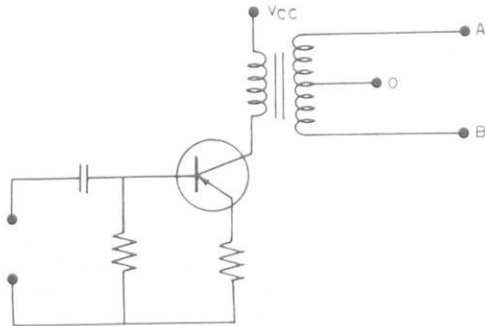
ΑΣΚΗΣΗ 34

ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΑΝΑΣΤΡΟΦΗΣ ΦΑΣΕΩΣ

34.1 Γενικά.

Στούς ένισχυτές ισχύος με συμμετρική έξοδο (Push - Pull), πού εξετάσαμε στην προηγούμενη άσκηση (33), είδαμε ότι απαραίτητη προϋπόθεση λειτουργίας τους είναι η διαφορά φάσεως πού πρέπει να έχουν τα σήματα εισόδου στις δύο συνεργαζόμενες βαθμίδες οι οποίες αποτελούν το κύκλωμα Push - Pull. Τα σήματα εισόδου πρέπει ακόμη να έχουν και το ίδιο πλάτος.

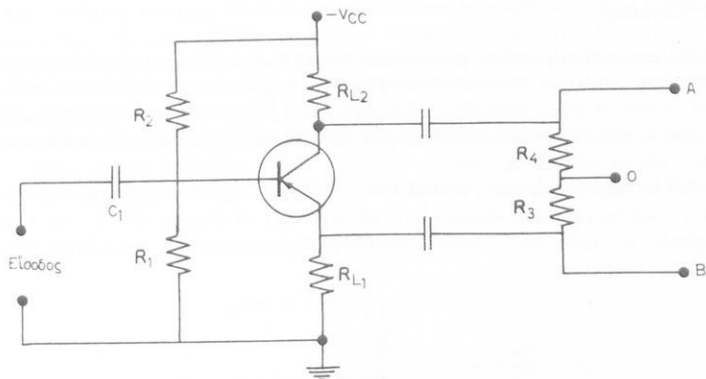
Η πιο απλή συνδεσμολογία για να εξασφαλίσουμε και τις δύο αυτές προϋποθέσεις, δηλαδή ίδιο πλάτος και διαφορά φάσεως 180° , είναι αυτή πού φαίνεται στο σχήμα 34.1α.



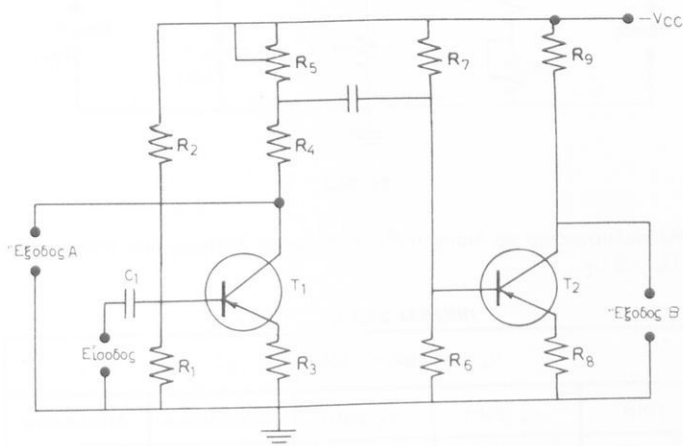
Σχ. 34.1α.

Τά μειονεκτήματα όμως πού παρουσιάζει ο μετασχηματιστής, όπως το μεγάλο κόστος και κυρίως η όχι καλή καμπύλη απόκρισης για τις χαμηλές συχνότητες της περιοχής των ακουστικών πού θέλουμε να ένισχύσουμε, οδήγησαν στη χρησιμοποίηση άλλων κυκλωμάτων (σχ. 34.1β και 34.1γ).

Με τη συνδεσμολογία αυτή (σχ. 34.1β) παίρνουμε σήμα από το συλλέκτη και από τον έκπομπο πού διαφέρουν μεταξύ τους κατά 180° . Με κατάλληλες τιμές στις αντίστασεις φορτίου R_{L1} και R_{L2} εξασφαλίζουμε και το ίδιο πλάτος. Οι τιμές των R_{L1} και R_{L2} εξαρτώνται από τα ρεύματα συλλέκτη και έκπομπού.



Σχ. 34.1β.



Σχ. 34.1γ.

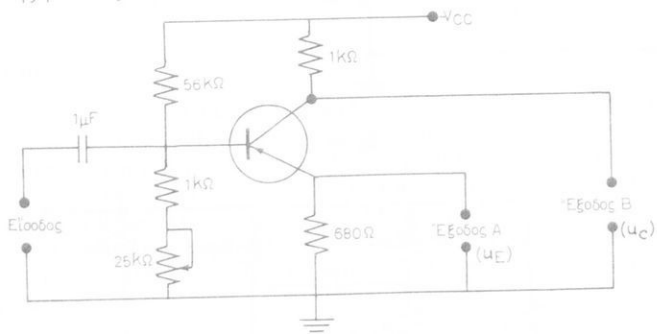
Στό σχήμα 34.1γ χρησιμοποιούμε δύο βαθμίδες, από τις εξόδους των οποίων, Α και Β, παίρνουμε τα δύο σήματα που θέλουμε. Τό σήμα είσοδου εφαρμόζεται στη βάση της πρώτης βαθμίδας (T_1), ενισχύεται και τό παίρνουμε στο συλλέκτη με διαφορά φάσεως 180° . Τό σήμα εξόδου αυτής της βαθμίδας, διαμοιράζεται στις αντιστάσεις R_4 καί R_5 που αποτελούν τό φορτίο. Μέ τή ρύθμιση της R_5 δίνουμε στή βάση της δεύτερης βαθμίδας (T_2) τό κατάλληλο πλάτος (σήμα) γιά νά πάρομε στήν έξοδο πλάτος ίσο μέ εκείνο που έχουμε στήν έξοδο της πρώτης βαθμίδας.

Στήν πράξη συναντῶνται πολλές παραλλαγές των βασικών αυτών κυκλωμάτων.

34.2 Έργασία.

1) Νά συνδεσμολογηθεί τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 34.1α (μέ μετασχηματιστή ἀναστροφῆς φάσεως). Μέ γεννήτρια χαμηλῶν συχνοτήτων στήν εἰσοδο, νά ἐφαρμοσθεῖ σταθερό σῆμα στή συχνότητα τῶν 1000 Hz καί νά παρατηρηθοῦν μέ παλμογράφο τά σήματα στίς δύο ἐξόδους. Νά ἐλεγχθοῦν: α) Ἡ διαφορά φάσεως μεταξύ τους καί β) τό πλάτος τους.

2) Νά συνδεσμολογηθεί τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 34.2. Μέ γεννήτρια στούς 1000 Hz νά διεγερθεῖ ἡ εἰσοδος καί νά μετρηθεῖ τό πλάτος τῶν U_E καί U_C . Νά ἐλεγχθοῦν οἱ τιμές τους, ὅταν μεταβάλλεται ἡ ρυθμιστική ἀντίσταση στό κύκλωμα τῆς βάσεως.



Σχ. 34.2.

3) Μέ παλμογράφο νά διαπιστωθεῖ ἡ διαφορά φάσεως πού παρουσιάζουν οἱ τάσεις U_E καί U_C .

ΠΙΝΑΚΑΣ 34.2.1.

u_{in} = σταθερή = ... βόλτ				
f (Hz)	u_E (βόλτ)	u_C (βόλτ)	ΑΠΟΛΑΒΗ Α	ΑΠΟΛΑΒΗ Β
20				
50				
100				
200				
500				
1.000				
2.000				
5.000				
8.000				
10.000				
15.000				
18.000				
20.000				

4) Με σταθερή τήν τάση εισόδου (τάση που δίνει η γεννήτρια), να μεταβάλλετε τή συχνότητα στίς τιμές του Πίνακα 34.2.1. Λάβετε τίσ τιμές των U_E και U_C για κάθε μεταβολή τής συχνότητας και συμπληρώσετε τίσ σχετικές στήλες του πίνακα.

5) Ύπολογίσετε τήν άπολαβή για κάθε περίπτωση (για τίσ δύο εξόδους Α και Β) και συμπληρώσετε τίσ δύο τελευταίες στήλες του πίνακα.

6) Χαράξτε τίσ καμπύλες άποκρίσεως για τίσ τάσεις (άπολαβή) που έχετε άπό τίσ δύο εξόδους τής βαθμίδας.

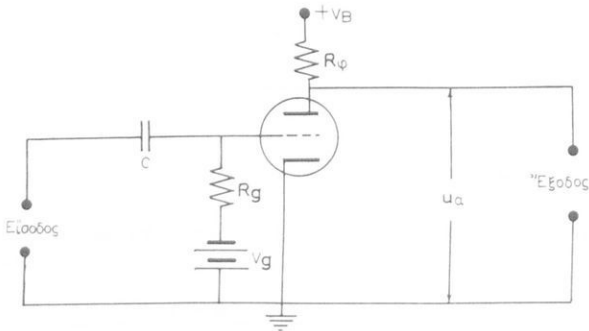
7) Ποιά σχέση πρέπει να υπάρχει στίς δύο καμπύλες και πώς μπορεί να εξασφαλισθεί;

ΑΣΚΗΣΗ 35

ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΣΕ ΤΑΞΗ Α

35.1 Γενικά.

Στό σχήμα 35.1α φαίνεται το κύκλωμα μιᾶς λυχνίας ἐνισχύτριας τάσεως. Ἡ λυχνία εἶναι τριόδος καὶ τὸ φορτίο της εἶναι ἀντίσταση R_{ϕ} , συνδεδεμένη μεταξύ ἀνόδου καὶ πηγῆς. Ὑπάρχει ἐπίσης μιὰ ἀντίσταση πλέγματος R_g , συνδεδεμένη σὲ σειρά μὲ τὴν πηγὴ πολώσεως V_g . Ὁ πυκνωτὴς C ὁδηγεῖ τὸ σῆμα εἰσόδου U_g στὸ πλέγμα τῆς λυχνίας.



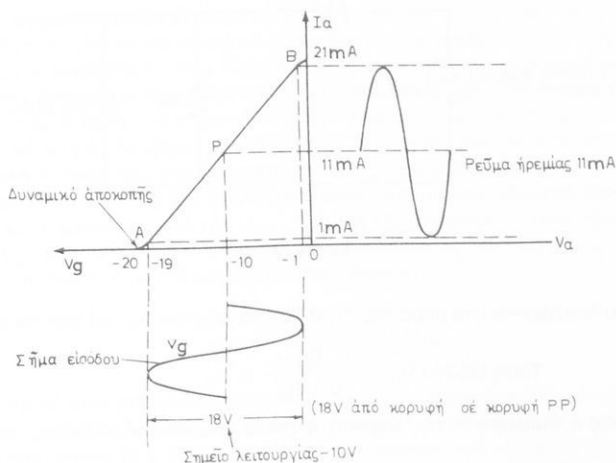
Σχ. 35.1α.

Ἡ τάξη λειτουργίας τῆς ἐνισχυτικῆς βαθμίδας ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν πόλωση V_g . Ἐνας ἐνισχυτὴς λέμε ὅτι ἐργάζεται σὲ τάξη Α ὅταν ἔχει τέτοια πόλωση στὸ πλέγμα, ὥστε μὲ τὴν ἐπιβολὴ τῆς διεγέρσεως νὰ κυκλοφορεῖ ρεῖμα ἀνόδου χωρὶς διακοπὴ σὲ ὅλη τὴ διάρκεια τῆς διεγέρσεως.

Οἱ ἐνισχυτὲς τάσεως χαμηλῆς συχνότητος δουλεῦν πάντοτε σὲ τάξη Α (βλέπε Ἀσκηση 32, Ἐνισχυτὲς ἰσχύος).

Ἡ πόλωση V_g τοῦ πλέγματος καθορίζει τὸ σημεῖο λειτουργίας τῆς ἐνισχύτριας λυχνίας. Ἐστω, π.χ. ἡ χαρακτηριστικὴ V_g/I_a (τάσεως πλέγματος - ρεύματος ἀνόδου) τῆς λυχνίας (σχ. 35.1β).

Ἡ καμπύλη αὐτὴ δείχνει ὅτι ἡ πόλωση τῆς λυχνίας ἔχει ρυθμισθεῖ στὰ -10 βόλτ καὶ ὅτι τὸ πλάτος τοῦ σήματος εἰσόδου μεταβάλλεται γύρω ἀπὸ τὸ δυναμικὸ αὐτό. Τὸ σημεῖο λειτουργίας ἀντιστοιχεῖ σὲ πόλωση -10 βόλτ.



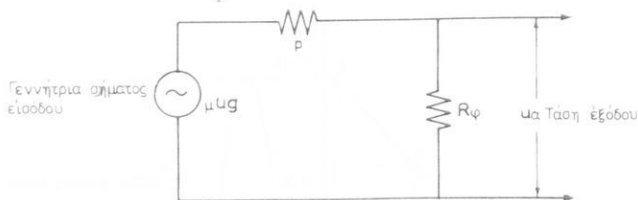
Σχ. 35.1β.

Τό ευθύγραμμο τμήμα της χαρακτηριστικής καμπύλης είναι μεταξύ A και B. Στο σημείο A ή τάση πλέγματος καθόδου είναι -19 βόλτ και τό ρεύμα ανόδου 1 mA. Στο σημείο B ή τάση πλέγματος - καθόδου είναι -1 βόλτ και τό ρεύμα ανόδου 21 mA. Τό σημείο λειτουργίας P της λυχνίας έχει εκλεγεί στή μέση τοῦ εὐθυγράμμου τμήματος τῆς χαρακτηριστικῆς V_g / I_a , στό σημείο αὐτό ἀντιστοιχεί ρεύμα ανόδου 11 mA.

Ἄν δέν ὑπάρχει σῆμα στήν εἴσοδο, ἡ τάση πλέγματος - καθόδου (πώλωση) εἶναι -10 βόλτ καί τό ρεύμα ανόδου 11 mA. Τό ρεύμα αὐτό λέγεται «ρεύμα ἡρεμίας» τῆς λυχνίας. Ἄν, ὅμως, ἐφαρμοσθεῖ στό πλέγμα ἡμιτονικό σῆμα πλάτους, π.χ. 18 βόλτ P-P (Peak to Peak = ἀπό κορυφή σέ κορυφή), τό σῆμα αὐτό μεταβάλλει τό δυναμικό πλέγματος - καθόδου ἀπό -10 ὡς -1 βόλτ στή θετική ἐναλλαγή καί ἀπό -10 ὡς -19 βόλτ στήν ἀρνητική. Τό ἀνοδικό ρεύμα τῆς λυχνίας μεταβάλλεται τότε ἡμιτονικά μεταξύ 1 καί 21 mA.

Ἄν τό πλάτος τοῦ σήματος εἰσόδου εἶναι μεγαλύτερο ἀπό 20 βόλτ (P-P), ἡ λυχνία θά βρῖσκεται σέ ἀποκοπή στό τμήμα ἐκεῖνο τῆς ἀρνητικῆς ἐναλλαγῆς τοῦ σήματος εἰσόδου, στό ὁποῖο τό δυναμικό πλέγματος - καθόδου γίνεται ἀρνητικότερο ἀπό -20 βόλτ. Καί ἐπειδὴ ἡ περίπτωση νά δουλεῦει ἡ λυχνία σέ ἀποκοπή **δέν πρέπει νά παρουσιάζεται σέ ἐνισχυτή τάξεως A**, γι' αὐτό τό πλάτος τοῦ σήματος εἰσόδου πρέπει νά περιορίζεται, τό πολύ, σέ 20 βόλτ P-P. Ἀκόμη γιά νά μή δημιουργεῖται παραμόρφωση στά καμπύλα τμήματα τῆς χαρακτηριστικῆς V_g / I_a , τό πλάτος τοῦ σήματος εἰσόδου περιορίζεται στά -18 βόλτ (P-P).

Τό ἰσοδύναμο κύκλωμα μιᾶς τριόδου ἐνισχυτῆς (σχ. 35.1γ) περιλαμβάνει γεννήτρια μέ σῆμα πλάτους μ . U_g , τήν ἐσωτερική ἀντίσταση ρ τῆς λυχνίας καί τήν ἀντίσταση φόρτου R_Φ σέ σειρά μέ τήν ρ . U_g εἶναι ἡ τάση τοῦ σήματος τοῦ ἐφαρμοζομένου στό πλέγμα τῆς λυχνίας καί μ εἶναι ὁ συντελεστής ἐνισχύσεως. Ἡ τά-



Σχ. 35.1γ.

ση εξόδου λαμβάνεται στα άκρα της αντίστασης φόρτου R_ϕ και ισούται μέ:

$$\text{Τάση εξόδου } U_a = \frac{R_\phi}{\rho + R_\phi} \mu \cdot U_g$$

Συνεπώς η απολαβή A της λυχνίας, η οποία δίνεται από τό λόγο:

$$A = \frac{U_a}{U_g}$$

βρίσκεται αν στον αριθμητή αντικατασταθεί τό U_a :

$$\text{Απολαβή } A = \frac{\frac{R_\phi}{\rho + R_\phi} \mu \cdot u_g}{u_g} = \frac{\mu \cdot R_\phi}{\rho + R_\phi}$$

(Βασική σχέση ύπολογισμού της απολαβής σε τρίοδο λυχνία).

Αν ό αριθμητής και ό παρονομαστής του δευτέρου μέλους διαιρεθούν μέ τήν R_ϕ θά έχομε:

$$A = \frac{\mu}{\frac{\rho}{R_\phi} + 1} \quad (1)$$

Είναι φανερό ότι τό κύκλωμα στό δεύτερο μέλος της (1) θά είναι τόσο μεγαλύτερο (καί ή απολαβή τόσο μεγαλύτερη), όσο ό παρονομαστής $(\frac{\rho}{R_\phi} + 1)$ είναι μικρότερος, δηλαδή όσο μεγαλύτερη είναι ή αντίσταση φόρτου R_ϕ σε σύγκριση μέ τήν έσωτερική αντίσταση ρ της λυχνίας. Η R_ϕ όμως δέν μπορεί νά αύξηθει σε πολύ μεγάλες τιμές, γιατί τότε ή τάση άνόδου - καθόδου της λυχνίας ελαττώνεται καί δημιουργείται παραμόρφωση του σήματος εξόδου.

Η σχέση (1) δείχνει επίσης ότι όσο μεγαλύτερος είναι ό συντελεστής ένισχύσεως μ , τόσο μεγαλύτερη είναι ή ένίσχυση (άπολαβή) της βαθμίδας.

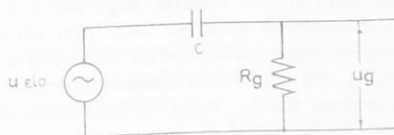
Τά ήχητικά κύματα μετατρέπονται σε μεταβαλλόμενες ήλεκτρικές τάσεις (τάσεις σημάτων χαμηλής συχνότητας) μέ τή βοήθεια του μικροφώνου. Η άκουστική πε-

ριοχή των σημάτων αυτών είναι από 20 ως 16.000 Hz. Ἡ ἐνίσχυση τάσεως χαμηλῆς συχνότητας γίνεται μέ ἐνισχυτικές διατάξεις πού ἐργάζονται σέ τάξη Α.

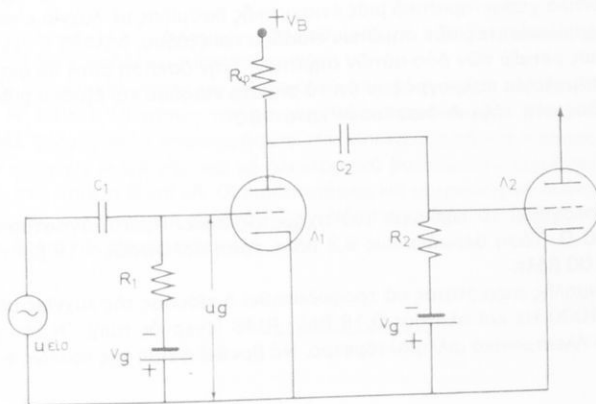
Τά σήματα ἐναλλασσόμενης τάσεως, τά ὁποῖα πρόκειται νά ἐνισχυθοῦν, ὁδηγοῦνται στή βαθμίδα ἐνισχύσεως συνήθως μέσω πυκνωτῆ. Στό ἀρχικό κύκλωμα τῆς ἀσκήσεως ἡ τάση τοῦ σήματος εἰσόδου ἐφαρμόζεται στά στοιχεῖα C καί R_g πού εἶναι σέ σειρά. Τό σῆμα, πού ἐφαρμόζεται στό πλέγμα τῆς λυχνίας, εἶναι τό U_g , δηλαδή ἡ τάση πού ἀναπτύσσεται στήν R_g . Εἶναι φανερό ὅτι ὁ C καί ἡ R_g σχηματίζουν ἕνα διαιρέτη τῆς ἐναλλασσόμενης τάσεως τοῦ σήματος εἰσόδου καί ὅτι ἡ U_g εἶναι μικρότερη ἀπό τήν $U_{εἰσ}$, ἐξαιτίας τῆς πτώσεως τάσεως πάνω στό C. Ἡ τάση U_g ἐξαρτᾶται ἀπό τήν τιμή τῆς ἀντιστάσεως R_g καί τῆς χωρητικῆς ἀντιστάσεως X_C τοῦ πυκνωτῆ C καί δίνεται ἀπό τή σχέση:

$$u_g = \frac{R_g}{\sqrt{R_g^2 + X_C^2}} \cdot U_{εἰσ}$$

Ἡ χωρητική ἀντίσταση τοῦ πυκνωτῆ $X_C = 1/C\omega$, ἐξαρτᾶται ἀπό τή συχνότητα τοῦ σήματος εἰσόδου καί ἀπό τή χωρητικότητα τοῦ C. Ὄταν τό σῆμα εἰσόδου εἶναι χαμηλῆς συχνότητας (π.χ. 100 Hz ἢ 40 Hz), ἡ ἀντίσταση τοῦ πυκνωτῆ εἶναι μεγάλη καί συνεπῶς ἀπομένει μικρό πλάτος σήματος U_g γιά νά ὁδηγηθεῖ στό πλέγμα τῆς λυχνίας. Ἀντίθετα, ὅταν τό σῆμα εἰσόδου εἶναι ὑψηλῆς σχετικᾶ συχνότητας (π.χ. πλάτος ἀπό 1000 Hz καί ἄνω), ἡ ἀντίσταση τοῦ C εἶναι μικρή καί ἡ πτώση τάσεως τοῦ σήματος εἰσόδου στά ἄκρα του εἶναι ἀσήμαντη. Συνεπῶς, σχεδόν ὁλόκληρο τό σῆμα εἰσόδου ὁδηγεῖται στό πλέγμα τῆς λυχνίας (σχ. 35.1δ).

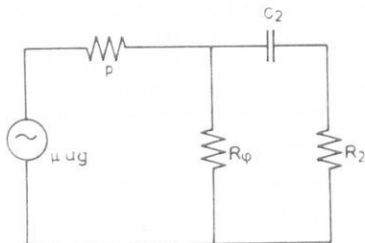


Σχ. 35.1δ.

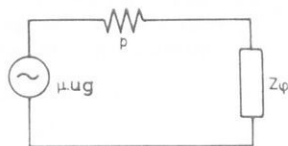


Σχ. 35.1ε.

Στό κύκλωμα του σχήματος 35.1ε ή λυχνία Λ_1 είναι ένισχύτρια τάσεως άκουστικών συχνοτήτων. Τό άκουστικό σήμα όδηγεΐται πρϊωτα στήν είσοδο τής Λ_1 , μέσω του C_1 καΐ τής R_1 . Ή τάση U_g του σήματος αύτου πού δρϊ στο πλέγμα τής Λ_1 , ένισχύεται καΐ έμφανΐζεται στα άκρα τής άνοδικής άντιστάσεως R_ϕ . Άκολούθως όδηγεΐται μέσω των C_2 καΐ R_2 στο πλέγμα τής έπόμενης λυχνίας Λ_2 .



Σχ. 35.1στ.



Σχ. 35.1ζ.

Τό ίσοδύναμο, σέ σχέση μέ τό έναλλασσόμενο ρεύμα, κύκλωμα τής λυχνίας Λ_1 πρέπει τώρα νά περιλαμβάνει τήν R_ϕ παράλληλα στα στοιχεΐα C_2 , R_2 (σχ. 35.1στ). Ή R_ϕ εΐναι ή αντίσταση φόρτου τής Λ_1 γϊα τό συνεχές. Ή όλικΐ αντίσταση φόρτου Z_ϕ γϊα τό έναλλασσόμενο ρεύμα άποτελεΐται από τήν R_ϕ παράλληλα στόν κλάδο $C_2 R_2$ (σχ. 35.1ζ).

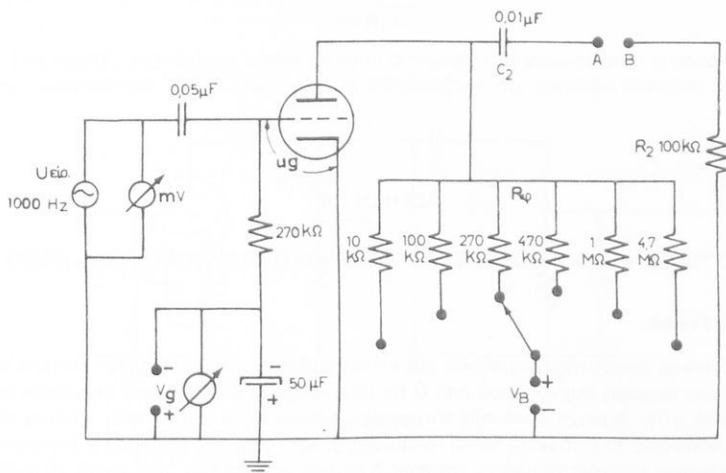
Ήν ό κλάδος $C_2 R_2$ έχει αντίσταση $Z_2 = 10$ ή περισσότερες φορές μεγαλύτερη τής R_ϕ , ή αντίσταση φόρτου στο συνεχές (R_ϕ) καΐ ή όλικΐ αντίσταση στο έναλλασσόμενο (Z_ϕ) θεωρϊνται πρακτικά ίσες. Άρα γϊα νά ύπολογΐσμε τήν ένίσχυση τής βαθμΐδας, θϊ πρέπει νά λάβομε ύπ' όψη μόνο τήν R_ϕ . Άν όμως ή Z_2 εΐναι μικρότερη από $10R_\phi$, θϊ πρέπει στόν ύπολογισμό τής ένισχύσεως νά λάβομε σάν όλικΐ αντίσταση φόρτου τήν Z_ϕ , πού εΐναι ίσοδύναμη μέ τΐς R_ϕ καΐ Z_2 όταν συνδένονται παράλληλα. Ή Z_ϕ θϊ εΐναι τότε, μικρότερη καΐ από τήν R_ϕ καΐ ή ένίσχυση θϊ εΐναι μικρότερη από ό,τι θϊ ήταν μέ αντίσταση φόρτου μόνον τήν R_ϕ .

Τέλος ένα σημαντικό χαρακτηριστικό μΐς ένισχυτικΐς βαθμΐδας μέ λυχνΐα εΐναι ή σχέση μεταξύ τΐς πολικϊτητας των σημάτων είσόδου καΐ έξόδου, δηλαδή ή σχετική διαφορά τάσεως μεταξύ των δύο αύτων σημάτων. Στήν άσκηση αύτΐ θϊ διαπιστωθεΐ μέ συνδεσμολογΐα παλμογράφου ότι τά σήματα είσόδου καΐ έξόδου μΐς ένισχυτικΐς βαθμΐδας στΐ τάξη Α διαφέρουν κατϊ 180° .

35.2 Έργασία.

1) Νϊ συνδεσμολογηθεΐ τό κύκλωμα του σχήματος 35.2. Πρϊωτη αντίσταση φόρτου R_ϕ 10.000 Ω. Τάση θερμάνσεως 6,3 βόλτ, τάση πολώσεως -16 βόλτ, τάση πηγΐς $V_B = 100$ βόλτ.

Μέ γεννήτρια χαμηλΐς συχνϊτητας νά τροφοδοτηθεΐ ή είσοδος τΐς λυχνΐας μέ σήμα συχνϊτητας 1000 Hz καΐ πλάτους 0,18 βόλτ RMS (ένεργός τιμή). Ή τάση αύτΐ έλέγχεται από ήλεκτρονικό μιλλιβολτόμετρο. Νϊ βρεθεΐ ή τιμή τΐς τάσεως έξόδου (P-P).



Σχ. 35.2.

2) Όδηγήσετε τά σημεία Α - γή στά κατακόρυφα πλακίδια παλμογράφου καί παρατηρήσετε καί σχεδιάσετε τό παλμογράφημα τοῦ σήματος ἐξόδου.

3) Μετρήσετε καί καταγράψετε τή συνεχή τάση μεταξύ ἀνόδου-καθόδου τῆς λυχνίας.

4) Όλες οἱ προηγούμενες παρατηρήσεις καί μετρήσεις νά γίνουν γιά κάθε μία ἀπό τίς ἀντιστάσεις φόρτου R_{ϕ} τοῦ κυκλώματος.

5) Ἀφοῦ χρησιμοποιήσετε τή σχέση:

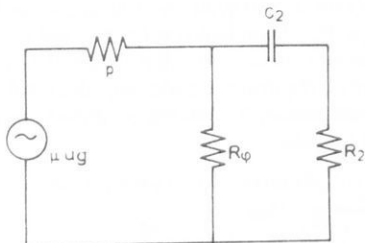
$$\text{Ἀπολαβή } A = \frac{U_a}{U_g}$$

νά ὑπολογίσετε τήν ἐνίσχυση τῆς βαθμίδας γιά κάθε ἀντίσταση φόρτου. Γράψετε ἕνα πλῆρες ὑπόδειγμα ὑπολογισμοῦ.

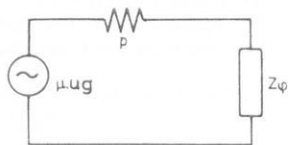
6) Βραχυκυκλώσετε μεταξύ τους τά σημεία Α καί Β καί συνδέσετε ἀντίσταση $R_{\phi} = 10 \text{ k}\Omega$. Οἱ τάσεις τῆς λυχνίας θά παραμείνουν οἱ ἴδιες.

Μέ παλμογράφο παρατηρήσετε τήν κυματομορφή τῆς τάσεως ἐξόδου (μεταξύ τῶν σημείων Α καί γῆς, καί μέ ἡλεκτρονικό βολτόμετρο μετρήσετε τήν τάση ἐξόδου, στά σημεία Β καί γῆς. Οἱ παρατηρήσεις καί μετρήσεις νά συνεχισθοῦν γιά ὅλες τίς τιμές ἀντιστάσεως φόρτου R_{ϕ} . Νά συγκριθοῦν οἱ μετρήσεις αὐτές μέ τίς μετρήσεις τῆς περιπτώσεως 4.

Στό κύκλωμα του σχήματος 35.1ε ή λυχνία Λ_1 είναι ένισχύτρια τάσεως ακουστικών συχνοτήτων. Τό ακουστικό σήμα οδηγείται πρώτα στην είσοδο της Λ_1 , μέσω του C_1 καί της R_1 . 'Η τάση U_g του σήματος αυτού πού δρᾷ στό πλέγμα της Λ_1 , ένισχύεται καί ἐμφανίζεται στά ἄκρα της ἀνοδικῆς ἀντιστάσεως R_Φ . 'Ακολούθως οδηγείται μέσω των C_2 καί R_2 στό πλέγμα της ἐπόμενης λυχνίας Λ_2 .



Σχ. 35.1στ.



Σχ. 35.1ζ.

Τό ἰσοδύναμο, σέ σχέση μέ τό ἐναλλασσόμενο ρεῖμα, κύκλωμα της λυχνίας Λ_1 πρέπει τώρα νά περιλαμβάνει τήν R_Φ παράλληλα στά στοιχεῖα C_2 , R_2 (σχ. 35.1στ). 'Η R_Φ εἶναι ἡ ἀντίσταση φόρτου της Λ_1 γιά τό συνεχές. 'Η ὁλική ἀντίσταση φόρτου Z_Φ γιά τό ἐναλλασσόμενο ρεῖμα ἀποτελεῖται ἀπό τήν R_Φ παράλληλα στόν κλάδο $C_2 R_2$ (σχ. 35.1ζ).

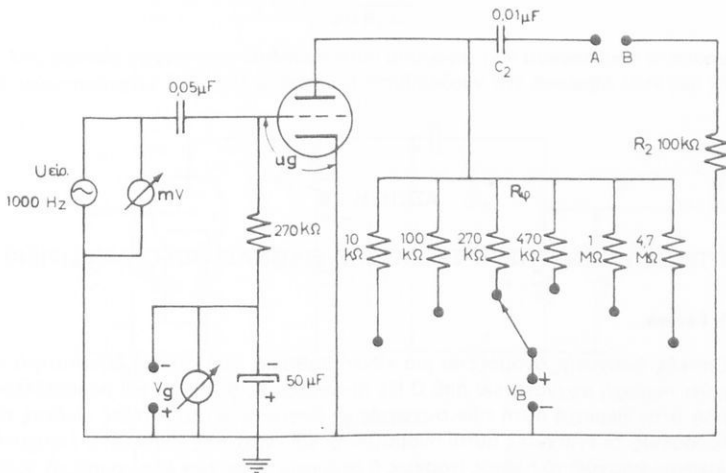
'Αν ὁ κλάδος $C_2 R_2$ ἔχει ἀντίσταση $Z_2 = 10$ ἢ περισσότερες φορές μεγαλύτερη της R_Φ , ἡ ἀντίσταση φόρτου στό συνεχές (R_Φ) καί ἡ ὁλική ἀντίσταση στό ἐναλλασσόμενο (Z_Φ) θεωροῦνται πρακτικά ἴσες. 'Αρα γιά νά ὑπολογίσουμε τήν ἐνίσχυση της βαθμίδας, θά πρέπει νά λάβουμε ὑπ' ὄψη μόνο τήν R_Φ . 'Αν ὅμως ἡ Z_2 εἶναι μικρότερη ἀπό $10R_\Phi$, θά πρέπει στόν ὑπολογισμό της ἐνίσχυσεως νά λάβουμε σάν ὁλική ἀντίσταση φόρτου τήν Z_Φ , πού εἶναι ἰσοδύναμη μέ τίς R_Φ καί Z_2 ὅταν συνδέονται παράλληλα. 'Η Z_Φ θά εἶναι τότε, μικρότερη καί ἀπό τήν R_Φ καί ἡ ἐνίσχυση θά εἶναι μικρότερη ἀπό ὅ,τι θά ἦταν μέ ἀντίσταση φόρτου μόνον τήν R_Φ .

Τέλος ἕνα σημαντικό χαρακτηριστικό μιᾶς ἐνισχυτικῆς βαθμίδας μέ λυχνία εἶναι ἡ σχέση μεταξύ της πολικότητας των σημάτων εἰσόδου καί ἐξόδου, δηλαδή ἡ σχετική διαφορά τάσεως μεταξύ των δύο αὐτῶν σημάτων. Στήν ἀσκηση αὕτη θά διαπιστωθεῖ μέ συνδεσμολογία παλμογράφου ὅτι τά σήματα εἰσόδου καί ἐξόδου μιᾶς ἐνισχυτικῆς βαθμίδας στή τάξη Α διαφέρουν κατὰ 180° .

35.2 Ἔργασία.

1) Νά συνδεσμολογηθεῖ τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 35.2. Πρώτη ἀντίσταση φόρτου R_Φ 10.000 Ω. Τάση θερμάνσεως 6,3 βόλτ, τάση πολώσεως -16 βόλτ, τάση πηγῆς $V_B = 100$ βόλτ.

Μέ γεννήτρια χαμηλῆς συχνότητας νά τροφοδοτηθεῖ ἡ εἴσοδος της λυχνίας μέ σήμα συχνότητας 1000 Hz καί πλάτους 0,18 βόλτ RMS (ἐνεργός τιμή). 'Η τάση αὕτη ἐλέγχεται ἀπό ἡλεκτρονικό μιλλιβολτόμετρο. Νά βρεθεῖ ἡ τιμή της τάσεως ἐξόδου (P-P).



Σχ. 35.2.

2) Όδηγήσετε τά σημεία Α - γη στά κατακόρυφα πλακίδια παλμογράφου και παρατηρήσετε και σχεδιάσετε τό παλμογράφημα τοῦ σήματος ἐξόδου.

3) Μετρήσετε καί καταγράψετε τή συνεχή τάση μεταξύ ἀνόδου-καθόδου τῆς λυχνίας.

4) Όλες οἱ προηγούμενες παρατηρήσεις καί μετρήσεις νά γίνουν γιά κάθε μία ἀπό τίς ἀντιστάσεις φόρτου R_{ϕ} τοῦ κυκλώματος.

5) Ἀφοῦ χρησιμοποιήσετε τή σχέση:

$$\text{Ἀπολαβή } A = \frac{U_a}{U_g}$$

νά ὑπολογίσετε τήν ἐνίσχυση τῆς βαθμίδας γιά κάθε ἀντίσταση φόρτου. Γράψετε ἕνα πλῆρες ὑπόδειγμα ὑπολογισμοῦ.

6) Βραχυκυκλώσετε μεταξύ τους τά σημεία Α καί Β καί συνδέσετε ἀντίσταση $R_{\phi} = 10 \text{ k}\Omega$. Οἱ τάσεις τῆς λυχνίας θά παραμείνουν οἱ ἴδιες.

Μέ παλμογράφο παρατηρήσετε τήν κυματομορφή τῆς τάσεως ἐξόδου (μεταξύ τῶν σημείων Α καί γῆς, καί μέ ἡλεκτρονικό βολτόμετρο μετρήσετε τήν τάση ἐξόδου, στά σημεία Β καί γῆς. Οἱ παρατηρήσεις καί μετρήσεις νά συνεχισθοῦν γιά ὅλες τίς τιμές ἀντιστάσεως φόρτου R_{ϕ} . Νά συγκριθοῦν οἱ μετρήσεις αὐτές μέ τίς μετρήσεις τῆς περιπτώσεως 4.

ΑΣΚΗΣΗ 36

ΟΠΤΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ Ή ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ (VIDEO AMPLIFIER)

36.1 Γενικά.

Οπτικός ενισχυτής ονομάζεται μία ειδική βαθμίδα, που έχει τη δυνατότητα να ενισχύει περιοχή συχνοτήτων από 0 Hz (συνεχές) ως 5 MHz ή και περισσότερο. Επειδή στην περιοχή αυτή των συχνοτήτων ανήκουν οι συχνότητες εικόνας της τηλεοράσεως, οι ενισχυτές αυτοί ονομάζονται και ενισχυτές εικόνας. Ο ενισχυτής της εικόνας ενισχύει το πλάτος (τάσεως ή ρεύματος ή και των δύο) χωρίς να παραμορφώνει τη μορφή του σήματος. Τέτοιους ενισχυτές συναντάμε σε πομπούς τηλεοράσεως (στο τμήμα του διαμορφωτή) καθώς και σε όλους τους δέκτες τηλεοράσεως, στους οποίους ο ενισχυτής εικόνας είναι μετά το φωρατή του σήματος της εικόνας.

Για να επιτύχομε ενίσχυση από 0 (μηδέν) Hz πρέπει να χρησιμοποιήσουμε ενισχυτές συνεχούς. Συναντάμε τέτοιου είδους ενισχυτές στα κυκλώματα των πομπών και στους δέκτες καλής ποιότητας. Στους κοινούς δέκτες χρησιμοποιούμε ενισχυτές εικόνας με γραμμική ενίσχυση, η οποία αρχίζει από 20 - 25 Hz, δηλαδή είναι και η μικρότερη συχνότητα διαμορφώσεως του πομπού.

Αλλά και για τη συχνότητα αυτή των 20 ή 25 Hz είναι δύσκολο, να επιτύχομε γραμμική ενίσχυση και να αποφύγουμε τις παραμορφώσεις (μετατοπίσεις) φάσεως, τις οποίες εισάγει ο πυκνωτής συζεύξεως C_{σ} σε συνδυασμό με την αντίσταση πλέγματος R_g της επόμενης βαθμίδας (σχ. 36.1α).

Μία λύση για την επέκταση προς τις χαμηλές συχνότητες είναι να χρησιμοποιήσουμε μεγαλύτερες τιμές για τα R_g και C_{σ} . Αλλά και πάλι φθάνομε σε ένα όριο, όταν η σταθερά χρόνου $R_g \cdot C_{\sigma}$ περάσει τα 0,5s, που αντιστοιχεί σε συχνότητα 3,2 Hz περίπου. Υπολογισμός με τη σχέση:

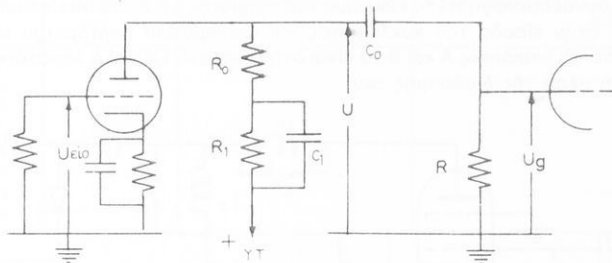
$$f_x = \frac{1}{2\pi R_g \cdot C_{\sigma}}$$

Για τη βελτίωση της καμπύλης αποκρίσεως προς τις πολύ χαμηλές αυτές συχνότητες υπάρχει και η μέθοδος της τοποθέτησεως σε σειρά με το ανοδικό κύκλωμα μιας αντίστασεως R_1 και ενός πυκνωτή C_1 (σχ. 36.1α). Οι τιμές των C_1 είναι από 10 ως 20 μF και της R_1 από 1 - 10 k Ω .

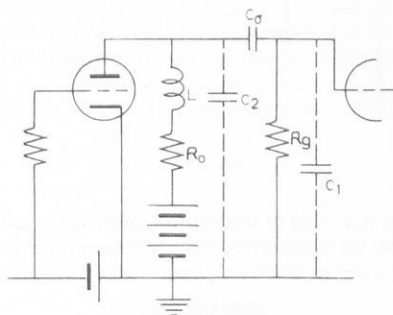
Επειδή τα στοιχεία R_1 και C_1 είναι εκείνα που επηρεάζουν τη μορφή της καμπύλης στις Χ.Σ., η σχέση που δίνει τη χαμηλότερη συχνότητα σε ένα ενισχυτή με τέτοιο κύκλωμα, γίνεται:

$$f_x = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

Στις υψηλές συχνότητες επιδρούν στήν απόκριση τῶν συχνοτήτων οἱ παρασιτικές χωρητικότητες τοῦ κυκλώματος καί ὑποβιβάζουν τήν ἀπολαβή (ἀσκηση 26).



Σχ. 36.1α.



Σχ. 36.1β.

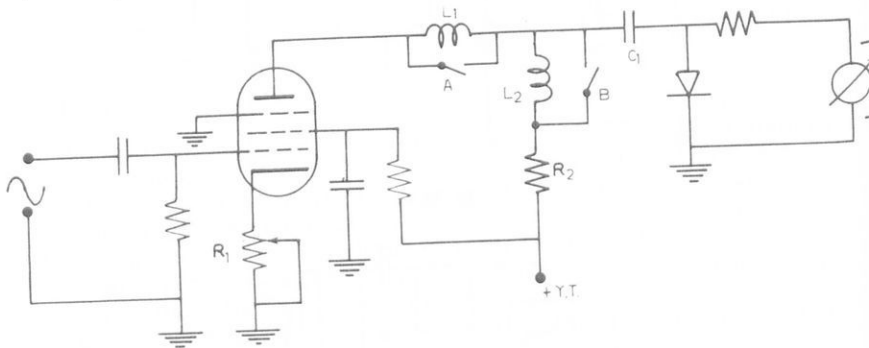
Γιά τή βελτίωση στίς Υ.Σ. τοποθετοῦνται πηνία μέ αὐτεπαγωγή 100 - 1000 μΗ, εἴτε σέ σειρά μέ τήν ἀντίσταση φόρτου, εἴτε σέ σειρά μέ τόν πυκνωτή συζεύξεως ἢ καί στίς δυό θέσεις. Οἱ αὐτεπαγωγές αὐτές συντονίζουν μέ τούς πυκνωτές C_2 καί $C_σ$ (σχ. 36.1β) σέ μιὰ συχνότητα μεγαλύτερη ἀπό τήν ἀνώτερη συχνότητα τῆς περιοχῆς. Ἔτσι πετυχαίνομε ἐπέκταση τῆς καμπύλης ἀποκρίσεως πρός τίς Υ.Σ. καί γραμμικότητα τῆς ἐνισχύσεως σέ ὁλόκληρο τό τμήμα τῆς καμπύλης ἀπό τή μέση περιοχή καί πάνω.

Στό κύκλωμα τοῦ σχήματος 36.1β, ἡ ἀντίσταση R_g εἶναι τόσο μεγάλη σέ σχέση μέ τήν R_0 , ὥστε οὐσιαστικά ἡ $R_{oλ}$ νά ἔχει τήν τιμή τῆς R_0 . Ἡ τιμή τῆς αὐτεπαγωγῆς L δίνεται ἀπό τή σχέση $L = \eta \cdot C_0 \cdot R_0$, ὅπου R_0 ἡ ἀντίσταση φόρτου, C_0 τό

ἄθροισμα τῶν C_1 καὶ C_2 καὶ η εἶναι μιά κατασκευαστική σταθερά, πού κυμαίνεται ἀπὸ 0,2 ὠς 0,7.

36.2 Ἔργασία.

1) Νά συνδεσμολογηθεῖ τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 36.2. Νά συνδεθοῦν γεννήτρια Χ.Σ. στὴν εἴσοδο τοῦ κυκλώματος καὶ ἡλεκτρονικὸ βολτόμετρο συνεχοῦς στὴν ἔξοδο. Οἱ διακόπτες Α καὶ Β νά εἶναι στὴ θέση ΕΝΤΟΣ καὶ ὁ ροοστάτης R_1 περὶπου στὴ μέση τῆς διαδρομῆς του.



Σχ. 36.2.

2) Μὲ τὴ γεννήτρια Χ.Σ., πού οἱ συχνότητες φθάνουν μέχρι καὶ 200 kHz, νά ὁδηγήσετε στὴν εἴσοδο τὶς συχνότητες πού ἀναφέρονται στὸν Πίνακα 36.2.1 μὲ σταθερὴ τάση 0,1 βόλτ καὶ νά λάβετε τὶς ἀντίστοιχες ἐνδείξεις στὸ ὄργανο ἐξόδου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 36.2.1.

$U_g = \text{σταθερή} = 0,1 \text{ βόλτ}$	
f (Hz)	U_a (βόλτ)
20	
50	
100	
300	
1.000	
3.000	
10.000	
30.000	
100.000	

3) Ἀντικαταστήσετε τὴ γεννήτρια Χ.Σ. μὲ γεννήτρια Υ.Σ. συντηρουμένων κυμάτων. Καί πάλι μὲ τάση εἰσόδου 0,1 βόλτ νά λάβετε τὶς ἐνδείξεις τοῦ βολτομέτρου ἐξόδου γιὰ τὶς συχνότητες τοῦ Πίνακα 36.2.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 36.2.2.

 $u_g = 0,1$ βόλτ σταθερό

f (kHz)	u_a (βόλτ)	u_a με διακόπτη Α ΕΚΤΟΣ	Α ΕΝΤΟΣ
			Β ΕΚΤΟΣ
300			
1.000			
2.000			
3.500			
4.000			
4.500			
5.000			
5.500			

4) Για τις συχνότητες της έρωτησεως 3 λάβετε καί πάλι τις τάσεις εξόδου αφού τοποθετήσετε τό διακόπτη Α στή θέση ΕΚΤΟΣ. Καταχωρήσετε τις μετρήσεις στή σχετική στήλη του προηγούμενου πίνακα.

5) Έπαναλάβετε τήν ίδια εργασία μέ τούς διακόπτες Α - ΕΝΤΟΣ καί Β - ΕΚΤΟΣ καί συμπληρώσετε τήν τελευταία στήλη του πίνακα. Ή επίδραση των πηγών στίς Χ.Σ. είναι άμελητέα, γι' αυτό δέν κάνομε μετρήσεις γιά τις Χ.Σ.

6) Χαράξετε τις τρεις καμπύλες των περιπτώσεων 2, 3 καί 4 στό ίδιο διάγραμμα.

ΑΣΚΗΣΗ 37

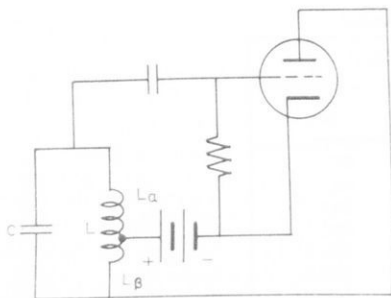
ΤΑΛΑΝΤΩΤΕΣ ΥΨΗΛΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

37.1 Γενικά.

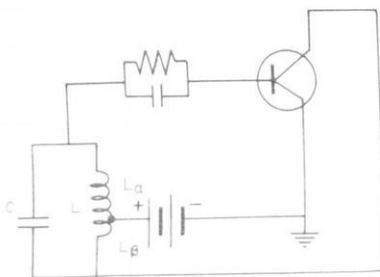
Ο ταλαντωτής είναι μία διάταξη παραγωγής κυμάτων υψηλών συχνοτήτων. (Κύκλωμα ταλαντωτή χαμηλών συχνοτήτων εξετάζεται στην άσκηση 38). Είναι ή πρώτη και βασική βαθμίδα σε ένα πομπό. Βαθμίδα ταλαντώτρια υπάρχει και σε κάθε δέκτη. Ο τοπικός ταλαντωτής σε ένα δέκτη παράγει μία υψηλή συχνότητα, η οποία συμβάλλει με τη συχνότητα που εκπέμπει ο πομπός του σταθμού που πιάνουμε και μας δίνουν τη συχνότητα εκείνη στην οποία είναι συντονισμένα να δουλεύουν τα κυκλώματα Μέσης Συχνότητας του δέκτη.

Τό κύκλωμα ενός ταλαντωτή είναι κύκλωμα ένισχυτη, στον οποίο, με κατάλληλη συνδεσμολογία, έχουμε επιβάλλει θετική ανάδραση για την έναρξη και τη συντήρηση των ταλαντώσεων. Ένα κύκλωμα ταλαντωτή περιλαμβάνει:

- Μία λυχνία ή ένα τρανζίστορ συνδεσμολογημένα σε ένισχυτική διάταξη.
- Τά στοιχεία προσδιορισμού των ταλαντώσεων που είναι τό πηνίο L και ό πυκνωτής C . Τά στοιχεία αυτά μπορεί νά είναι συνδεσμολογημένα στην έξοδο του ένισχυτη ως φορτίο ή στην είσοδο του και
- τό κύκλωμα ανάδρασης.



Σχ. 37.1α.



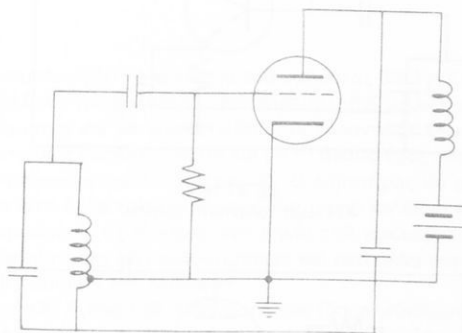
Σχ. 37.1β.

Κυκλώματα Hartley με τροφοδότηση σειράς.

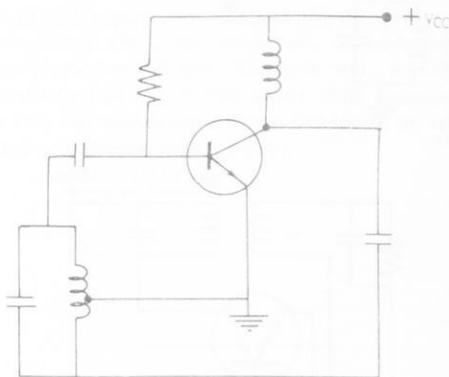
Στά σχήματα 37.1α και 37.1β φαίνονται κυκλώματα ταλαντώσεων Hartley. Τό σχήμα 37.1α είναι μέ λυχνία και τό σχήμα 37.1β μέ τρανζίστορ.

Τό τμήμα L_B του πηνίου L είναι τό στοιχείο μέ τό όποίο εξασφαλίζομε τή θετική ανάδραση καί μέ αύτή τή συντήρηση τών ταλαντώσεων.

Τά ίδια κυκλώματα Hartley, αλλά μέ παράλληλη τροφοδότηση φαίνονται στά σχήματα 37.1γ καί 37.1δ.



Σχ. 37.1γ.

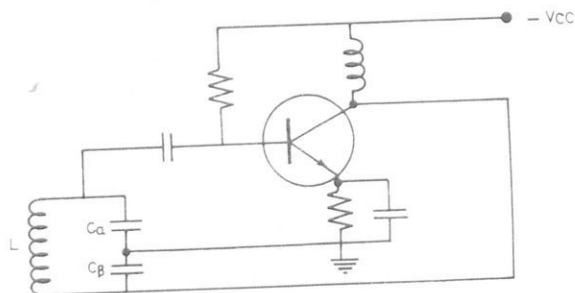


Σχ. 37.1δ.

Κυκλώματα Hartley μέ παράλληλη τροφοδότηση.

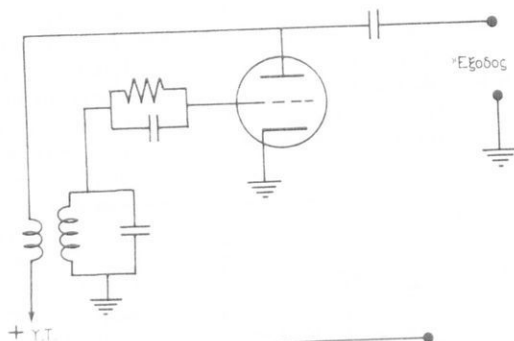
Στό σχήμα 37.1ε φαίνεται συνδεσμολογία ταλαντωτή Colpitts. Ή ανάδραση στό κύκλωμα αυτό γίνεται μέ τόν ίδιο τρόπο όπως στά κυκλώματα Hartley όχι όμως από τό πηνίο, αλλά από τόν πυκνωτή, ό όποίος χωρίζεται σέ δύο τμήματα. Τό τμήμα C_B έχει τέτοια τιμή ώστε ή ανάδραση πού γίνεται από αυτό νά συντηρεί τίς ταλαντώσεις.

Μιά άλλη συνδεσμολογία πού χρησιμοποιείται στά κυκλώματα τοπικού ταλαντωτή στους δέκτες είναι τό κύκλωμα Meissner (σχ. 37.1στ). Σέ αυτό τό κύκλωμα ή



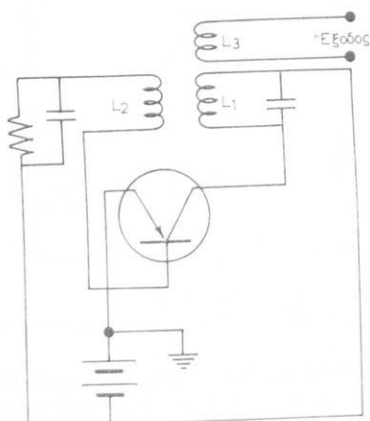
Σχ. 37.1ε.

Κύκλωμα ταλαντωτή Colpitts.



+ Υ.Τ.

Εξόδος



Εξόδος

Σχ. 37.1στ.

Κυκλώματα Meissner.

ανάδραση γίνεται μέ τό πηνίο L_2 πού βρίσκεται σέ σύζευξη μέ τό L_1 . Τό ξεχωριστό πηνίο ανάδράσεως L_2 παρέχει τή δυνατότητα μεταβλητῆς συζεύξεως, δηλαδή δυνατότητα ἐλέγχου καί ρυθμίσεως τοῦ ποσοστοῦ ἀναδράσεως μέ ἀποτέλεσμα τήν καλύτερη λειτουργία τοῦ κυκλώματος τῶν ταλαντώσεων.

37.2 Ἔργασία.

1) Νά συνδεσμοποιηθεῖ τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 37.1γ. Κύκλωμα Hartley μέ λυχνία σέ παράλληλη τροφοδότηση. Νά παρεμβληθεῖ μιλλιαμπερόμετρο στό κύκλωμα τοῦ πλέγματος καί νά διαπιστωθοῦν οἱ ταλαντώσεις ἀπό τό ρεῦμα πλέγματος. Οἱ ταλαντώσεις διαπιστώνονται καί μέ τό ἄναμα ἑνός μικροῦ λαμπτήρα ἀπό αὐτούς πού χρησιμοποιοῦμε στούς φακούς. Ὁ λαμπτήρας θά ἀνάβει, ὅταν ἔχομε ταλαντώσεις, ἂν στά ἄκρα του κολλήσουμε ἕνα μικρό καλώδιο τυλιγμένο σέ 4 - 5 σπεῖρες καί πλησιάσουμε τίς σπεῖρες στό πηνίο τοῦ κυκλώματος.

2) Νά γίνει διαπίστωση τῶν ταλαντώσεων καί στά ἄλλα κυκλώματα τῆς ἀσκήσεως μέ διάταξη Colpitts καί Meissner.

3) Ὁδηγήσετε τήν ἔξοδο τοῦ ταλαντωτῆ σας (ὅποιο κύκλωμα θέλετε) στά πλακίδια κατακόρυφης ἀποκλίσεως παλμογράφου. Ὁ παλμογράφος νά ρυμισθεῖ γιά νά παρέχει στίγμα. Στά πλακίδια ὀριζόντιας ἀποκλίσεως ὀδηγήσετε τό σῆμα ἀπό μιά γεννήτρια ταλαντώσεων. Ἄν μεταβάλλετε τή συχνότητα τῆς γεννήτριας θά ἔχετε στόν παλμογράφο διάφορα σχήματα Lissajous. Ἀπό τά σχήματα αὐτά προσδιορίσετε τή συχνότητα πού παράγει τό κύκλωμα τῆς ἀσκήσεως.

4) Ἀπό τά στοιχεῖα L καί C τῆς ἀσκήσεως, ὑπολογίσετε μέ τή σχέση τοῦ Τόμσον τήν παραγόμενη συχνότητα. Ἐλέγξτε τοὺς ὑπολογισμούς σας συγκρίνοντας τό ἀποτέλεσμα μέ ἐκεῖνο πού εἶχατε στήν προηγούμενη ἐρώτηση.

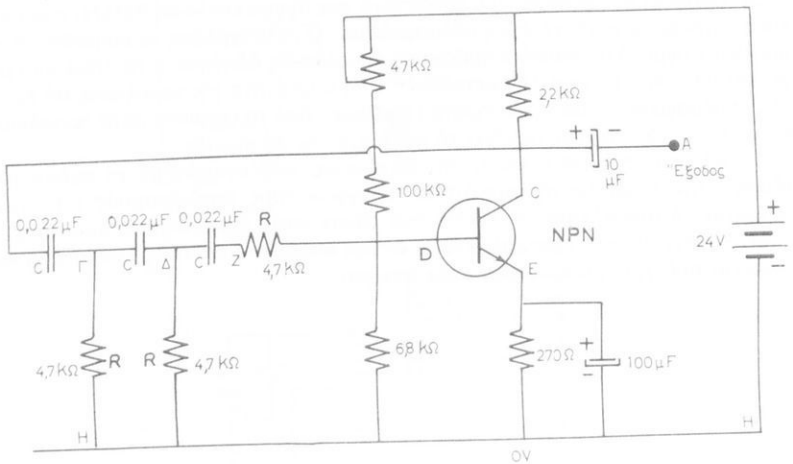
5) Ἐξηγήσετε πῶς ἐξασφαλίζεται ἡ θετική ἀνάδραση σέ κάθε ἕνα ἀπό τά κυκλώματα πού χρησιμοποίησατε στήν ἀσκηση.

ΑΣΚΗΣΗ 38

ΤΑΛΑΝΤΩΤΗΣ RC (ΜΕ ΜΕΤΑΘΕΣΗ ΦΑΣΕΩΣ)

38.1 Γενικά.

Τό κύκλωμα του σχήματος 38.1 είναι ένας ταλαντωτής με μετάθεση φάσεως, που παράγει σήμα χαμηλής συχνότητας ήμιτονικής μορφής. Η συχνότητα των ταλαντώσεων που παράγονται ορίζεται από τό δικτύωμα των τριών πυκνωτών και των τριών αντιστάσεων C και R.



Σχ. 38.1.

Τό κύκλωμα του ταλαντωτή με μετάθεση φάσεως.

Η αντίσταση 2200 Ω είναι η αντίσταση φόρτου του τρανζίστορ. Οι αντιστάσεις 147.000 Ω (100.000 + 47.000) Ω, 6800 Ω και 270 Ω εξασφαλίζουν την πόλωση της βάσεως. Οι τρεις πυκνωτές C (= 22.000 μF) και οι τρεις αντιστάσεις R (= 4700 Ω) δημιουργούν συνολική μετάθεση φάσεως κατά 180°. Έπειδή και στο τρανζίστορ έχουμε αντίστροφη φάσεως 180° στις τάσεις εισόδου - εξόδου (τρανζίστορ κοινού έκπομπού), εξασφαλίζεται έτσι η θετική («κέν φάσει») ανάδραση και συντηρούνται οι ταλαντώσεις.

Η συχνότητα των ταλαντώσεων δίνεται με καλή προσέγγιση από τόν τύπο:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{6RC}}$$

38.2 Έργασία.

- 1) Νά γίνει αναγνώριση του κυκλώματος (σχ. 38.1).
- 2) Νά υπολογισθεί η συχνότητα των ταλαντώσεων με χρήση του τύπου που έχει δοθεί ($R = 4700 \, \Omega$, $C = 22.000 \, \mu\text{F}$).
- 3) Νά συνδεθούν τα άκρα Α και Η στην κατακόρυφη είσοδο παλμογράφου. Νά παρατηρηθεί η κύμανση που παράγει ο ταλαντωτής με κατάλληλη ρύθμιση της σάρωσης του παλμογράφου.
- 4) Νά μετρηθεί με τον παλμογράφο (σχήματα Lissajous) η συχνότητα των ταλαντώσεων που παράγονται. Για τó σκοπό αυτό ο παλμογράφος νά ετοιμασθεί ώστε νά βγάζει στίγμα στην οθόνη του. Στίς δύο εισόδους του (κατακόρυφη, οριζόντια) νά οδηγηθούν:
 - α) 'Η κύμανση του κυκλώματος.
 - β) Τό σήμα από μιά γεννήτρια γνωστής χαμηλής συχνότητας.
- 5) Στά σημεία Α - Η μετρείται η τάση εξόδου με ηλεκτρονικό βολτόμετρο AC. Στά σημεία Γ - Η, Δ - Η καί Ζ - Η μετρούνται οι έναλλασσόμενες τάσεις, καθώς εξασθενούν στο δίκτυμα R - C.

ΑΣΚΗΣΗ 39

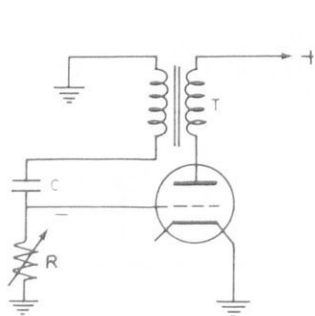
ΤΑΛΑΝΤΩΤΗΣ ΦΡΑΓΜΟΥ (BLOCKING OSCILLATOR)

39.1 Γενικά.

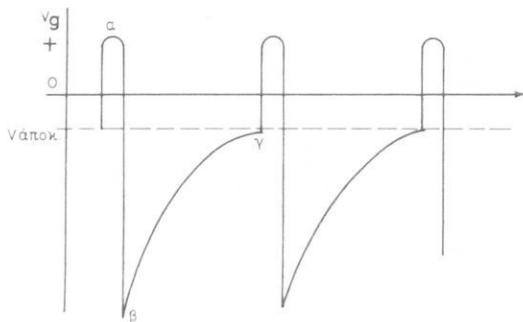
Ο ταλαντωτής φραγμού είναι ένας τύπος αυτόδιεγειρόμενου ταλαντωτή. Η θετική ανάδραση γίνεται με τον ίδιο τρόπο όπως και στον ταλαντωτή Meissner (άσκηση 37).

Οι βασικές διαφορές μεταξύ του ταλαντωτή φραγμού και του ταλαντωτή Meissner είναι ότι η κυματομορφή εξόδου του πρώτου δεν είναι ήμιτονική και ότι η συχνότητα λειτουργίας του ορίζεται από τις τιμές των R και C (σχ. 39.1α).

Όταν τροφοδοτηθεί το κύκλωμα του σχήματος 39.1α ή αρχική ανάπτυξη του άνοδικού ρεύματος δημιουργεί ένα μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο στο πρωτεύον του μετασχηματιστή T , το οποίο αναπτύσσει στο δευτερεύον τύλιγμα μία τάση μεγάλου πλάτους.



Σχ. 39.1α.



Σχ. 39.1β.

Αν συνδεσμολογήσουμε το δευτερεύον με τέτοιο τρόπο, ώστε η τάση που αναπτύσσεται να οδηγεί το πλέγμα σε θετικά δυναμικά σε σχέση με την κάθοδο, τότε ο πυκνωτής C τείνει να φορτισθεί στην τάση αυτή (σημείο α, σχ. 39.1β).

Όταν το πλέγμα είναι σε θετικά δυναμικά, επιτρέπει μία επιπλέον αύξηση του άνοδικου ρεύματος, μέχρι το σημείο, που εξαιτίας της πτώσεως τάσεως στα άκρα του πρωτεύοντος, η άνοδική τάση γίνεται τόσο μικρή, ώστε να μη μπορεί να μεγαλώσει άλλο το άνοδικό ρεύμα. Έτσι το άνοδικό ρεύμα φθάνει μέχρι μία σταθερή τιμή.

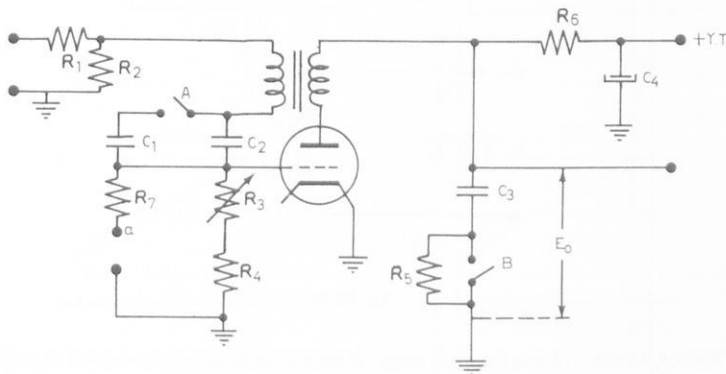
Όταν όμως τό άνοδικό ρεύμα πάρει σταθερή τιμή, τό μαγνητικό πεδίο τοῦ πρωτεύοντος παύει νά μεταβάλλεται πλέον καί επομένως δέν έχομε ανάπτυξη τάσεως ἐξ έπαγωγής στό δευτερεύον. Καί άφοῦ δέν αναπτύσσεται τάση στό δευτερεύον καί τό πλέγμα τῆς λυχνίας δέν φθάνει σέ θετικά δυναμικά, ὁ πυκνωτής C άρχίζει νά εκφορτίζεται από τήν αντίσταση R, ὁπότε αὐτή διαρρέεται από ρεύμα πού δημιουργεῖ στά άκρα της μιά τάση μέ πολικότητα (σχ. 39.1α). Τό πλέγμα μέ τόν τρόπο αὐτό γίνεται άρνητικό, καί μάλιστα μέ δυναμικό πολύ πέρα από τήν άποκοπή, ὁπότε τό άνοδικό ρεύμα διακόπτεται (σημεῖο β, σχ. 39.1β).

Ἡ εκφόρτιση τοῦ πυκνωτῆ (διαδρομή β - γ, σχ. 39.1β) διαρκεῖ μιά χρονική περίοδο πού ὁρίζεται από τά στοιχεῖα C καί R τοῦ κυκλώματος. Όταν ἡ τάση στά άκρα τῆς αντίστάσεως φθάσει τήν τάση άποκοπῆς (σημεῖο γ), ἡ λυχνία άρχίζει νά ἄγει καί από αὐτή τῇ στιγμῇ επαναλαμβάνεται ἡ ὅλη λειτουργία.

Τά κυκλώματα τοῦ ταλαντωτῆ φραγμοῦ περιλαμβάνουν μιά αντίσταση πώσεως τῆς τάσεως σέ σειρά μέ τό πρωτεῖον, γιά τόν περιορισμό τοῦ άνοδικοῦ ρεύματος. Ἐπίσης μιά αντίσταση παράλληλα στό πρωτεῖον τύλιγμα γιά τόν περιορισμό τῶν άποσβενυμένων ταλαντώσεων πού δημιουργοῦνται μέ μικρό πλάτος, ἀλλά μέ μεγαλύτερη συχνότητα (σχ. 39.1γ).



Σχ. 39.1γ.



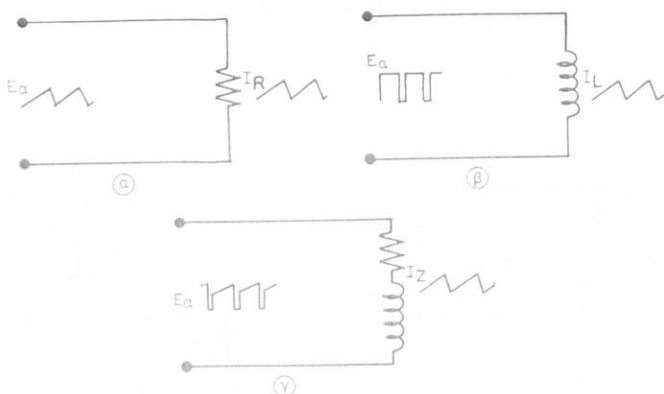
Σχ. 39.1δ.

Στό κύκλωμα ταλαντωτῆ φραγμοῦ (σχ. 39.1δ), οἱ αντίστασεις R_3 καί R_4 κατέχουν τῇ θέση τῆς αντίστάσεως R στό σχῆμα 39.1α. Ἐπίσης οἱ πυκνωτές C_1 καί C_2 κατέχουν τῇ θέση τοῦ C στό σχῆμα 39.1α. Ἡ αντίσταση R_6 τοποθετεῖται γιά τόν

περιορισμό του άνοδικού ρεύματος. Ο πυκνωτής C_2 φορτίζεται όταν η λυχνία δέν είναι άγώγιμη και έκφορτίζεται μόλις αυτή αρχίσει να άγει. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία πριονωτής κυμάνσεως στα άκρα του. Η πριονωτή αυτή κύμανση είναι κατάλληλη για να χρησιμοποιηθεί σαν τάση σαρώσεως στους καθοδικούς σωληνες ήλεκτροστατικής έκτροπής, όχι όμως και στους σωληνες ήλεκτρομαγνητικής έκτροπής, πού είναι σε γενική σχεδόν χρήση στους δέκτες τηλεοράσεως και στους όποιους χρειάζεται πριονωτή κύμανση ρεύματος.

Αν τά πηνία έκτροπής, πού χρησιμοποιούνται στους καθοδικούς σωληνες των δεκτών τηλεοράσεως, δρούσαν ως καθαρές ωμικές αντίστάσεις, θά ήταν δυνατό να παραχθεί σε αυτά ένα ρεύμα πριονωτής μορφής, όταν θά εφαρμόζοταν στα άκρα τους πριονωτή τάση E_0 . Η διαδικασία αυτή φαίνεται στο σχήμα 39.1ε, όπου η πριονωτή τάση E_0 πού εφαρμόζεται στα άκρα της R προκαλεί τη δημιουργία ρεύματος I_R πριονωτής μορφής. Όμως εξαιτίας της αύτεπαγωγής των πηνίων έκτροπής δέν εμφανίζεται ρεύμα πριονωτής μορφής όταν εφαρμόσουμε πριονωτή τάση. Αν πάλι τά πηνία έκτροπής παρουσίαζαν μόνο καθαρή αύτεπαγωγή θά είχαμε σε αυτά ρεύμα πριονωτής μορφής αν εφαρμόζαμε τάση όρθογωνίων παλμών (σχ. 39.1ε).

Στήν πράξη όμως είναι αδύνατον να κατασκευαστούν πηνία έκτροπής χωρίς ωμική αντίσταση. Όλα τά πηνία έχουν αύτεπαγωγή L και ωμική αντίσταση R_L , οι όποιες θεωρούνται ότι είναι συνδεμένες σε σειρά (σχ. 39.1ε).



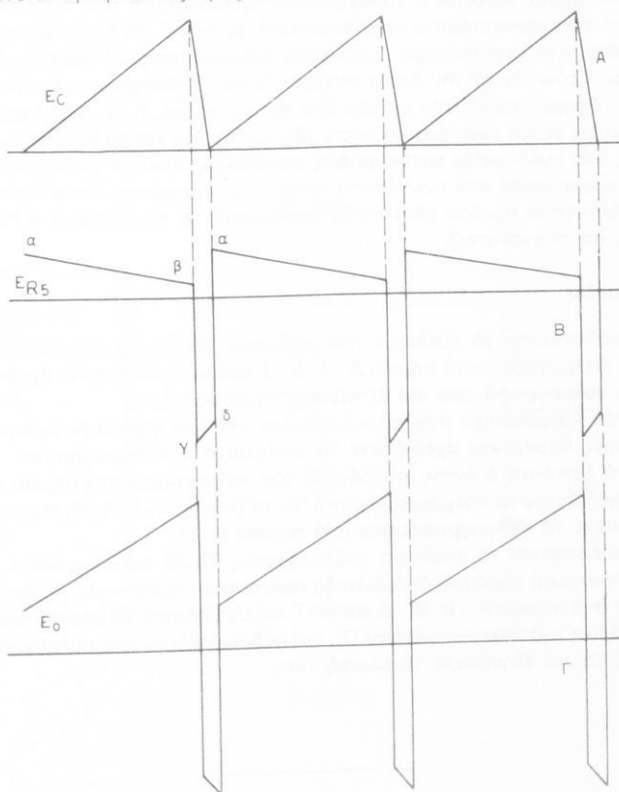
Σχ. 39.1ε.

Επειδή λοιπόν, τό κύκλωμα περιέχει αναπόφευκτα αύτεπαγωγή και ωμική αντίσταση, ή τάση πού απαιτείται για την παραγωγή ρεύματος πριονωτής μορφής δέν πρέπει να είναι, ούτε πριονωτή, ούτε όρθογώνια, αλλά να έχει μορφή τραπεζοειδή, πού περιέχει ταυτόχρονα στοιχεία τόσο από πριονωτή όσο και από όρθογώνια κυματομορφή.

Ένα κύκλωμα για παραγωγή τάσεως με τραπεζοειδή μορφή είναι του σχήματος 39.1δ. Σε αυτό ο πυκνωτής C_3 φορτίζεται από την R_6 . Μιά δεύτερη αντίσταση R_5

είναι σέ σειρά μέ τόν C_3 καί από αὐτή περνᾶνε τά ρεύματα φορτίσεως καί ἐκφορτίσεως τοῦ C_3 . Ἡ ἀντίσταση R_5 ἔχει σχετικά μικρή τιμή καί ἡ ἐπίδρασή της στό χρόνο φορτίσεως καί ἐκφορτίσεως τοῦ C_3 εἶναι ἀμελητέα.

Ὅταν ἡ λυχνία εἶναι σέ ἀποκοπή καί ὁ C_3 φορτίζεται, κινοῦνται ἠλεκτρόνια ἀπό τό σασσί καί τήν R_5 πρὸς τόν ἀρνητικό ὀπλισμό τοῦ C_3 καί ἀπό τό θετικό ὀπλισμό καί τήν R_6 πρὸς τό + τῆς Υ.Τ. Ὅταν ἡ λυχνία ἀγεῖ, ἠλεκτρόνια ἐγκαταλείπουν τόν ἀρνητικό ὀπλισμό τοῦ C_3 καί κινοῦνται μέσα ἀπὸ τήν R_5 πρὸς τό σασσί καί συνέχεται ἀπὸ τή λυχνία (κάθοδος - ἄνοδος) πρὸς τό θετικό ὀπλισμό τοῦ C_3 . Ἡ κίνηση αὐτὴ ἀναπτύσσει μιά πριονωτὴ τάση E_C στὰ ἄκρα τοῦ C_3 , ὅπως φαίνεται στό σχῆμα 39.1στ. Τά ρεύματα φορτίσεως καί ἐκφορτίσεως τοῦ C_3 ὅπου περνοῦν ἀπὸ τήν R_5 ἀναπτύσσουν στὰ ἄκρα της μιά τάση ὅπως στό σχῆμα 39.1στ. Στὴ φόρτιση τοῦ C_3 ἡ διεύθυνση κινήσεως τῶν ἠλεκτρονίων εἶναι τέτοια, ὥστε τό ἄνω ἄκρο τῆς R_5 νὰ γίνεται θετικό ὡς πρὸς τό σασσί· ἀντίθετα στὴν ἐκφόρτιση τοῦ C_3 τό ἴδιο σημεῖο γίνεται ἀρνητικό ὡς πρὸς τό σασσί (σχ. 39.1δ).



Σχ. 39.1στ.

Στήν αρχή κάθε κύκλου φορτίσεως - έκφορτίσεως, τό ρεύμα φορτίσεως είναι μέγιστο καί ἡ τάση στά ἄκρα τῆς R_5 παίρνει μιὰ μέγιστη τιμή (σχ. 39.1στ, σημείο α). Καθώς ἡ φόρτιση τοῦ C_3 συνεχίζεται, τό ρεύμα περιορίζεται καί ἡ τάση E_{R_5} ἐλαττώνεται (σημείο β).

Ἐπίσης, στήν ἀρχή τοῦ χρόνου έκφορτίσεως, τό ρεύμα εἶναι καί πάλι μέγιστο καί μιὰ μεγάλη ἀρνητική τάση ἀναπτύσσεται στά ἄκρα τῆς R_5 (σχ. 39.1στ, σημείο γ). Μέ τό χρόνο τό ρεύμα έκφορτίσεως μικραίνει καί ἡ τάση E_R ἐλαττώνεται (σημείο δ). Ὄταν ἡ λυχνία παύει νά εἶναι ἀγώγιμη, ὁ C_3 ἀρχίζει πάλι νά φορτίζεται καί ἡ τάση στά ἄκρα τῆς R_5 φθάνει τή μέγιστη τιμή (σημείο α) καί ἔτσι συμπληρώνεται ἕνας κύκλος.

Ὅπως φαίνεται στό σχῆμα 39.1δ, ἡ τάση ἐξόδου E_0 ἀναπτύσσεται στά ἄκρα τῶν C_3 καί R_5 πού εἶναι σέ σειρά. Ἄρα σέ κάθε στιγμή ἡ E_0 ἰσοῦται μέ τό ἀλγεβρικό ἄθροισμα τῶν E_C καί E_{R_5} . Τό ἄθροισμα αὐτό δίνεται γραφικά στό σχῆμα 39.1στ, στό ὁποῖο φαίνεται ἡ τραπεζοειδῆς κυματομορφή πού προκύπτει.

Ἐνα ἀπό τά πλεονεκτήματα τοῦ ταλαντωτῆ φραγμοῦ, τό ὁποῖο συντελεῖ ὥστε νά προτιμᾶται στά περισσότερα κυκλώματα τηλεοράσεως ὡς ταλαντωτῆς σαρώσεως, εἶναι ἡ εὐκολία μέ τήν ὁποία συγχρονίζεται. Ὁ συγχρονισμός εἶναι δυνατό νά γίνει ἂν ἐφαρμόσουμε στήν εἴσοδο ἕνα θετικό παλμό, ἢ ἂν συνδέσουμε τήν εἴσοδό του στήν ἐξοδο ἑνός διευκρινιστῆ. Μέ τόν πρῶτο τρόπο ἐπιτυγχάνεται συγχρονισμός στά κυκλώματα κατακόρυφης σαρώσεως, ἐνῶ μέ τό δεύτερο ἐπιτυγχάνεται συγχρονισμός στά κυκλώματα ὀριζόντιας σαρώσεως, ὅπου ὁ ταλαντωτῆς φραγμοῦ ἐργάζεται σχεδόν πάντοτε σέ συνδυασμό μέ τό κύκλωμα Α.Ρ.Σ. (Αὐτόματη ρύθμιση συχνότητας).

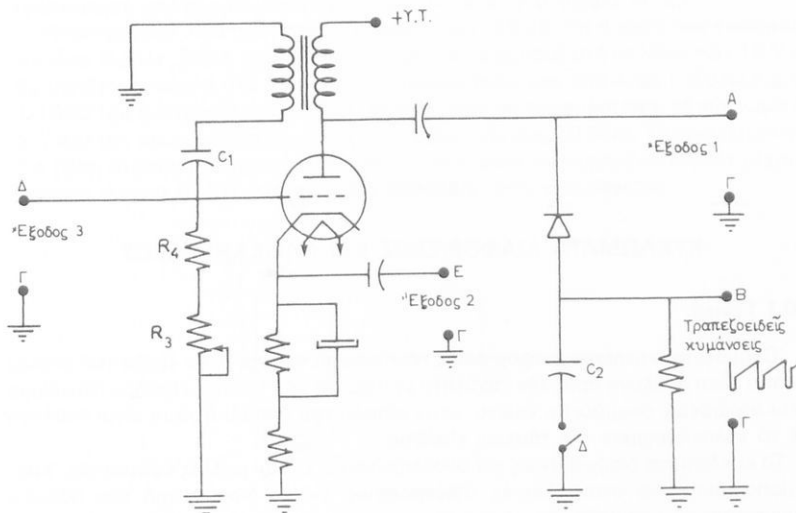
39.2 Ἔργασία.

1) Τροφοδοτήσετε τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 39.2α. Ὁ διακόπτης Δ ἐντός. Συνδέσετε παλμογράφο στά σημεῖα Α - Γ, Ε - Γ καί Δ - Γ, διαδοχικά, σχεδιάσετε τά ἀντίστοιχα παλμογραφήματα καί ἐξηγήσετε τή μορφή τους.

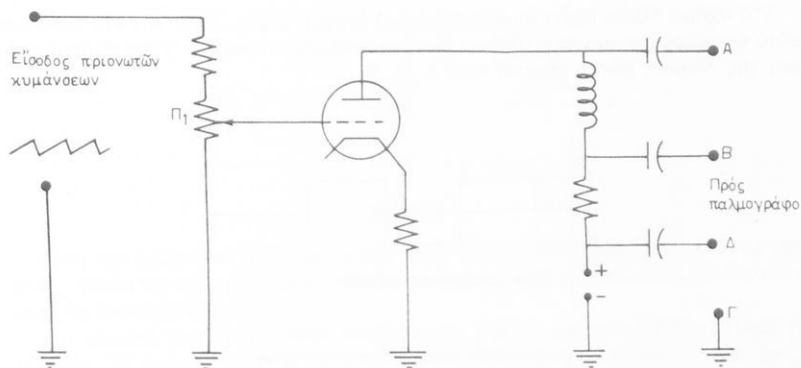
2) Μέ τόν παλμογράφο συνδεσμολογημένο στά ἴδια σημεῖα ρυθμίσετε τήν R_3 στίς διάφορες θέσεις καί σχεδιάσετε τά ἀντίστοιχα παλμογραφήματα.

3) Μέ τό διακόπτη Δ ἐντός, συνδέσετε τόν παλμογράφο στά σημεῖα Α - Γ καί Β - Γ καί σχεδιάσετε τά παλμογραφήματα. Ἄν αὐξηθεῖ ἡ τιμή τῆς R_3 παρατηρήσετε καί σχεδιάσετε τά παλμογραφήματα στά σημεῖα Β - Γ.

4) Τροφοδοτήσετε τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 39.2β καί ὁδηγήσετε στήν εἴσοδό του πριονωτή κύμανση ἀπό διάταξη πριονωτῶν κυμάτων. Λάβετε παλμογραφήματα στά σημεῖα Α - Β, Β - Δ καί Α - Γ καί σχεδιάσετε τή μορφή τους. Μεταβάλετε τή θέση τοῦ ποτενσιομέτρου Π_1 , καί λάβετε πάλι τά ἴδια παλμογραφήματα, σχεδιάσετέ τα καί ἐξηγήσετε τή μορφή τους.



Σχ. 39.2α.



Σχ. 39.2β.

ΑΣΚΗΣΗ 40

ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΔΙΑΦΟΡΙΣΕΩΣ ΚΑΙ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΕΩΣ

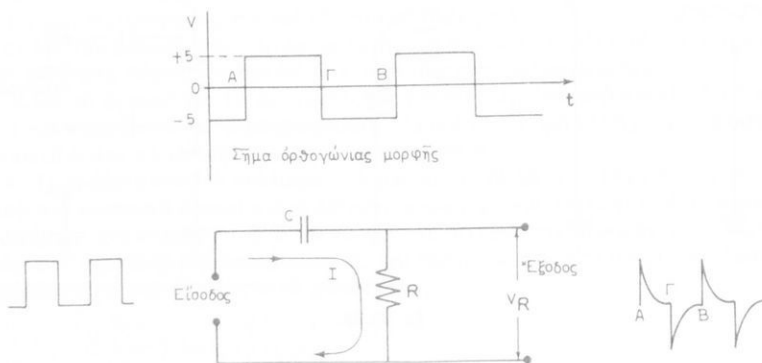
40.1 Γενικά.

Όνομάζεται κύκλωμα διαφορίσεως τό κύκλωμα εκείνο, στην έξοδο του οποίου ή τάση είναι ανάλογη προς την ταχύτητα μεταβολής της τάσεως εισόδου. Κύκλωμα ολοκληρώσεως ονομάζεται εκείνο, στην είσοδο του οποίου ή τάση είναι ανάλογη με τό «όλοκλήρωμα» της τάσεως εισόδου.

Τά κυκλώματα διαφορίσεως καί ολοκληρώσεως έχουν πολλές εφαρμογές. Χρησιμοποιούνται καί στους δέκτες τηλεοράσεως, γιά τό διαχωρισμό τών παλμών συγχρονισμού γραμμών καί πλαισίων.

40.2 Τό κύκλωμα διαφορίσεως.

Στό σχήμα 40.2α φαίνεται ένα κύκλωμα διαφορίσεως. Έστω ότι στό κύκλωμα αυτό εφαρμόζεται μεταβαλλόμενη τάση μέ ὀρθογώνια μορφή. Ένας πλήρης παλμός της τάσεως αυτής διαρκεί από Α ὡς Β.

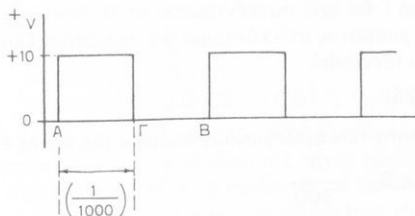


Σχ. 40.2α.

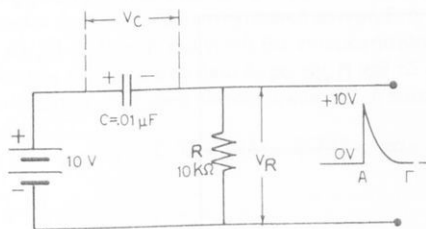
Γιά νά γίνουν οι συλλογισμοί πού ἀκολουθοῦν ἀπλούστεροι, θά μεταθέσουμε τή στάθμη ἀναφορᾶς 0 βόλτ κατά 5 βόλτ πρὸς τά κάτω. Μὲ αὐτό τόν τρόπο ἡ τάση

ὀρθογώνιας μορφῆς θά εἶναι αὐτή πού φαίνεται στό σχῆμα 40.2β.

Παρατηροῦμε λίγο πρὶν ἀπό τό σημεῖο Α (σχ. 40.2β) ὅτι ἡ τάση πού ἐφαρμόζεται εἶναι 0 βόλτ. Στό Α ὑψώνεται ἀπότομα (κατακόρυφα) στή στάθμη τῶν 10 V καί διατηρεῖται σταθερή στά 10 βόλτ στό χρονικό διάστημα ἀπό Α ὡς Β (ἔστω π.χ. ἐπὶ 1/1000 τοῦ δευτερολέπτου). Εἶναι, δηλαδή, σάν νά τροφοδοτεῖται τό κύκλωμα ἐπὶ 1/1000 τοῦ δευτερολέπτου μέ πηγὴ συνεχοῦς τάσεως 10 βόλτ. Τῇ χρονικῇ στιγμῇ Β ἡ τάση τῆς πηγῆς πέφτει πάλι ἀπότομα στά 0 βόλτ καί παραμένει 0 βόλτ μέχρι τῇ χρονικῇ στιγμῇ Β. Καί στή συνέχεια ὁ κύκλος ἐπαναλαμβάνεται.



Σχ. 40.2β.



Σχ. 40.2γ.

Αὐτὴ τὴν ὀρθογώνια τάση ὁδηγοῦμε στὴν εἰσὸδο τοῦ κυκλώματος CR τοῦ σχήματος 40.2α καί ἐξετάζομε ποιά θά εἶναι ἡ μορφή τῆς τάσεως στὴν ἐξὸδο στά ἄκρα τῆς ἀντιστάσεως R.

Στὴ χρονικὴ στιγμῇ Α ἡ τάση εἰσόδου ἀπὸ 0 βόλτ ὑψώνεται κατακόρυφα στά 10 βόλτ. Τῇ στιγμῇ αὐτῇ πού γίνεται ἀπότομη μεταβολὴ τῆς τάσεως εἰσόδου, ὁ πυκνωτὴς C προβάλλει ἀμελητέα ἀντίσταση, τό ρεῖσμα I ἔχει τὴ μέγιστη τιμὴ του καί ὁλόκληρη ἡ τάση τῶν 10 βόλτ ἐμφανίζεται στά ἄκρα τῆς R. Ἀφοῦ ἡ πηγὴ παρέχει 10 βόλτ, ὁ C θά φορτίζεται μέσω τῆς R καί μέσω τῆς πηγῆς, ὅπως ἂν εἶχαμε στὴν εἰσὸδο τοῦ κυκλώματος πηγὴ μέ συνεχὴ τάση 10 V. Ὁ πυκνωτὴς ὁμως φορτίζεται μέ τὴν πολικότητα τοῦ σχήματος 40.2γ (ἀντίθετη ἀπὸ τὴν πολικότητα τῆς πηγῆς). Ἐπομένως, ἡ τάση πού συγκεντρώνεται στοὺς ὀπισθομῶς τοῦ θά ἀφαιρεῖται ἀπὸ τὰ 10 βόλτ τῆς πηγῆς. Ὄταν π.χ. ἡ τάση στά ἄκρα τοῦ C γίνῃ 1 βόλτ ἡ τάση πού θά ἀπομείνῃ στά ἄκρα τῆς R θά εἶναι $10 - 1 = 9$ βόλτ.

Ὄταν ὁ C φορτισθεῖ στά 2 βόλτ, ἡ τάση V_R θά γίνῃ $10 - 2 = 8$ βόλτ κ.ο.κ.

Όταν τελικά, ο πυκνωτής φορτισθεί στην τάση της πηγής (όταν, δηλαδή, $V_C = 10\text{ V}$), η τάση στα άκρα της R θα είναι 0.

Η τάση όμως της πηγής κρατείται στα 10 βόλτ μόνο από Α ως Γ. Το έρωτημα είναι: Θα προφθάσει ο C να φορτισθεί στα 10 βόλτ στο ίδιο χρονικό διάστημα;

Είναι γνωστό από την άσκηση «Σταθερά χρόνου» (άσκηση 6), ότι πυκνωτής C όταν φορτίζεται από πηγή συνεχούς τάσεως μέσω αντιστάσεως R χρειάζεται χρονικό διάστημα ίσο με 5 σταθερές χρόνου για να συγκεντρώσει στους όπλισμούς του τάση ίση **πρακτικά** με την τάση της πηγής που τον φορτίζει.

Άρα, αν ο χρόνος από Α ως Γ ισοϋται με 5 (τουλάχιστον) σταθερές χρόνου, ο C κατά τη χρονική στιγμή Γ θα έχει συγκεντρώσει τα 10 βόλτ της πηγής στους όπλισμούς του, ή ροή του ρεύματος στο κύκλωμα θα σταματήσει καί επομένως η τάση στα άκρα της R θα μηδενισθεί.

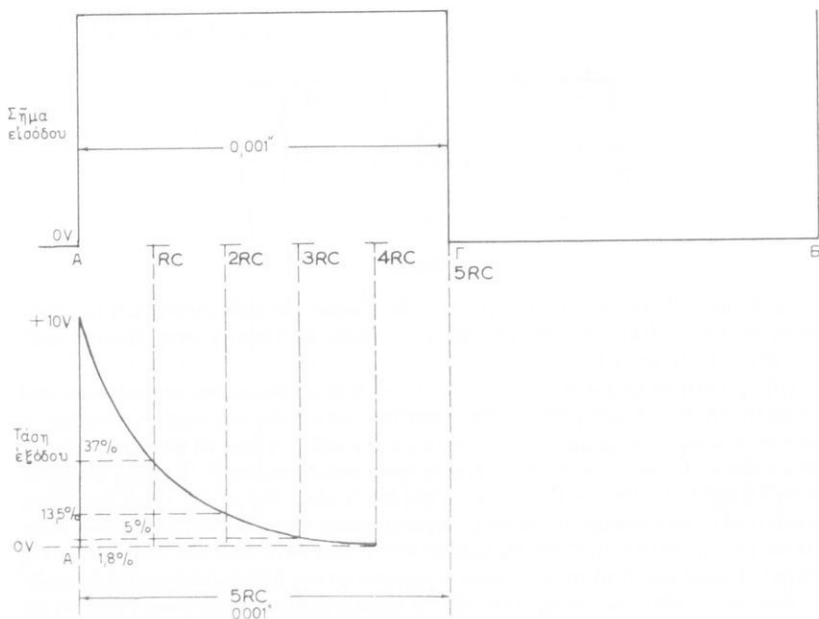
Παράδειγμα (σχ. 40.26).

Έστω ότι η συχνότητα των ορθογωνίων παλμών της πηγής είναι 500 Hz. Συνε-

πώς ο χρόνος από Α ως Β = $\frac{1}{500}$ "

Χρόνος από Α ως Γ = $\frac{1}{1000}$ " = 0,001 "

Έστω ότι $C = 10.000\text{ }\mu\text{F}$ και $R = 20.000\text{ }\Omega$.



Σχ. 40.26.

Τάση πηγής (είσόδου) και τάση εξόδου για τό χρονικό διάστημα από Α ως Γ.

Υπολογισμός: Μιά σταθερά χρόνου $RC = 10.000 \cdot 10^{-12} \cdot 20.000 = 2 \cdot 10^{-4} = 0,0002''$

5 σταθερές χρόνου $= 5 \cdot 0,0002 = 0,001''$.

Δηλαδή, 5 σταθερές χρόνου διαρκούν όσο και τό μισό της τάσεως εισόδου (άπό Α ως Γ, σχ. 40.2δ).

Τώρα, όπως είναι γνωστό, σέ χρόνο $RC = 0,0002''$, θά είναι $V_C = 0,63 \cdot 10 = 6,3 \text{ V}$.

Άρα ή τάση $V_R = 10 - 6,3 = 3,7 \text{ V}$.

Σέ χρόνο $2RC = 2 \cdot 0,0002''$, θά είναι $V_C = 8,65 \text{ V}$.

Άρα $V_R = 10 - 8,65 = 1,35 \text{ V}$.

Μέ ὁμοιο τρόπο: Σέ $3RC$, $V_R = 0,5 \text{ V}$

Σέ $4RC$, $V_R = 0,18 \text{ V}$

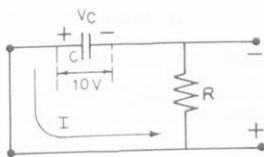
Σέ $5RC (= 5 \cdot 0,0002'' = 0,001'')$, $V_R = 0,07 \text{ V} \approx 0 \text{ V}$.

Δηλαδή, σέ 5 σταθερές χρόνου ή τάση V_R θά ἔχει πρακτικά μηδενισθεῖ.

Στό χρονικό διάστημα ἀπό Γ ως Β, ή τάση τῆς πηγῆς εἶναι 0 βόλτ. Ἡ μόνη πηγὴ πού ὑπάρχει τότε στό κύκλωμα εἶναι ὁ πυκνωτής, ὁ ὁποῖος ἔχει τάση 10 βόλτ στούς ὀπισμοὺς του, μέ πολικότητα ὅμως, ἀντίθετη ἀπὸ τὴν προηγούμενη πολικότητα τῆς πηγῆς. Θά ἀρχίσει λοιπόν ὁ C νά ἐκφορτίζεται μέσω τῆς R καί μέσω τῆς πηγῆς (θεωροῦμε ἀμελητέα τὴν ἐσωτερικὴ ἀντίσταση), μέ ρεῦμα ἐκφορτίσεως ἀντίθετο καί ἐπομένως ή τάση V_R θά ἔχει ἀντίθετη πολικότητα ἀπὸ ὅ,τι στή φόρτιση.

Ἡ ἐκφόρτιση γίνεται ὡς ἐξῆς: Μόλις τῇ χρονικῇ στιγμῇ Γ, ή τάση τῆς πηγῆς γίνεαι 0 βόλτ, ὁλόκληρα τὰ 10 βόλτ τοῦ πυκνωτῆ θά ἐπικρατήσουν ἀπότομα στὰ ἄκρα τῆς R. Τό σημεῖο «πλήν» θά εἶναι στό ἄνω ἄκρο τῆς R καί τό «σύν» στό κάτω (σχ. 40.2ε). Ὅπως εἶναι γνωστό, σέ χρόνο ἐκφορτίσεως RC , ή τάση V_C θά εἶναι:

$$V_C = 0,37 \cdot 10 \text{ V} = 3,7 \text{ V}$$



Σχ. 40.2ε.

Ἰσοδύναμο κύκλωμα γιὰ τό χρονικό διάστημα ἀπό Γ ως Β.

Άρα στὰ ἄκρα τῆς R θά ἐπικρατεῖ ή ἴδια τάση $V_R = -3,7 \text{ V}$.

Τό ἴδιο θά εἶναι: Σέ $2RC$, $V_R = -1,35 \text{ V}$

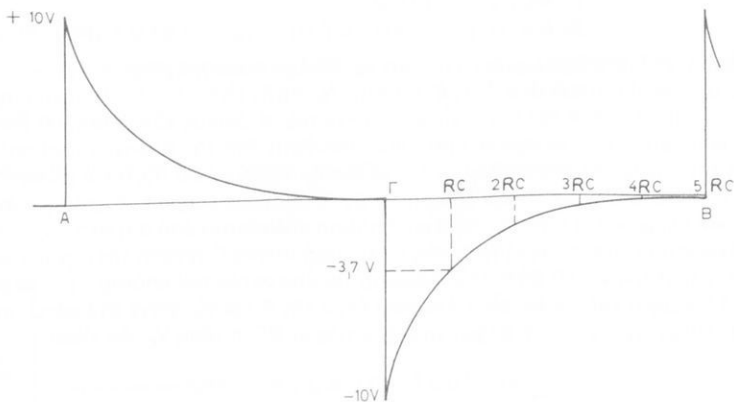
Σέ $3RC$, $V_R = -0,5 \text{ V}$

Σέ $4RC$, $V_R = -0,18 \text{ V}$

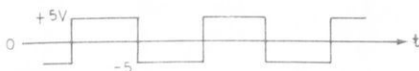
Σέ $5RC$, $V_R = -0,07 \text{ V} \approx 0 \text{ V}$.

Δηλαδή, σέ χρόνο $5RC$ ὁ πυκνωτής θά ἔχει ἐκφορτισθεῖ πλήρως (πρακτικά) μέσω τῆς R καί τῆς πηγῆς.

Στή συνέχεια ἡ τάση τῆς πηγῆς γίνεται πάλι ἀπότομα 10 βόλτ καί ὁ κύκλος ἐπαναλαμβάνεται (σχ. 40.2στ). Σέ ὅλη αὐτή τή διαδικασία φορτίσεως καί ἐκφορτίσεως ὑποθέσαμε ὅτι ἡ πηγὴ ἔχει μηδενικὴ (ἢ ἀμελητέα) ἐσωτερικὴ ἀντίσταση. Γιατί, ἂν ἔχει ἐσωτερικὴ ἀντίσταση, π.χ. $\rho = 2000 \, \Omega$, αὐτὴ θὰ προστίθεται στὴν R , ὁπότε ἡ σταθερὰ χρόνου θὰ περιλαμβάνει ἀντίσταση $(\rho + R)$ καί συνεπῶς ὁ χρόνος φορτίσεως καί ἐκφορτίσεως θὰ εἶναι διαφορετικὸς ἀπὸ ἐκεῖνον ποὺ ὑπολογίσαμε μέ μόνη τὴν R . Ὁ πυκνωτὴς, τότε, δέν θὰ φορτίζεται οὔτε θὰ ἐκφορτίζεται πλήρως, ὅπως εἶχαμε ὑπολογίσει. Γι' αὐτὸ ἡ πηγὴ τῶν τετραγωνικῶν παλμῶν τοῦ κυκλώματος διαφορίσεως πρέπει νά ἔχει ἀμελητέα ἐσωτερικὴ ἀντίσταση (τουλάχιστον ἀμελητέα σέ σύγκριση μέ τὴν R , νά εἶναι δηλαδή $\rho \ll R$). Ἄρα: Στό κύκλωμα διαφορίσεως ἡ πηγὴ πρέπει νά εἶναι **πηγὴ σταθερῆς τάσεως**.



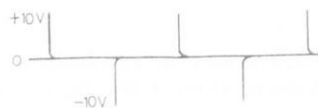
Σχ. 40.2στ.



Σχ. 40.2η.



Σχ. 40.2ζ.

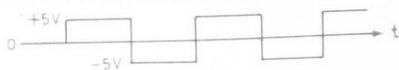


Σχ. 40.2θ.

Σταθερὰ χρόνου πολὺ μικρὴ σέ σχέση μέ τὴν περίοδο τοῦ σήματος εἰσόδου. Τέλεια διαφορίση.

“Αν τὰ R καὶ C στοὺ προηγούμενο παράδειγμα ἐλαττωθοῦν (μέ συχνότητα πηγῆς πάλι 500 Hz), πλήρης φόρτιση καὶ ἐκφόρτιση τοῦ C θὰ γίνεται, σέ μικρότερο χρόνο, γιατί ἡ σταθερά χρόνου θὰ ἔχει ἐλαττωθεῖ, ὁπότε ἡ τάση V_R θὰ ἔχει τίς μορφές πού φαίνονται στά σχήματα 40.2ζ, 40.2η καὶ 40.2θ. Γιά πολύ μικρό RC , ἡ V_R θὰ ἔχει τή μορφή λεπτῶν αἰχμῶν (σχ. 40.2θ). Λέμε τότε ὅτι ἡ διαφόριση εἶναι τέλεια.

“Αν πάλι τὰ R καὶ C αὐξηθοῦν, ἡ σταθερά χρόνου θὰ αὐξηθεῖ ἐπίσης, ὁπότε οὔτε ἡ φόρτιση οὔτε ἡ ἐκφόρτιση θὰ εἶναι πλήρης. Τότε ἡ V_R θὰ ἔχει τή μορφή πού δείχνουν τὰ σχήματα 40.2ι καὶ 40.2ια καὶ ἡ διαφόριση θὰ εἶναι ἀτέλεια.



Σχ. 40.2ι.



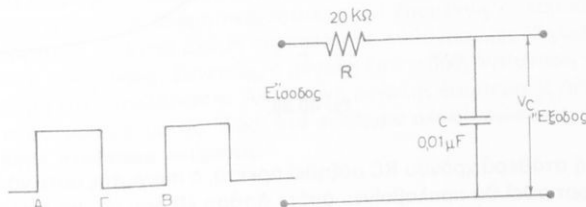
Σχ. 40.2ια.

“Οχι τέλεια διαφόριση.

“Ὡστε μέ μικρή σταθερά χρόνου πετυχαίνομε τέλεια διαφόριση, μετατρέπομε, δηλαδή, τοὺς τετραγωνικοὺς παλμούς σέ παλμούς λεπτῶν αἰχμῶν.

40.3 Τό κύκλωμα ὁλοκληρώσεως.

“Εστω τώρα τό κύκλωμα ὁλοκληρώσεως (σχ. 40.3α). Σέ αὐτό πάλι μία πηγὴ τετραγωνικῶν παλμῶν τροφοδοτεῖ κύκλωμα RC . “Εστω ὅτι εἶναι $R = 20.000 \Omega$, $C = 10.000 \mu F$. Ἡ τάση ἐξόδου V_C λαμβάνεται στά ἄκρα τοῦ C .



Σχ. 40.3α.

Πάλι τή χρονική στιγμή A , στήν ὁποία ἡ τάση τῆς πηγῆς δεχόμαστε ὅτι ὑψώνεται κατακόρυφα, ὁ πυκνωτής ἀποτελεῖ σχεδόν βραχυκύκλωμα καὶ ἄρα $V_C = 0$

βόλτ. 'Ακολουθως, ο πυκνωτής φορτίζεται μέσω της R και της πηγής και, ως γνωστόν, σέ χρόνο $= RC$ θά'είναι: $V_C = 0,63 \cdot 10 = 6,3 \text{ V}$.

Σέ $2RC$ θά'είναι: $V_C = 8,65 \text{ V}$

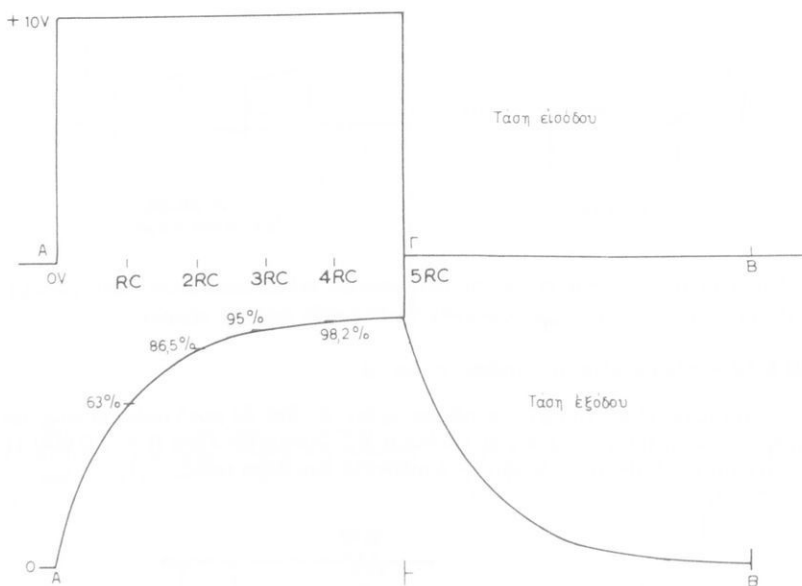
Σέ $3RC$ θά'είναι: $V_C = 9,5 \text{ V}$

Σέ $4RC$ θά'είναι: $V_C = 9,82 \text{ V}$

Σέ $5RC$ θά'είναι: $V_C = 9,93 \approx 10 \text{ V}$.

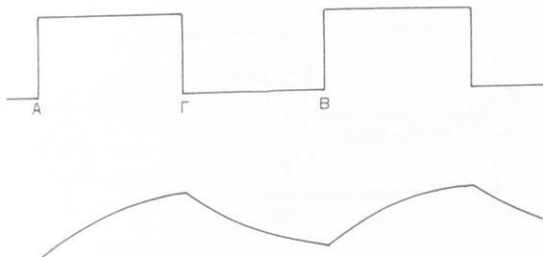
Δηλαδή, στο τέλος της ήμπεριόδου (χρονική στιγμή Γ), ο πυκνωτής θά'είναι (πρακτικά) φορτισμένος στην τάση της πηγής (10 V).

Τή στιγμή Γ ή τάση της πηγής γίνεται απότομα 0 βόλτ. Τότε ή μόνη πηγή που απομένει στο κύκλωμα είναι ο φορτισμένος C , ο όποιος εκφορτίζεται μέσω της R και της πηγής και, όπως φαίνεται στο σχήμα 40.3β, στή χρονική στιγμή B θά'έχει εκφορτισθεί.



Σχ. 40.3β.

Αν τώρα ή σταθερά χρόνου RC αυξηθεί αρκετά, ο πυκνωτής ούτε νά φορτισθεί ούτε νά εκφορτισθεί θά προλαβαίνει, όποτε ή τάση εξόδου V_C θά έχει τίς μορφές που φαίνονται στά σχήματα 40.3γ, 40.3δ και 40.3ε. Παρατηρούμε τότε, ότι οι καμπύλες φορτίσεως και εκφορτίσεως γίνονται περισσότερο ευθύγραμμες, μέχρι νά γίνουν σχεδόν ευθείες, όταν ή σταθερά χρόνου RC γίνει αρκετά μεγάλη. Τότε λέμε ότι έχουμε τέλεια όλοκλήρωση.



Σχ. 40.3γ.



Σχ. 40.3δ.



Σχ. 40.3ε.

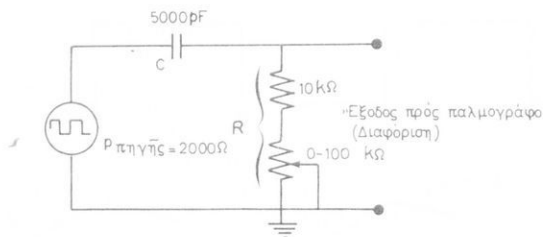
Σταθερά χρόνου πολύ μεγάλη σε σχέση με την περίοδο του σήματος εισόδου. Τέλεια ολοκλήρωση.

Παρατηρούμε ότι η σταθερά χρόνου του κυκλώματος μπορεί να αυξηθεί, όταν αυξηθεί ή R . Όστε, όταν ή R αυξάνεται, τά τμήματα στίς καμπύλες φορτίσεως και έκφορτίσεως γίνονται περισσότερο ευθύγραμμα. Σε αυτή την περίπτωση, αν ή πηγή έχει έσωτερική αντίσταση ρ , αυτή προστίθεται στην R (άφου είναι σε σειρά) και ή σταθερά χρόνου αυξάνεται ακόμη περισσότερο και έπομένως οί καμπύλες φορτίσεως - έκφορτίσεως γίνονται ακόμη περισσότερο ευθύγραμμες (δηλαδή, ή ολοκλήρωση γίνεται τελειότερη). Συνεπώς, ή μεγάλη έσωτερική αντίσταση της πηγής κάνει τελειότερη την ολοκλήρωση. Άλλά πηγή μεγάλης έσωτερικής αντίστάσεως είναι πηγή σταθερού ρεύματος. Άρα: **στό κύκλωμα ολοκληρώσεως, ή πηγή πρέπει νά είναι πηγή σταθερού ρεύματος.**

40.4 Έργασία.

α) Κύκλωμα διαμορφώσεως.

1) Νά συνδεσμοποιηθεί τό κύκλωμα του σχήματος 40.4α. Η γεννήτρια χαμηλών συχνοτήτων παρέχει όρθογώνιους παλμούς. Ό παλμογράφος ρυθμίζεται κά-



Σχ. 40.4α.

θε φορά στην κατάλληλη συχνότητα σαρώσεως, ώστε να εμφανίζονται 2 ως 4 κύματα του σήματος εξόδου στην οθόνη του. (Ο καθηγητής του Έργαστηρίου θα σάς δώσει την ρ της γεννήτριας).

Οδηγήσετε την έξοδο της γεννήτριας Χ.Σ. στον παλμογράφο και διαπιστώστε ότι το σήμα εξόδου της έχει ορθογώνια μορφή. Ακολουθώντας συνδέσετε τον παλμογράφο στην έξοδο του κυκλώματος διαφορίσεως.

2) Για συχνότητες του σήματος εισόδου: $f = 1000 \text{ Hz}$, $f = 5000 \text{ Hz}$ και $f = 100 \text{ Hz}$, νά ληφθούν ποικίλα παλμογραφήματα για διάφορες τιμές του ροοστάτη R .

- Για ποιά συχνότητα έχουμε τελειότερη διαφόριση, δηλαδή λεπτές αιχμές τάσεως εξόδου;
- Στην περίπτωση, κατά την οποία παρουσιάζονται λεπτές αιχμές, ποιά ή σταθερά χρόνου του κυκλώματος; $R_{0\lambda} = (\rho + R)$ και $R_{0\lambda} \cdot C = \dots$ δευτερόλεπτα.
- Ποιά ή περίοδος του σήματος εισόδου;

$$\text{περίοδος} = \frac{1}{f} = \dots \text{ δευτερόλεπτα}$$

- Είναι ή σταθερά χρόνου **πολύ μικρότερη** από την περίοδο του σήματος εισόδου;

3) Ρυθμίσετε τη συχνότητα της γεννήτριας σέ 500 Hz . Υπολογίστε το χρόνο μιάς ήμπεριόδου:

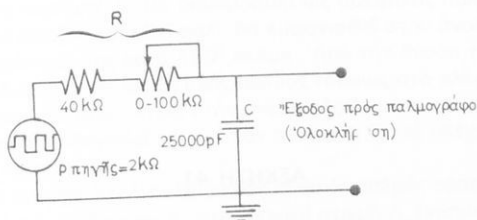
$$T/2 = \dots \text{ δευτερόλεπτα}$$

Ακολουθώντας, ρυθμίστε την R , ώστε στο παλμογράφημα νά φαίνονται πλήρεις φορτίσεις και έκφορτίσεις του πυκνωτή, όπως στο σχήμα 40.2δ. Όταν επιτύχετε τη συνθήκη αυτή, από τα R , C του κυκλώματος υπολογίστε τη σταθερά χρόνου και πολλαπλασιάσετε επί 5, δηλαδή $5 \cdot RC = \dots$ δευτερόλεπτα (λάβετε $R_{0\lambda} = \rho + R$).

Ο χρόνος αυτός είναι ίσος με εκείνον της μιάς ήμπεριόδου που υπολογίσατε πριν;

β) Κύκλωμα διαφορίσεως.

4) Νά συνδεσμολογηθεί το κύκλωμα του σχήματος 40.4β. Για συχνότητες 300 , 1000 και 2000 Hz , νά ληφθούν ποικίλα παλμογραφήματα για διάφορες τιμές του ροοστάτη R .



Σχ. 40.4β.

Γιά ποιά συχνότητα έχετε τελειότερη ολοκλήρωση, δηλαδή σχεδόν εύθειες της τάσεως εξόδου; Σημειώσετε $f = \dots$ Hz. Στην περίπτωση αυτή, ποιά είναι ή σταθερά χρόνου του κυκλώματος; Λάβετε $R_{ολ} = \rho + R$. Υπολογίστε: $R_{ολ} \cdot C = \dots$ δευτερόλεπτα.

Ποιά ή περίοδος του σήματος εισόδου; Υπολογίστε: περίοδος $= 1/f = \dots$ δευτερόλεπτα.

Είναι ή σταθερά χρόνου **πολύ μεγαλύτερη** από την περίοδο του σήματος εισόδου;

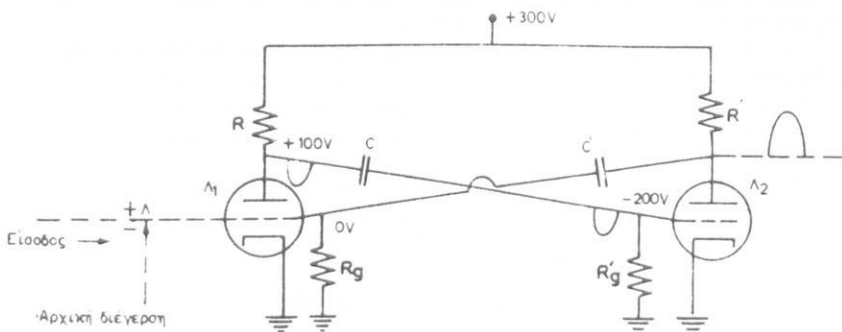
ΑΣΚΗΣΗ 41

ΑΥΤΟΔΙΕΓΕΙΡΟΜΕΝΟΣ ΠΟΛΥΔΟΝΗΤΗΣ

41.1 Γενικά.

Ο αὐτοδιεγερόμενος πολυδονητής είναι ένα συμμετρικό κύκλωμα με δύο ενισχυτικές βαθμίδες (μέ λυχνίες ή τρανζίστορ).

Εξετάζουμε πρώτα έναν αὐτοδιεγερόμενο πολυδονητή μέ λυχνίες. Στο σχήμα 41.1α φαίνεται ένα τέτοιο κύκλωμα.

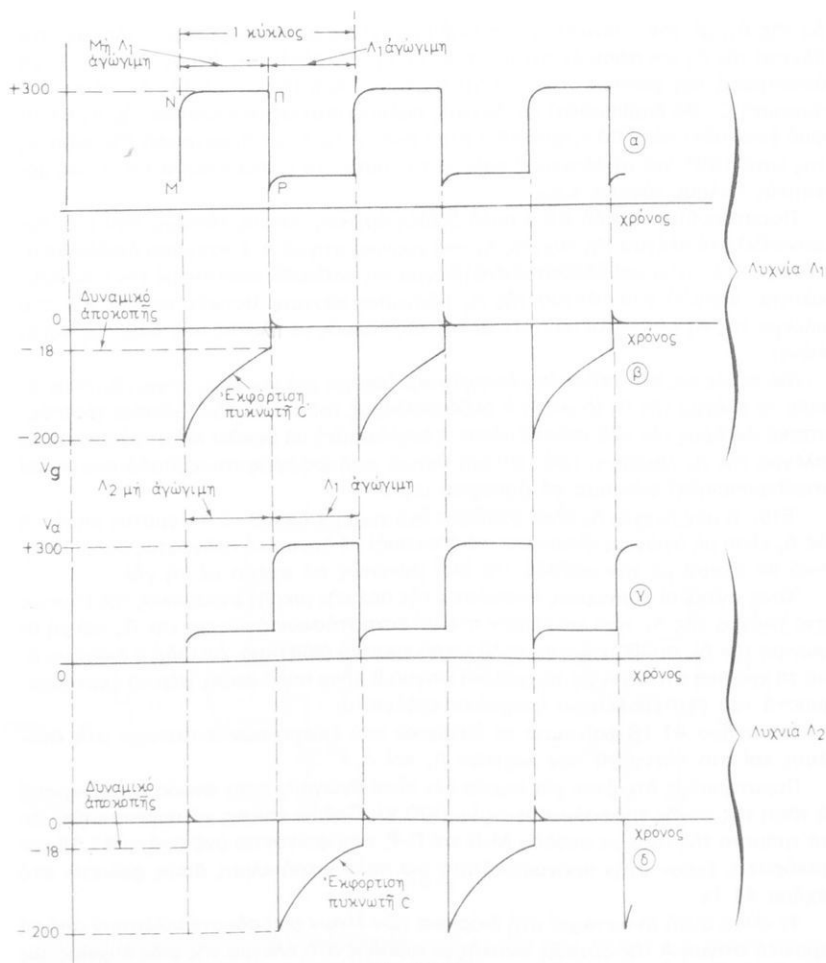


Σχ. 41.1α.

Οι δύο λυχνίες του είναι συνδεσμοποιημένες σαν ενισχυτρίες που έχουν για άνοδικά φορτία ωμικές αντιστάσεις ($R - R'$). Η λυχνία Λ_2 είναι συζευγμένη μέ την Λ_1 μέ τόν πυκνωτή C . Τό κύκλωμα αυτό παράγει ταλαντώσεις μόνο του (αὐτοταλαντώνεται) καί γι' αυτό έχει ονομασθεῖ αὐτοδιεγερόμενος πολυδονητής.

Ἡ λειτουργία του είναι ἡ ἑξῆς:

Όταν τό κύκλωμα τεθεῖ σέ λειτουργία, τά δυναμικά στά διάφορα ἡλεκτροδία τῶν δύο λυχνιῶν δέν παίρνουν ἀμέσως μιά σταθερή τιμή. Ὅπωςοδήποτε θά ὑπάρχουν μικρές μεταβολές τάσεως, τόσο στά πλέγματα όσο καί στίς ἀνόδους. Ἐστω π.χ. ὅτι σέ κάποια χρονική στιγμή A ἐμφανίζεται στό πλέγμα τῆς Λ_1 μιά μικρή μεταβολή τῆς τάσεως, ὅπως δείχνει τό σχήμα 41.1α. Ἡ μεταβολή αὕτη μπορεῖ νά εἶναι μόνο μερικά μικροβόλτ, θά ἐνισχυθεῖ ὁμως ἀπό τήν Λ_1 καί θά ἐμφανισθεῖ στήν ἀνοδὸ τῆς ἐνισχυμένη καί μέ ἀντιστροφὴ τῆς φάσεώς της κατὰ 180° . Ἀπό τήν ἀνο-

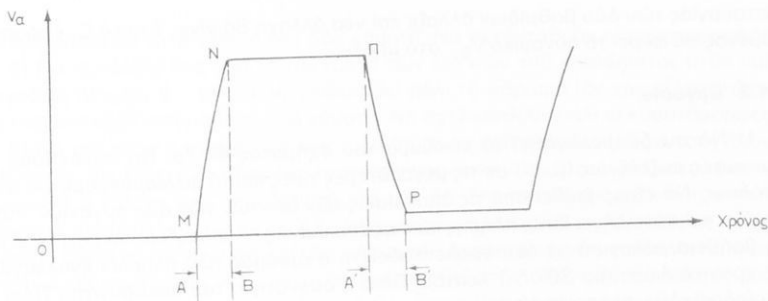


Σχ. 41.1β.

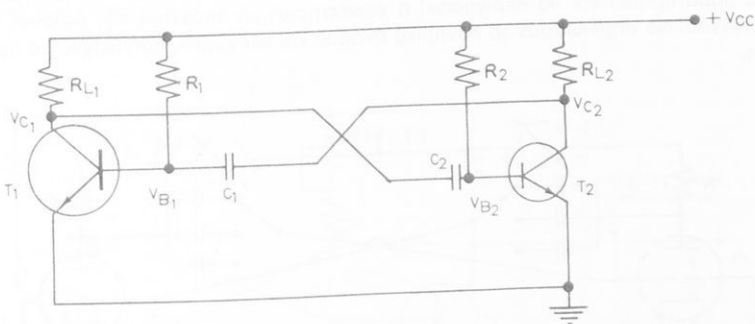
Μορφές των τάσεων που επικρατούν στις ανόδους και στα πλέγματα των λυχνιών Λ_1 και Λ_2 αντίστοιχα. Η τάση (α) επικρατεί μεταξύ ανόδου-γής της λυχνίας Λ_1 . Η τάση (β) επικρατεί στα αντίστοιχα χρονικά διαστήματα μεταξύ πλέγματος-γής της ίδιας λυχνίας. Τό ίδιο, η τάση (γ) επικρατεί μεταξύ ανόδου-γής και η τάση (δ) μεταξύ πλέγματος-γής της λυχνίας Λ_2 .

Η αγωγιμότητα ή μη αγωγιμότητα κάθε λυχνίας διαρκεί τόσο χρόνο, όσος χρειάζεται για να έκφορτισθεί ο πυκνωτής ανόδου της άλλης λυχνίας από την τάση των -200 βόλτ ως την τάση απόκοπής (-18 βόλτ).

Έτσι με πυκνωτές π.χ. 1 μF και αντιστάσεις πλεγμάτων 1 $\text{M}\Omega$, η συχνότητα των ταλαντώσεων είναι τόσο χαμηλή, ώστε μπορούμε να τις βλέπουμε στις διαδοχικές αποκλίσεις των δεικτών δύο μιλλιαμπερομέτρων που είναι συνδεδεμένα στις ανόδους. Αν όμως είναι $C = C' = 1000 \mu\text{F}$ και $R_g = R_g' = 100.000 \Omega$, η συχνότητα



Σχ. 41.1γ.



Σχ. 41.1δ.

των ταλαντώσεων είναι μεγάλη και μπορούμε τότε να δοῦμε τις ταλαντώσεις αυτές στην οθόνη ενός παλμογράφου.

Ένα κύκλωμα αυτόδιεγερόμενου πολυδονητή με τρανζίστορ φαίνεται στο σχήμα 41.1δ. Η λειτουργία του είναι ακριβώς ὁμοία με εκείνη που ἐξετάσαμε στο κύκλωμα με λυχνίες.

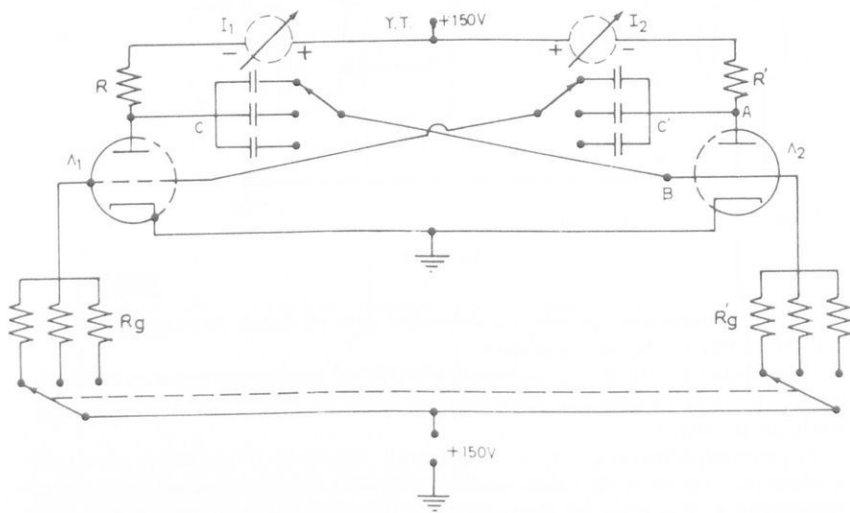
Στή χρονική διάρκεια $t_0 - t_1$ το τρανζίστορ T_1 ἐργάζεται με συνθήκες κόρου και ἡ τάση τοῦ συλλέκτη V_{C1} είναι σχεδόν μηδενική. Τὴν ἴδια χρονική περίοδο τὸ τρανζίστορ T_2 βρίσκεται σὲ ἀποκοπή και ἡ τάση V_{C2} είναι ἴση με τὴν τάση τῆς πηγῆς. Τὸ δυναμικὸ V_{B1} στή βάση τῆς βαθμίδας T_1 σὲ ὅλη αὐτὴ τὴ χρονική διάρκεια εἶναι λίγο μεγαλύτερο ἀπὸ τὸ μηδέν και διατηρεῖ τὴν T_1 ἀγώγιμη. Τὸ δυναμικὸ τῆς βάσεως V_{B2} τῆς βαθμίδας T_2 , ἐπειδὴ ρυθμίζεται ἀπὸ τὴν ἐκφόρτιση τοῦ C_2 , εἶναι ἀρνητικὸ και διατηρεῖ τὴν T_2 σὲ ἀποκοπή. Ἡ ἀποκοπή τῆς T_2 συνεχίζεται ὡς τὴ στιγμή t_1 ὁπότε ὁ ἐκφορτιζόμενος πυκνωτὴς C_2 φέρνει τὸ δυναμικὸ τῆς βάσεως V_{B2} σὲ μηδέν. Τὴ στιγμή αὐτὴ ἡ T_2 γίνεται ἀγώγιμη, ὁ πυκνωτὴς C_2 φορτίζεται μέσω τῆς R_{L1} σὲ τὸ δυναμικὸ τῆς πηγῆς, ἐνῶ ἀρχίζει ἡ ἐκφόρτιση τοῦ C_{B1} μέσω τῆς R_1 και ἡ λειτουργία τῆς βαθμίδας T_2 ἀποκόπτεται. Δηλαδή, ἡ κατάσταση

λειτουργίας των δύο βαθμίδων άλλαξε καί νέα αλλαγή θά γίνει, όταν ὁ C_1 ἐκφορτιζόμενος θά φέρει τὸ δυναμικὸ V_{B_1} στὸ μηδέν.

41.2 Ἔργασία.

1) Νά συνδεσμοποιηθεῖ τὸ κύκλωμα τοῦ σχήματος 41.2α. Νά συνδεθοῦν οἱ πυκνωτές συζεύξεως (C , C') μέ τίς μεγαλύτερες τιμές καί τὰ μιλιαμπερόμετρα στίς ἀνόδους. Νά ἐξακριβωθεῖ ἀπὸ τίς ἀποκλίσεις τῶν δεικτῶν τῶν δύο ὀργάνων, πότε ἀρχίζει καί πότε λήγει κάθε πλήρης κύκλος ἐναλλαγῆς. Ἀκολουθῶς νά μετρηθεῖ μέ τή βοήθεια ρολογιοῦ μέ δευτερολεπτοδείκτη ὁ ἀριθμὸς τῶν πλήρων ἐναλλαγῶν σέ χρονικὸ διάστημα 30" ἢ 1 λεπτοῦ. Ποιὰ ἡ συχνότητά τοῦ πολυδονητῆ; Ποιὰ ἡ περίοδος κάθε πλήρους κύματος;

2) Νά συνδεθεῖ ἡλεκτρονικὸ βολτόμετρο συνεχοῦς πρῶτα στὰ σημεῖα Α - γῆ (σχ. 41.2α) καί μετὰ στὰ σημεῖα Β - γῆ τοῦ κυκλώματος. Καί στίς δύο περιπτώσεις νά παρατηρηθεῖ καί νά περιγραφεῖ ἡ χαρακτηριστικὴ ἀπόκλιση τῆς βελόνας τοῦ ὀργάνου. Νά σημειωθοῦν τὰ δυναμικὰ ἀνόδου καί πλέγματος ποὺ δείχνει τὸ ὄργανο.



Σχ. 41.2α.

3) Ἀφοῦ διακοπεῖ ἡ $Y.T.$, νά ἀποσυνδεθοῦν ἀπὸ τὸ κύκλωμα τὰ μιλιαμπερόμετρα καί νά συνδεθοῦν οἱ πυκνωτές συζεύξεως μέ τίς μικρότερες τιμές. Νά ὀδηγηθεῖ πρὸς παλμογράφο ἡ ἐξόδος τοῦ κυκλώματος (σημεῖα Α - γῆ, σχ. 41.2α).

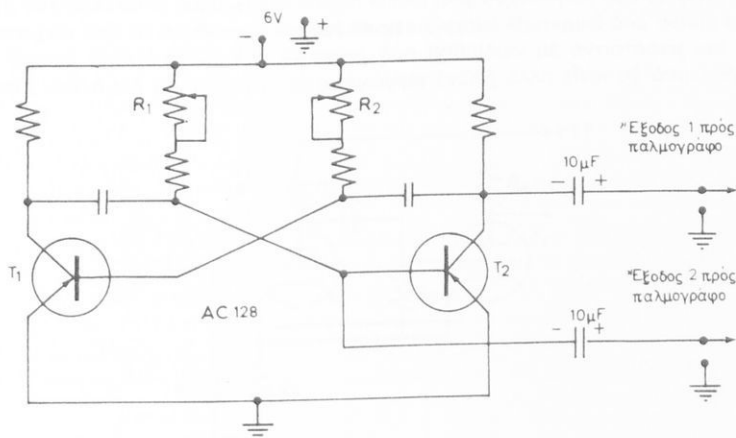
Ἀφοῦ συνδεθεῖ πάλι ἡ $Y.T.$, νά ρυθμισθεῖ τὸ σάρωμα τοῦ παλμογράφου, ὥστε

νά εμφανισθούν στην οθόνη του δύο κύματα. Νά σχεδιασθούν οι κυματομορφές.

4) Νά συνδεθεί ένα από τά πλέγματα των λυχνιών του κυκλώματος στον παλμογράφο (σημεία Β - γή) και νά ρυθμισθεί πάλι τό σάρωμα (άν χρειάζεται), ώστε νά εμφανισθούν στην οθόνη δύο κύματα. Νά σχεδιασθούν πάλι οι κυματομορφές.

5) Νά μετρηθεί ή συχνότητα των ταλαντώσεων του πολυδονητή μέ τούς ίδιους πυκνωτές, ως έξης: Στά πλακίδια κατακόρυφης απόκλισης του παλμογράφου νά οδηγηθεί ή έξοδος του πολυδονητή (σημείο Α). Στά πλακίδια οριζόντιας απόκλισης νά συνδεθεί ταλαντωτής Χ.Σ. ήμιτονικού σήματος. Ό παλμογράφος νά ρυθμισθεί ώστε νά παρέχει στίγμα (δχι σάρωμα). Ακολουθως νά μεταβάλλεται ή συχνότητα της γεννήτριας Χ.Σ., μέχρι νά εμφανισθεί στην οθόνη ένας κλειστός βρόχος. Τότε ή συχνότητα του πολυδονητή θά είναι ή ίδια μέ τή συχνότητα της γεννήτριας.

6) Νά συνδεσμολογηθεί τό κύκλωμα του σχήματος 41.2β. **Προσοχή** στην πολικότητα της τάσεως.

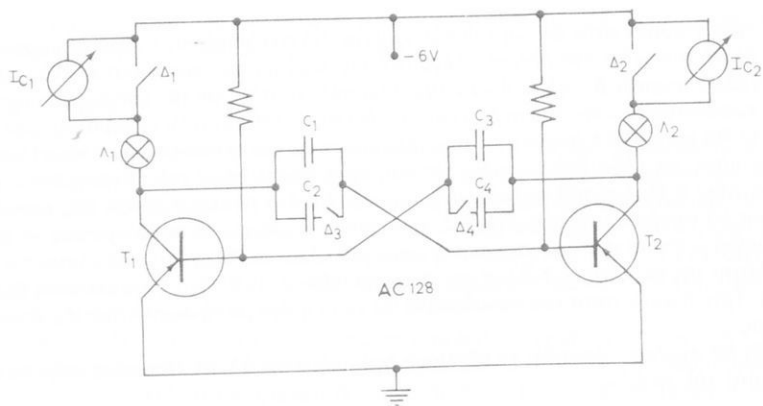


Σχ. 41.2β.

Όδηγήσετε την έξοδο 1 στον παλμογράφο και αφού ρυθμίσετε τό ροοστάτη R_1 παρατηρήσετε και σχεδιάσετε τά παλμογραφήματα. Έπαναλάβετε την ίδια εργασία όταν μεταβάλλετε την R_2 .

7) Μεταφέρετε την έξοδο 2 στην είσοδο του παλμογράφου και επαναλάβετε την ίδια εργασία μέ την περίπτωση 6.

8) Τροφοδοτήσετε τό κύκλωμα του σχήματος 41.2γ. Όλοι οι διακόπτες Δ_1 , Δ_2 , Δ_3 και Δ_4 στή θέση OFF. Τοποθετήσετε τά μιλλιαμπερόμετρα I_{C1} και I_{C2} στήν κλίμακα των 50 A και παρατηρήσετε τή συχνότητα μέ την όποία ανάβουν οι λαμπήρες Λ_1 και Λ_2 . Κλείσετε τον Δ_3 (ON), παρατηρήσετε και σχολιάσετε την αλλαγή. Τό ίδιο νά επαναληφθεί και μέ τό διακόπτη Δ_4 κλειστό (ON).



$\Sigma\chi. 41.2\gamma.$

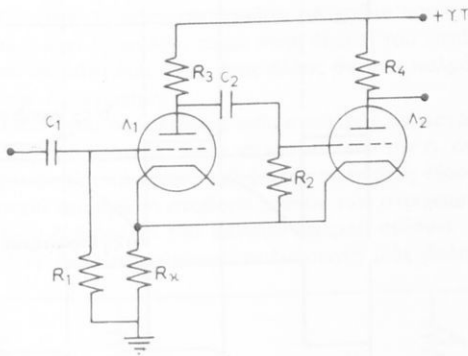
ΑΣΚΗΣΗ 42

ΠΟΛΥΔΟΝΗΤΗΣ ΜΙΑΣ ΒΟΛΗΣ Ή ΜΙΑΣ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ

42.1 Γενικά.

Τό κύκλωμα του σχήματος 42.1α δείχνει ένα πολυδονητή μιάς σταθερής καταστάσεως με λυχνίες.

Τό κύκλωμα αυτό παράγει ένα πλήρη κύκλο μιάς συχνότητας πού ορίζεται από τά στοιχεία πού τό συνθέτουν καί έφ' όσον διεγερθεί έξωτερικά από θετικό παλμό. Βασικά πρόκειται γιά ένα ένισχυτή δύο βαθμίδων μέ αντίστασεις καί πυκνωτές πού ή μιά βαθμίδα του είναι άγώγιμη ένω ή άλλη είναι σέ άποκοπή.



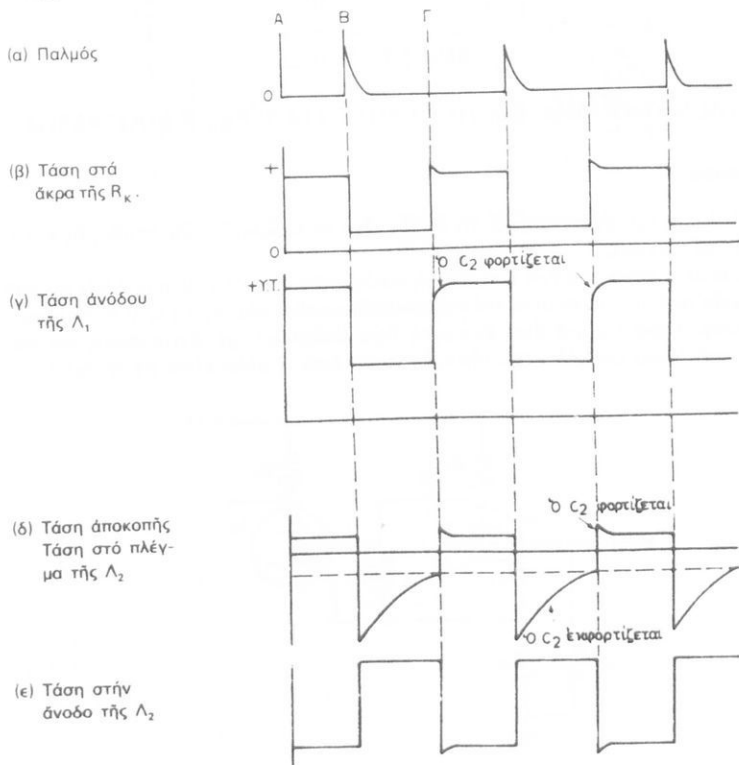
Σχ. 42.1α.

Η ίσορροπία του κυκλώματος εξασφαλίζεται με κατάλληλη πόλωση των λυχνιών. Έτσι ή πόλωση της Λ_2 είναι 0 (μηδέν) βόλτ, γιατί τό πλέγμα της είναι συνδεδεμένο στην κάθοδό της μέσω της R_2 καί από την R_2 δέν περνά ρεύμα μέ κανονικές συνθήκες. Τό άνοδικό ρεύμα της Λ_2 περνά μέσα από τή κοινή αντίσταση καθόδου R_k . Η πτώση τάσεως στην R_k είναι αρκετή γιά νά όδηγήσει τή βαθμίδα Λ_1 σέ άποκοπή. Ύπενθυμίζεται ότι είναι άδύνατο μιά λυχνία νά πολωθεί σέ δυναμικό άποκοπής, γιά όποιαδήποτε τιμή της αντίστάσεως καθόδου της. Έτσι ή Λ_1 θά γίνει άγώγιμη μόνο αν ή πόλωσή της γίνει μικρότερη από την τάση άποκοπής της. Αυτό τό κατορθώνομε μέ τήν έφαρμογή θετικού παλμού στό πλέγμα της Λ_1 ή αν όδηγήσομε σέ άποκοπή την Λ_2 .

Ἡ ὅλη λειτουργία τοῦ κυκλώματος ἐξηγεῖται γραφικὰ στὸ σχῆμα 42.1β.

α) Ἡ Λ_1 βρίσκεται μόνιμα σὲ ἀποκοπή ἐξαιτίας τῆς πτώσεως τάσεως στὴν R πού ἀναπτύσσεται ἀπὸ τὸ ρεῖμα ἀνόδου τῆς Λ_2 [σχ. 42.1β(α) - χρόνος A].

β) Ἀπὸ τὴν Λ_2 περνᾷ μεγάλο ἀνοδικὸ ρεῖμα, γιατί εἶναι πολωμένη σὲ δυναμικὸ 0 [σχ. 42.1β(δ) - χρόνος A].



Σχ. 42.1β.

γ) Ἡ ἀνοδος τῆς Λ_1 εἶναι στὸ δυναμικὸ τῆς πηγῆς. Ὁ C_2 φορτίζεται σὲ τάση ἴση μὲ ἐκείνη πού ἐπικρατεῖ μεταξύ ἀνόδου - καθόδου τῆς Λ_1 .

δ) Ἄν ἕνας θετικὸς παλμὸς μὲ ἀρκετὸ πλάτος, πού νά μπορεῖ νά ὁδηγήσει τὸ πλέγμα τῆς Λ_1 σὲ δυναμικὸ μικρότερο ἀπὸ τὸ δυναμικὸ ἀποκοπῆς, ἐφαρμοσθεῖ στὸ πλέγμα τῆς Λ_1 , ἡ βαθμίδα αὐτὴ ἀρχίζει νά ἀγει.

ε) Μόλις ἡ Λ_1 γίνει ἀγώγιμη ἡ ἀνοδικὴ τῆς τάση ὑποβιβάζεται. Ὁ ὑποβιβασμὸς αὐτὸς διὰ τοῦ C_2 ἐμφανίζεται στὸ πλέγμα τῆς Λ_2 σάν μιά τάση πού αὐξάνεται ἀρνητικά.

ζ) Ἡ τάση αὐτὴ πού αὐξάνεται ἀρνητικὰ ὑποβιβάζει τὸ I_{a_2} .

η) Ἡ πώση τάσεως στὴν R ὑποβιβάζεται ἐπιτρέποντας ἔτσι τὴν αὐξηση τοῦ I_{a_1} .

θ) Τὸ πλέγμα τῆς Λ_2 γίνεται περισσότερο ἀρνητικόν.

ι) Ἡ ὅλη ἐναλλαγή ($\epsilon - \theta$) ἐπαναλαμβάνεται ἕως ὅτου ἡ Λ_2 ἀποκοπεῖ, ἐνῶ ἡ Λ_1 θά εἶναι ἀγώγιμη μὲ τὸ μέγιστο δυνατό ρεῦμα. Ἡ μεταβίβαση τῆς ἀγωγιμότητος ἀπὸ τὴν Λ_2 στὴν Λ_1 γίνεται σχεδὸν ἀκαριαία.

Τὸ κύκλωμα παραμένει μὲ τὴν Λ_1 ἀγώγιμη καὶ τὴν Λ_2 σὲ ἀποκοπή στὴ χρονικὴ διάρκεια ἀπὸ $B - \Gamma$ (σχ. 42.1β), ἐνῶ ὁ C_2 ἐκφορτίζεται μέσω τῶν R_2 , R_K , πηγῆς καὶ R_3 , ἕως ὅτου ἡ τάση στὰ ἄκρα του φθάσει τὴν ἀνοδικὴ τάση τῆς Λ_1 .

Ὅταν ὅμως ἐκφορτίζεται ὁ C_2 ἡ ἀρνητικὴ τάση στὸ πλέγμα τῆς Λ_2 ὑποβιβάζεται καὶ ἡ λυχνία γίνεται ἀγώγιμη μόλις ἡ τάση αὐτὴ γίνῃ θετικότερη ἀπὸ τὴν τάση ἀποκοπῆς [σχ. 42.1β(δ) - χρόνος Γ].

ια) Τὸ ἀνοδικὸ ρεῦμα τῆς Λ_2 διαρρέει τὴν R_K αὐξάνοντας ἔτσι τὴν τάση καθόδου τῆς Λ_1 καὶ ὑποβιβάζοντας τὸ ἀνοδικὸ τῆς ρεῦμα.

ιβ) Ὁ ὑποβιβασμὸς τοῦ ἀνοδικοῦ ρεύματος τῆς Λ_1 ἐπιτρέπει τὴν αὐξηση τῆς ἀνοδικῆς τάσεως τῆς Λ_1 .

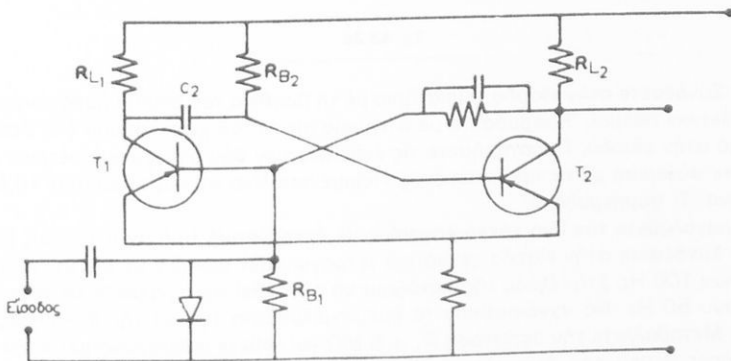
ιγ) Ἡ αὐξηση αὐτὴ τῆς ἀνοδικῆς τάσεως, μεταφέρεται μὲ τὸν C_2 στὸ πλέγμα τῆς Λ_2 αὐξάνοντας ἔτσι τὸ ἀνοδικὸ τῆς ρεῦμα.

ιδ) Ἡ ὅλη ἐναλλαγή καταστάσεων (ια - ιγ) ἐπαναλαμβάνεται ἕως ὅτου ἡ Λ_1 ἀποκοπεῖ καὶ ἡ Λ_2 γίνῃ ἀγώγιμη μὲ τὸ μέγιστο δυνατό ρεῦμα. Ἡ μεταβίβαση ἀγωγιμότητος ἀπὸ τὴν Λ_1 στὴν Λ_2 πραγματοποιεῖται σὲ χρόνον πρακτικὰ ἀμελητέον.

Τὸ ὅλο κύκλωμα ἔχει ἐπανελθεῖ τώρα στὴν ἀρχικὴ του κατάστασις ἰσορροπίας καὶ θά παραμείνῃ σὲ αὐτὴ ἕως ὅτου ἕνας ἄλλος θετικὸς παλμὸς φθάσῃ στὴν εἴσοδο καὶ κάνει τὴν Λ_1 ἀγώγιμη.

Ὅταν στὴν εἴσοδο τοῦ πολυδονητῆ μιάς σταθερῆς καταστάσεως ἐφαρμοσθεῖ θετικὸς παλμὸς ἀρκετοῦ πλάτους, ὥστε νὰ καταστήσῃ τὴν Λ_1 ἀγώγιμη, ἀπὸ τὴν ἄνοδο τῆς Λ_2 παίρνομε θετικὸ παλμὸ τοῦ ὁποίου τὸ πλάτος ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὴν τιμὴ τῆς R_4 , ἡ δὲ διάρκειά του ἀπὸ τὴ σταθερὰ χρόνου τῶν στοιχείων $C_2 R_2$. Ἄν οἱ τιμὲς τῶν $C_2 R_2$ αὐξηθοῦν ἡ διάρκεια τοῦ θετικοῦ παλμοῦ αὐξάνει.

Στὸ σχῆμα 42.1γ φαίνεται κύκλωμα πολυδονητῆ μιάς βολῆς μὲ τρανζίστορ.



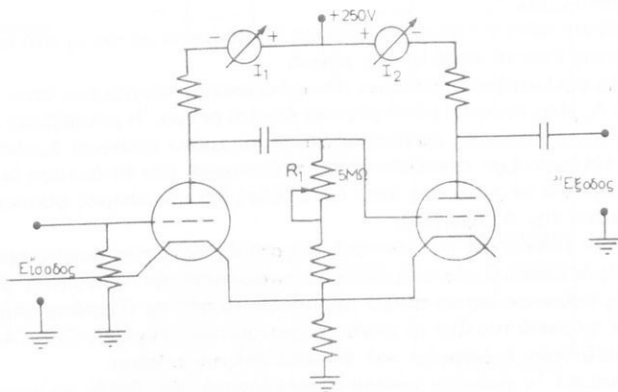
Σχ. 42.1γ.

Ἡ λειτουργία του εἶναι ἡ ἴδια μέ ἐκείνη πού περιγράψαμε μέ λυχνίες. Ὄταν δέν ὑπάρχει διέγερση ἡ βαθμίδα T_1 εἶναι σέ ἀποκοπή, ἐνῶ ἡ T_2 σέ ἀγωγιμότητα. Ὄταν ὀδηγηθεῖ ἀρνητικός παλμός στήν εἴσοδο τῆς T_1 ἀνατρέπεται ἡ προηγούμενη κατάσταση καί ἡ βαθμίδα T_1 γίνεται ἀγωγίμη ἐνῶ ἀποκόπτεται ἡ T_2 .

Ἡ προσωρινή αὐτή κατάσταση τοῦ κυκλώματος εἶναι ἴση μέ χρόνο t , πού ἐξαρτᾶται ἀπό τή σταθερά χρόνου τῶν στοιχείων R_{B_2} , C_2 καί ἀπό τήν τάση V_{CC} . Μετά τό κύκλωμα ἐπανερχεται στήν ἀρχική κατάσταση καί στήν ἐξοδό του ἔχομε ἕνα τετραγωνικό παλμό.

42.2 Ἔργασία.

1) Νά συνδεσμοποιηθεῖ τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 42.2α. Σημειώστε τίς ἐνδείξεις τῶν δύο μιλλιαμπερομέτρων, τά ὁποῖα συνδέονται σέ σειρά μέ τίς ἀνόδους τῶν δύο λυχνιῶν. Ποιά ἀπό τίς δύο λυχνίες εἶναι ἀγωγίμη καί γιατί;



Σχ. 42.2α.

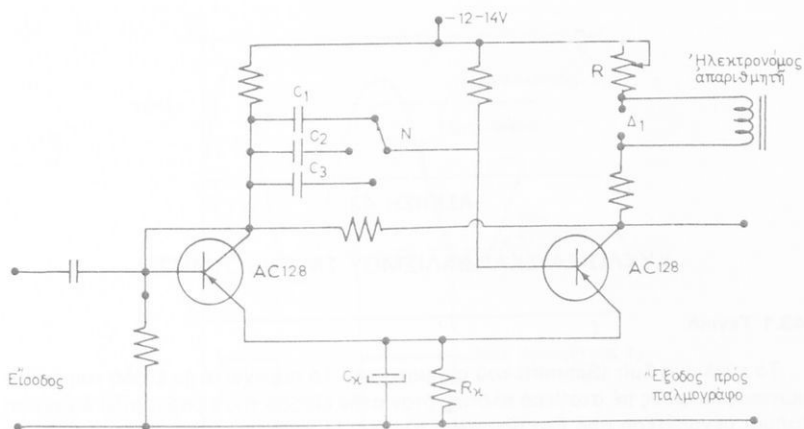
2) Συνδέστε στήν εἴσοδο χειριστήριο μέ τή βοήθεια τοῦ ὁποίου παράγονται ὀξεῖς θετικοί παλμοί. Ἐφαρμόστε μέ στιγμιαία πίεση τοῦ χειριστηρίου ἕνα θετικό παλμό στήν εἴσοδο. Παρατηρήστε τίς ἐνδείξεις τῶν δύο μιλλιαμπερομέτρων καί κάνετε σύγκριση μέ τίς προηγούμενες. Περιμένετε λίγο καί παρατηρήστε τά δύο ὄργανα. Τί συμπεραίνετε;

Ἐπαναλάβετε τόν ἴδιο κύκλο ἐργασίας μέ διαφορετική τιμή ἀντιστάσεως R_1 .

3) Συνδέστε στήν εἴσοδο γεννήτρια τετραγωνικῶν παλμῶν σέ μιά συχνότητα περίπου 100 Hz. Στήν ἐξοδό τῆς διατάξεως νά συνδεθεῖ παλμογράφος, μέ σάρωση περίπου 50 Hz. Νά σχεδιασθοῦν τά παλμογραφήματα ἐξόδου τῆς ἀσκήσεως.

4) Μεταβάλλετε τήν ἀντίσταση $R_1 = 5 \text{ M}\Omega$ καί λάβετε παλμογραφήματα γιά τίς διάφορες θέσεις τῆς. Δικαιολογήστε τή μορφή τους.

5) Νά συνδεσμοποιηθεῖ τό κύκλωμα (σχ. 42.2β) μέ τρανζίστορ. Συνδέστε στή θέση Δ_1 μιλλιαμπερομέτρο καί στήν εἴσοδο χειριστήριο. Παρατηρήστε τίς ἐναλ-



Σχ. 42.2β.

λαγές καταστάσεων του μονοδονητή για κάθε παλμό στην είσοδο.

6) Συνδέσετε στη θέση Δ_1 τηλεφωνικό καταμετρητή και καταγράψτε τους παλμούς εισόδου, ρυθμίζοντας ταυτόχρονα την αντίσταση R ώστε ο καταμετρητής να είναι εύαισθητος.

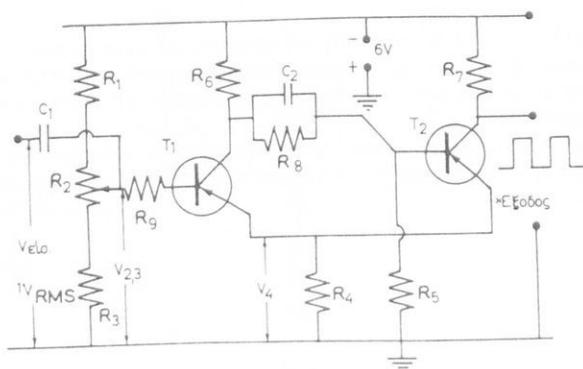
7) Συνδέσετε στην είσοδο γεννήτρια τετραγωνικών παλμών και στην έξοδο παλμογράφο. Για τις διάφορες θέσεις του μεταγωγού λάβετε και σχεδιάστε παλμογραφήματα εξόδου.

ΑΣΚΗΣΗ 43

ΚΥΚΛΩΜΑ ΣΚΑΝΔΑΛΙΣΜΟΥ ΣΜΙΤ (SCHMITT)

43.1 Γενικά.

Τό κύκλωμα Σμίτ (Schmitt) του σχήματος 43.1α παρέχει στην έξοδό του όρθογώνιους παλμούς με σταθερό πλάτος, όταν στην είσοδό του εφαρμοσθεί διέγερση (σήμα) μεγαλύτερη από ένα ορισμένο πλάτος. Τό κύκλωμα αυτό λειτουργεί περίπου όπως ο πολυδονητής μίας βολής.



Σχ. 43.1α.

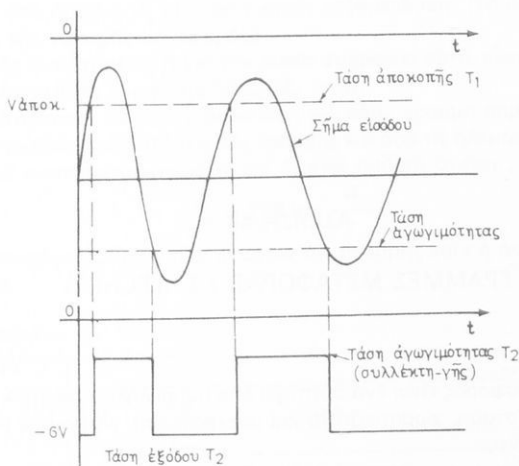
Κύκλωμα σκανδαλισμού Σμίτ.

Αν στην είσοδο του κυκλώματος δέν εφαρμοσόμε σήμα, άγει τό τρανζίστορ T_2 , όποτε, εξαιτίας της άγωγιμότητάς του, δημιουργείται πτώση τάσεως (V_4) στην R_4 καί γίνεται μή άγώγιμο τό τρανζίστορ T_1 .

Αν στην είσοδο όδηγηθεί τάση διέγερσεως μεγαλύτερη από τήν τάση άποκοπής του T_1 ($V_{\text{αποκ}} = V_4 - V_{2,3}$), τό τρανζίστορ T_1 άγει καί όδηγείται στόν κόρο, όσο ή τάση διέγερσεως αύξάνεται.

Η ισχυρή άγωγιμότητα του T_1 προκαλεί πτώση τάσεως στην R_4 (V_4), άρκετή γιά νά πολώσει στην άποκοπή τό T_2 , όποτε ή τάση του συλλέκτη του T_2 θά άνέβει (πρός τά άρνητικά) στην τάση της πηγής -6 V (σχ. 43.1β).

Όταν ή τάση διέγερσεως τείνει προς τά θετικά δυναμικά, τό τρανζίστορ T_1 γίνε-



Σχ. 43.1β.

ται λιγότερο άγώγιμο, όποτε ή πώση τάσεως στην R_4 (V_4) έλαττώνεται καί αύξάνεται (γίνεται άρνητικότερο) τό δυναμικό του συλλέκτη του T_1 . Έπομένως αύξάνεται (γίνεται άρνητικότερο) καί τό δυναμικό της βάσεως του T_2 .

Αν τό δυναμικό της τάσεως διεγέρσεως γίνει άκόμη θετικότερο, θά γίνει τότε άγώγιμο τό T_2 μέ ταυτόχρονη άπότομη άποκοπή του T_1 . Η τάση έξόδου του T_2 θά γίνει φυσικά λιγότερη από -6 V.

Η έπόμενη διεύερση - σκανδαλισμός του σήματος είσόδου θά προκαλέσει μέ τόν ίδιο τρόπο νέο όρθογώνιο παλμό έξόδου κ.ο.κ. Οι παλμοί αυτοί έξόδου θά έχουν σταθερό πλάτος.

Μέ τό ποτενσιόμετρο R_2 ρυθμίζομε την τάση άγωγιμότητας του T_1 .

Τό κύκλωμα Σμίτ χρησιμοποιείται π.χ. στους ήλεκτρονικούς ύπολογιστές, για τή μετατροπή μή περιοδικών παλμών σε όρθογώνιους της ίδιας συχνότητας καί μέ σταθερό πλάτος.

43.2 Έργασία.

1) Νά συνδεσμολογηθεί τό κύκλωμα του σχήματος 43.1α. Προσοχή στην πολικότητα της τάσεως. Όδηγήσετε ήμιτονική τάση 1 βόλτ, 1000 Hz από γεννήτρια Χ.Σ. στην είσοδο του κυκλώματος καί τήν έξοδο του οδηγήσετε την σε παλμογράφο. Παρατηρήσετε τά παλμογραφήματα έξόδου μεταβάλλοντας τό R_2 . Σχεδιάσετε τα καί εξηγήσετε τή μορφή τους.

2) Μεταβάλλετε τήν τάση έξόδου της γεννήτριας Χ.Σ. καί ύπολογίσετε πόση είναι ή τάση σκανδαλισμού του κυκλώματος. Τήν τάση είσόδου, νά τή μετράτε μέ ήλεκτρονικό βολτόμετρο.

ΑΣΚΗΣΗ 44

ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ Υ.Σ. (LECHER)

44.1 Γενικά.

Η γραμμή μεταφοράς είναι ένα σύστημα δύο παραλλήλων αγωγών των οποίων οι ιδιότητες (αντίσταση, χωρητικότητα και αυτεπαγωγή), είναι κατά μήκος ομοιόμορφα μοιρασμένες.

Στήν πράξη χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι δύο τύποι γραμμών μεταφοράς:

α) Η γραμμή παραλλήλων αγωγών. Αποτελείται από δύο όμοιους παράλληλους αγωγούς.

β) Η ομοαξονική γραμμή. Στήν ομοαξονική γραμμή ο έσωτερικός αγωγός είναι τοποθετημένος ομοαξονικά προς τον έξωτερικό αγωγό. Ο έξωτερικός αγωγός αποτελεί ταυτόχρονα και θωράκιση.

Οι γραμμές μεταφοράς χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά ενέργειας υψηλής συχνότητας (H.F). Πρέπει να μεταφέρουν την ενέργεια χωρίς παραμορφώσεις και με τη μικρότερη δυνατή απώλεια.

Για τη μεταφορά ενέργειας χωρίς παραμορφώσεις οι γραμμές δεν πρέπει να εμφανίζουν ανακλάσεις, γι' αυτό έχει μεγάλη σημασία η χαρακτηριστική σύνθετη αντίσταση που παρουσιάζουν.

Η απώλεια ενέργειας σε μία γραμμή μεταφοράς εκφράζεται από το **συντελεστή εξασθένησής της**.

Χαρακτηριστική σύνθετη αντίσταση είναι εκείνη η αντίσταση (εναλλασσόμενου) που εμφανίζει η γραμμή σε κάθε σημείο της όταν δεν παρουσιάζονται ανακλάσεις ενέργειας.



Σχ. 44.1α.

Η γραμμή δεν εμφανίζει ανακλάσεις αν τερματίζεται στη χαρακτηριστική της Z_0 (σχ. 44.1α).

Η χαρακτηριστική σύνθετη αντίσταση μπορεί να μετρηθεί με τη διάταξη του σχήματος 44.1β. Στη διάταξη αυτή η μεταβλητή αντίσταση R ρυθμίζεται έως ότου

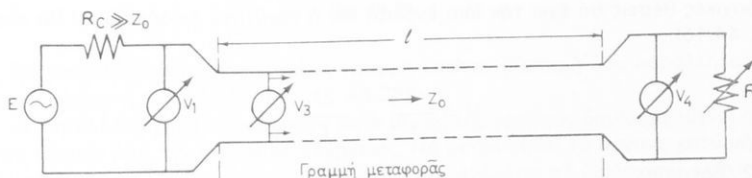
έμφανισθεί στο όργανο V_3 μία τάση χωρίς αὐξομειώσεις. (Τό όργανο V_3 κινείται κατά μήκος τῆς γραμμῆς μεταφορᾶς).

Ἡ τιμή τῆς ἀντιστάσεως R γιά τήν ὁποία συμβαίνει αὐτό, εἶναι ἴση μέ τή χαρακτηριστική ἀντίσταση τῆς γραμμῆς Z_0 ($Z_0 = R$).

Ἡ χαρακτηριστική σύνθετη ἀντίσταση γιά κάθε γραμμή παρουσιάζει μία τιμή πού ἐξαρτᾶται ἀπό τίς διαστάσεις τῆς γραμμῆς καί ἀπό τίς ἡλεκτρικές μαγνητικές ιδιότητες τοῦ συστήματος ἀγωγῶν καί δίνεται ἀπό τή σχέση:

$$Z_0 = 276 \log \frac{D}{r}$$

ὅπου D ἡ ἀπόσταση μεταξύ τῶν ἀγωγῶν τῆς γραμμῆς καί r ἡ ἀκτίνα τῶν ἀγωγῶν τῆς γραμμῆς.



Σχ. 44.1β.

Στήν πράξη ἡ τιμή τῆς Z_0 κυμαίνεται ἀπό 50 ὡς 600 Ω.

Συντελεστής ἐξασθενήσεως καλεῖται ὁ λόγος τῆς τάσεως στό τέλος τῆς γραμμῆς μεταφορᾶς V_2 μέ τήν τάση στήν εἰσοδό τῆς V_1 . Ὁ ἀνά μέτρο συντελεστής ἐξασθενήσεως α (σέ decibels) παρέχεται ἀπό τή σχέση:

$$\alpha = \frac{1}{l} 20 \log \frac{V_2}{V_1}$$

ὅπου l τό μήκος τῆς γραμμῆς μεταφορᾶς.

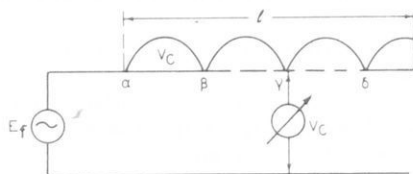
Ὁ συντελεστής ἐξασθενήσεως γραμμῆς ἐξαρτᾶται ἀπό τήν ὠμική ἀντίσταση τῶν ἀγωγῶν, τίς διηλεκτρικές ἀπώλειες μεταξύ αὐτῶν καί τίς ἀπώλειες ἀπό ἀκτινοβολία. Οἱ ἀπώλειες αὐτές αὐξάνουν μέ τήν αὐξηση τῆς συχνότητος.

Ταχύτητα διαδόσεως καλεῖται ἡ ταχύτητα μέ τήν ὁποία διαδίδεται ἡ ἡλεκτρομαγνητική ἐνέργεια μέσω γραμμῆς μεταφορᾶς. Ἡ ταχύτητα διαδόσεως καθορίζεται ἀπό τίς ποσότητες μ καί ϵ τοῦ μονωτικοῦ ὕλικου τό ὁποῖο περιβάλλει τοὺς ἀγωγούς.

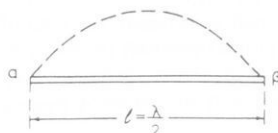
μ = μαγνητική διαπερατότητα, ϵ = διηλεκτρική σταθερά.

Ἡ ἀπόσταση μεταξύ δύο διαδοχικῶν ἐλαχίστων (ἢ μεγίστων) ἐνός στάσιμου κύματος στή γραμμή πού δέν εἶναι τερματισμένη, εἶναι ἴση μέ τό μισό τοῦ μήκους κύματος τῆς τάσεως μετρήσεως. Σέ αὐτό στηρίζεται ἡ ἀκόλουθη μέτρηση (σχ. 44.1γ).

Χρησιμοποιεῖται ὅπως καί προηγουμένως ἓνας ταλαντωτής E ἐναλλασσόμενης τάσεως V_C καί τό κινούμενο βολτόμετρο V_C . Τό κινούμενο όργανο σέ δύο



Σχ. 44.1γ.



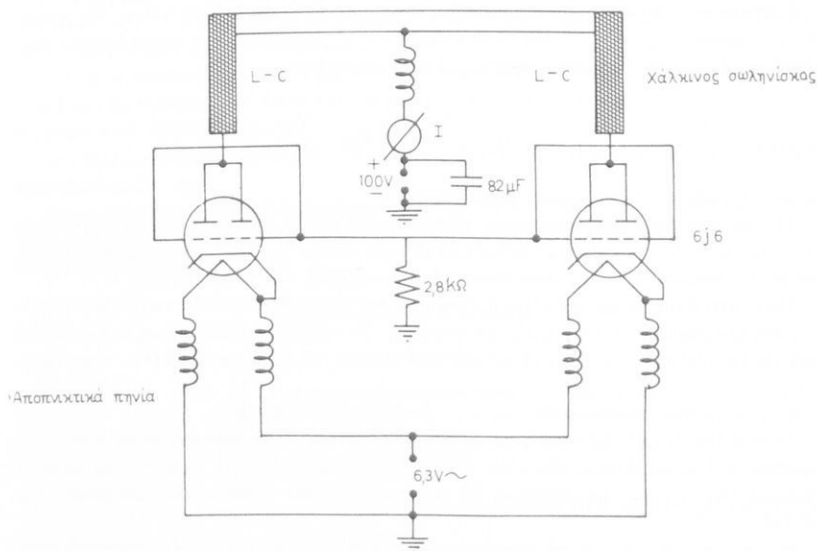
Σχ. 44.1δ.

διαδοχικές θέσεις θά έχει την ίδια ένδειξη καί η ταχύτητα διαδόσεως U θά είναι (σχ. 44.1δ):

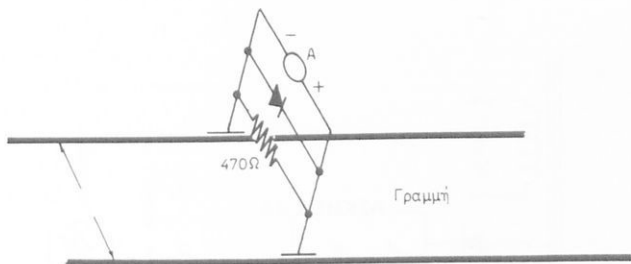
$$U = \frac{\lambda}{f} = \frac{2l}{f}$$

44.2 Έργασία.

1) Νά συνδεσμολογηθεί τό κύκλωμα τῆς άσκήσεως (σχ. 44.2α) γιά τήν παραγωγή ταλαντώσεων $U.H.F$ (300 - 350 MHz). Νά τροφοδοτηθεί μέ τά κατάλληλα δυναμικά, τό ρεύμα I νά μήν υπερβεί τά 20 mA.



Σχ. 44.2α.



Σχ. 44.2β.

Νά τροφοδοτηθεί (έπαγωγικά) ή γραμμή Lecher. [Γραμμή δύο παραλλήλων άγωγών άνοικτή στο τέρμα της (σχ. 44.2β)].

2) Όταν δέν έχομε προσαρμογή κατά μήκος τής γραμμής δημιουργούνται στάσιμα κύματα από τήν ανάκλαση ενέργειας. Νά μετακινηθεί τό όργανο κατά μήκος τής γραμμής καί νά σημειωθούν οί άποστάσεις άνάμεσα σέ διαδοχικές έλάχιστες ένδείξεις.

Τό όργανο άποτελείται από ένα μικροαμπερόμετρο Α συνεχούς (0 - 100 mA). Αυτό βρίσκεται σέ χωρητική σύζευξη μέ τή γραμμή, γιατί πραγματοποιεί μέτρηση ρεύματος. Ή δίοδος, πού είναι παράλληλα, πραγματοποιεί στοιχειώδη φώραση όποτε τό όργανο Α μετρά τή μέση τιμή τοῦ ήμιανορθωμένου ρεύματος.

3) Νά ύπολογισθεί τό μήκος κύματος λ τής κυμάνσεως πού παράγει ό ταλαντωτής. Τό μήκος κύματος θά είναι:

$$\lambda = 2 \times \text{άπόσταση μεταξύ δύο έλαχίστων (m)}$$

Στή συνέχεια νά ύπολογισθεί ή συχνότητα τών ταλαντώσεως:

$$f = \frac{c}{\lambda} \text{ msec/m}$$

$$c = 300.000 \text{ km/s} = 10^8 \text{ m/sec} = \text{ταχύτητα τοῦ φωτός.}$$

4) Τί άποτελέσματα μπορεί νά δώσουν τά στάσιμα κύματα κατά μήκος ενός καλωδίου τροφοδότησεως τής κεραίας δέκτη τηλεόρασεως;

5) Νά ύπολογισθεί ή χαρακτηριστική αντίσταση τής γραμμής από τή σχέση:

$$Z_0 = 276 \log \frac{D}{r}, \text{ όταν δίνεται: } D = 5,5 \text{ cm καί } r = 0,2 \text{ cm.}$$

ΑΣΚΗΣΗ 45

ΠΟΜΠΟΣ ΣΥΝΤΗΡΟΥΜΕΝΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

45.1 Γενικά.

Στό σχήμα 45.1 φαίνεται τό κύκλωμα άπλοϋ μικροϋ πομποϋ συντηρουμένων κυμάτων. Στόν πομπό αυτό χρησιμοποιείται μιά μόνο λυχνία ίσχύος, ώς ταλαντώτρια μέ κρύσταλλο χαλαζίου. Ό κρύσταλλος έξασφαλίζει τή σταθερότητα τής συχνότητας τοϋ πομποϋ.

Ό συντονισμός επιτυγχάνεται μέ διαδοχικές ρυθμίσεις τών δύο μεταβλητών πυκνωτών (100 μF), μέ τίς όποιες προσπαθοϋμε νά επιτύχομε τή μικρότερη δυνατή απόκλιση τής βελόνας τοϋ μιλλιαμπερομέτρου I.

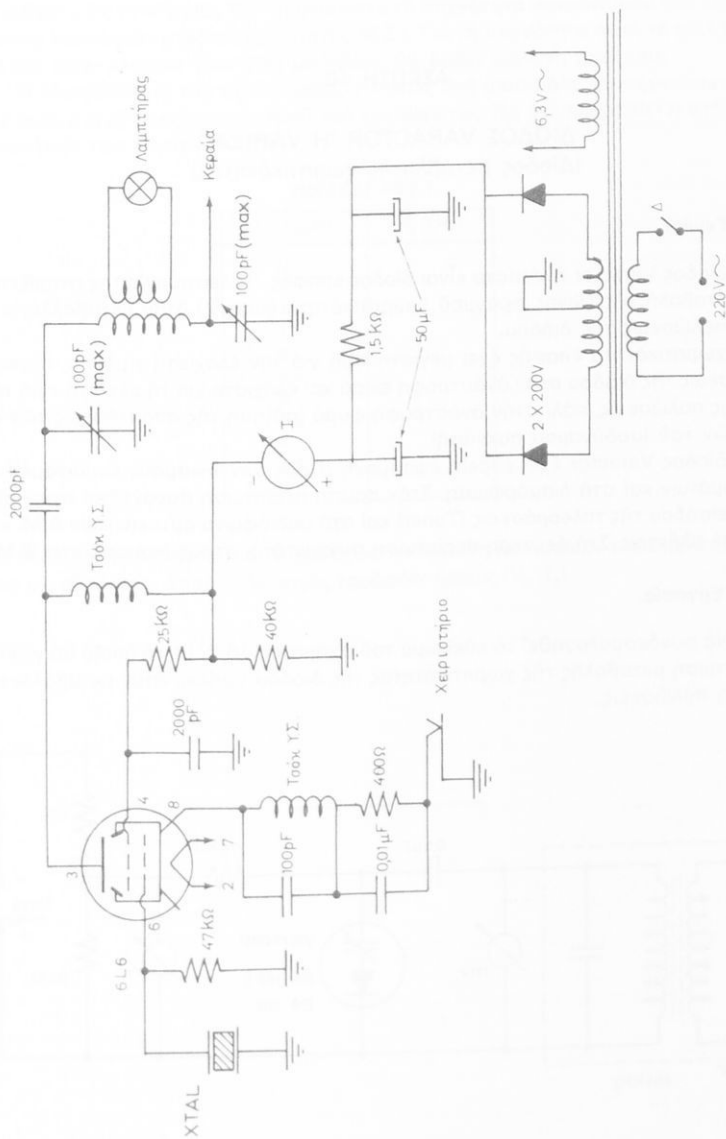
Σέ σειρά μέ τήν κάθοδο τής λυχνίας έχει συνδεθεΐ χειριστήριο. Όταν ή λαβή τοϋ πιεστηρίου πιεσθεΐ, τό κύκλωμα τής λυχνίας άποκαθίσταται καί έχομε ταλαντώσεις, ένώ, όταν ή λαβή άπελευθερωθεΐ, τό κύκλωμα διακόπτεται καί οί ταλαντώσεις παύουν.

45.2 Έργασία.

1) Συνδέσετε τό μιλλιαμπερόμετρο καί τό χειριστήριο στό κύκλωμα τοϋ πομποϋ καί τροφοδοτήσετέ τον μέ τήν τάση τοϋ δικτύου. Πιέσετε τό χειριστήριο. Τό κύκλωμα έχει άποκατασταθεΐ καί τό μιλιαμπερόμετρο I δείχνει κυκλοφορία ρεύματος (άνόδου καί προστατευτικού πλέγματος). Πιέζοντας συνέχεια τή λαβή τοϋ χειριστηρίου, στρέψετε διαδοχικά καί κατ' έπάνάληψη τούς δύο μεταβλητούς πυκνωτές (100 μF), ώστε ή απόκλιση τής βελόνας τοϋ μιλλιαμπερομέτρου I νά γίνει ή μικρότερη δυνατή. Τότε ό πομπός έχει συντονισθεΐ. Σημειώσετε τήν ένδειξη τοϋ μιλλιαμπερομέτρου. Σημειώσετε τή συχνότητα τοϋ κρυστάλλου, ή όποία είναι καί συχνότητα ταλαντώσεως τοϋ πομποϋ.

2) Μέ διάταξη συμβολής καί βαθμονομημένη γεννήτρια ύψηλών συχνοτήτων μετρήσετε καί σημειώσετε τή συχνότητα τών παραγομένων ταλαντώσεων.

3) Συνδέσετε έπαγωγικά τήν έξοδο τοϋ πομποϋ μέ τά κατακόρυφα πλακίδια παλμογράφου, τοϋ όποίου έχετε ρυθμίσει τή συχνότητα σαρώσεως στή μεγαλύτερη περιοχή (15.000 - 200.000 kHz). Μέ αυτό τόν τρόπο πρέπει νά έμφανισθεΐ στήν όθόνη τοϋ παλμογράφου ένας αριθμός κυμάτων τοϋ σήματος έξόδου τοϋ πομποϋ. Μπορείτε νά ρυθμίσετε τό συντονισμό τοϋ πομποϋ μεταβάλλοντας τούς δύο μεταβλητούς πυκνωτές καί νά παρατηρήσετε τό πλάτος τοϋ σήματος έξόδου στήν όθόνη τοϋ παλμογράφου.



Σχ. 45.1.

ΑΣΚΗΣΗ 46

ΔΙΟΔΟΣ VARACTOR Ή VARICAP (Δίοδος μεταβλητής χωρητικότητας)

46.1 Γενικά.

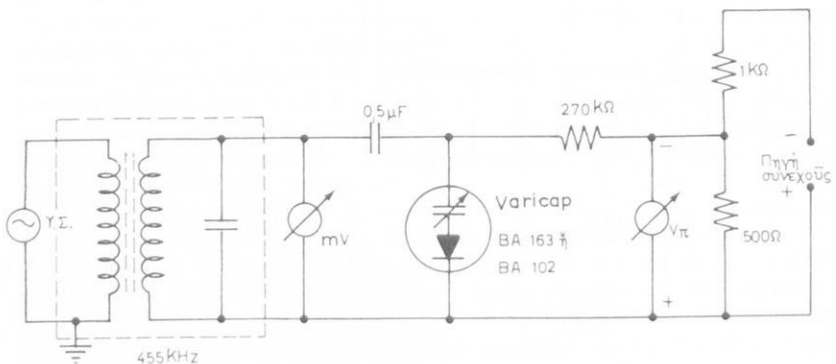
Η δίοδος Varactor ή Varicap είναι δίοδος έπαφης. Η λειτουργία της στηρίζεται στη μεταβολή της ζώνης φραγμού (χωρητικότητα έπαφης) όταν μεταβάλλεται η τάση πολώσεως της διόδου.

Η χωρητικότητα έπαφης έχει μέγιστη τιμή για την ελάχιστη τιμή της τάσεως πολώσεως της διόδου στην ανάστροφη φορά και ελάχιστη για τη μέγιστη τιμή της τάσεως πολώσεως, πάλι στην ανάστροφη φορά (αύξηση της απόστασεως των όπλισμών του ισοδύναμου πυκνωτή).

Η δίοδος Varactor έχει εύρεία έφαρμογή στους συντονισμούς κυμαινομένων κυκλωμάτων και στη διαμόρφωση. Στην πρώτη περίπτωση συναντάται στις βαθμίδες εισόδου της τηλεόρασεως (Tuner) και στα ραδιόφωνα αυτοκινήτων Α.Μ. και F.Μ. με πλῆκτρα. Στη δεύτερη περίπτωση συναντάται στους διαμορφωτές F.Μ.

46.2 Έργασία.

1) Νά συνδεσμοποιηθεί τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 46.2, μέ τό ὅποιο θά γίνει ἡ διαπίστωση μεταβολῆς τῆς χωρητικότητας τῆς διόδου Varicap ὅταν μεταβάλλεται ἡ τάση πολώσεως.



Σχ. 46.2.

2) Ρυθμίσετε την τάση τροφοδοτήσεως (συνεχής τάση) στο μηδέν και μέ τη βοήθεια μιᾶς γεννήτριας Υ.Σ. σημειώσετε τή συχνότητα συντονισμού τοῦ κυμαινόμενου κυκλώματος (μετασχηματιστής Μ.Σ.). Για τή συχνότητα αὐτή τό μιλλιβολτόμετρο στήν κλίμακα τῶν 300 μιλλιβόλτ θά δείξει μέγιστη ἀπόκλιση.

3) Μεταβάλλετε τήν τάση τροφοδοτήσεως ἀνά μισό βόλτ καί σημειώσετε πάλι τίς νέες συχνότητες συντονισμού τοῦ κυκλώματος. Νά συμπληρωθεῖ ἡ στήλη συχνοτήτων τοῦ Πίνακα 46.2.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 46.2.1.

V_n (βόλτ)	f_0 (kHz)
0	
— 0,5	
— 1	
— 1,5	
— 2	
— 2,5	
— 3	
— 3,5	
— 4	
— 4,5	
— 5	

4) Σέ σχετικό διάγραμμα νά χαραχθεῖ ἡ καμπύλη μεταβολῶν τῆς συχνότητας, ὅταν μεταβάλλεται ἡ τάση τῆς πηγῆς τροφοδοτήσεως (V_n / f_0).

ΑΣΚΗΣΗ 47

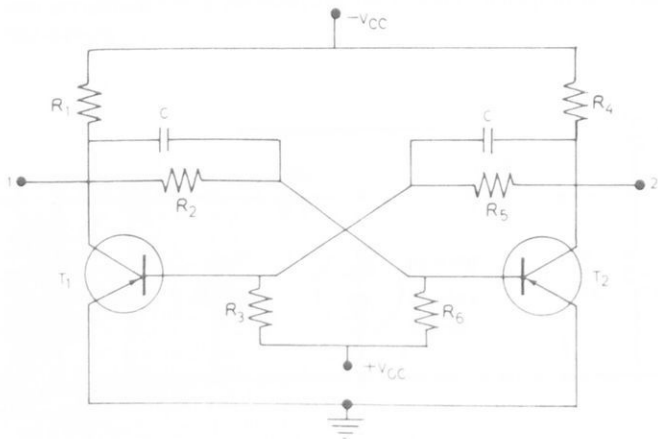
ΠΟΛΥΔΟΝΗΤΗΣ ΔΙΠΛΗΣ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ (FLIP - FLOP)

47.1 Γενικά.

Ο πολυδονητής διπλής σταθερής καταστάσεως ή, όπως συνηθίζεται περισσότερο να λέγεται, πολυδονητής Flip - Flop, είναι ένα συμμετρικό κύκλωμα με δύο βαθμίδες (μέ λυχνίες ή τρανζίστορ), από τις οποίες ή μία παραμένει αγώγιμη καί ή άλλη μή αγώγιμη. Η κατάσταση στην οποία βρίσκεται τό κύκλωμα, δηλαδή μέ τή μιά βαθμίδα αγώγιμη καί τήν άλλη μή αγώγιμη, ανατρέπεται καί έχομε αλλαγή στην αγωγιμότητα ή μή των βαθμίδων μόνο μέ εξωτερικό παλμό διεγέρσεως. Από τή λειτουργία αυτή τοῦ κυκλώματος βγαίνει καί τό ὄνομα τοῦ **πολυδονητή διπλῆς σταθερῆς καταστάσεως** (Bistable Multivibrator).

Ἐπίσης ἕνα τέτοιο κύκλωμα συναντᾶται μέ τίς ὀνομασίες:

- α) Κύκλωμα σκανδάλης (Trigger Circuit).
 - β) Κύκλωμα Eggle - Jordan (ἀπό τά ὀνόματα τῶν δύο ἐρευνητῶν πού πρῶτοι τό μελέτησαν).
 - γ) Κύκλωμα τῆς κλίμακας τῶν δύο (Scale of two Circuit), ἐπειδή ὑποδιπλασιάζει στην ἐξοδό του τή συχνότητα τῶν παλμῶν εισόδου.
 - δ) Διαδικό κύκλωμα (Binary Circuit).
- Στό σχῆμα 47.1 φαίνεται ἕνα κύκλωμα πολυδονητή Flip - Flop. (Μέ τό ὄνομα



Σχ. 47.1.

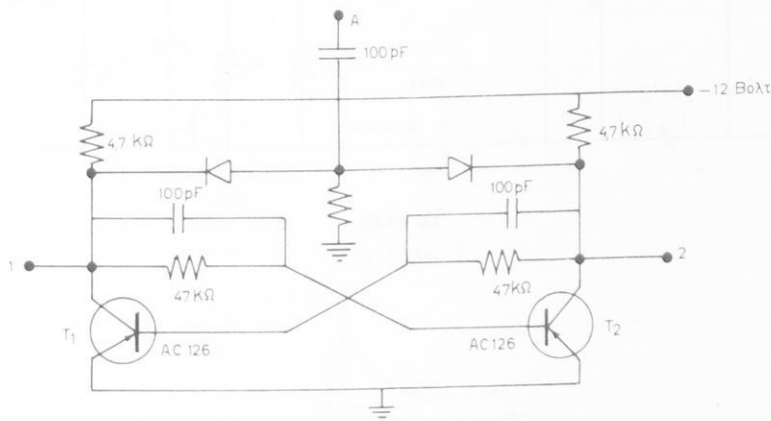
αυτό θα τό αναφέρομε στή συνέχεια ἢ ἀπλά Flip - Flop, γιατί αὐτό ἔχει ἐπικρατή-
σει περισσότερο).

Τό κύκλωμα αὐτό ἔχει δύο ἐνισχυτικές βαθμίδες μέ τρανζίστορ πού ἔχουν γειω-
μένο τόν ἐκπομπό. Ἡ ἐξοδος τῆς μιάς βαθμίδας εἶναι συνδεδεμένη μέ τήν εἴσοδο τῆς
ἄλλης. Ὅταν ἡ πρώτη βαθμίδα T_1 εἶναι ἀγώγιμη, ἡ ἄλλη, ἡ T_2 , βρίσκεται σέ ἀποκο-
πή. Σέ αὐτή τήν κατάσταση ἡ ἐξοδος 1 τοῦ κυκλώματος εἶναι κοντά στό δυναμικό
γειώσεως ἐνῶ ἡ ἐξοδος 2 εἶναι στό $-V_{CC}$. Ἡ δεύτερη κατάσταση στήν ὁποία
μπορεῖ νά βρεθεῖ τό κύκλωμα εἶναι νά ἄγει ἡ βαθμίδα T_2 καί ἡ βαθμίδα T_1 νά εἶναι
σέ ἀποκοπή. Γιά τή δεύτερη αὐτή περίπτωση στίς ἐξόδους 1 καί 2 ἔχομε τά ἀντί-
θετα ἀποτελέσματα.

Τό Flip - Flop χρησιμοποιεῖται πολύ στά ψηφιακά συστήματα, γιατί μέ τίς δύο
σταθερές καταστάσεις πού παρουσιάζει ἐξυπηρετεῖ στό δυαδικό ἀριθμητικό σύ-
στημα.

47.2 Ἔργασία.

1) Νά συνδεσμοποιηθεῖ τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 47.2α. Ἐλέγξτε τή λει-
τουργία τοῦ κυκλώματος μέ γείωση τῶν βάσεων τῶν τρανζίστορ T_1 καί T_2 . Μέ αὐ-
τό τόν τρόπο ἀλλάζετε τίς συνθήκες πολώσεως καί προκαλεῖτε ἀλλαγὴ τῆς σταθε-
ρῆς καταστάσεως τοῦ κυκλώματος.



Σχ. 47.2α.

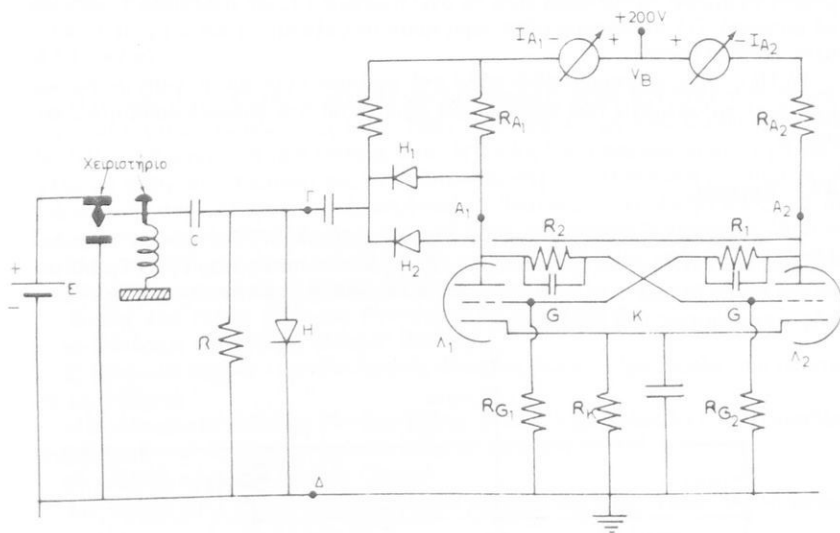
2) Νά μετρήσετε τά συνεχῆ δυναμικά στά διάφορα σημεῖα τοῦ κυκλώματος ὅ-
ταν αὐτό βρίσκεται σέ μιά σταθερή κατάσταση.

3) Νά ὁδηγήσετε τετραγωνικό σῆμα 1000 Hz στήν εἴσοδο Α καί νά παρατηρή-
σετε τίς κυματομορφές στίς ἐξόδους.

4) Νά ἐλαττώσετε τό σῆμα εἰσόδου καί νά προσδιορίσετε τό μικρότερο πλάτος
μέ τό ὅποιο μπορεῖτε νά ἔχετε ἀλλαγὴ καταστάσεως στή λειτουργία τῶν βαθμί-
δων.

5) Νά συνδεσμολογηθεῖ τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 47.2β καί νά γίνουν ὅλες οἱ μετρήσεις πού ἀναφέρονται στίς προηγούμενες ἐρωτήσεις.

Τό κύκλωμα αὐτό, μέ λυχνίες, παρέχει τή δυνατότητα νά γίνουν πιο εὔκολα ὅλες οἱ μετρήσεις καί νά παρατηρηθοῦν καλύτερα τά φαινόμενα. Ἐπίσης τό χειριστήριο διευκολύνει τή ρύθμιση τοῦ πλάτους καί τῆς συχνότητος τῶν παλμῶν διεγέρσεως.



Σχ. 47.2β.

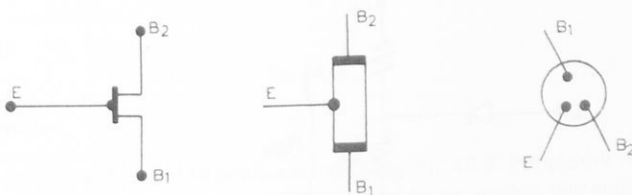
ΑΣΚΗΣΗ 48

ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ UNIJUNCTION (Δίοδος έπαφής με διπλή βάση)

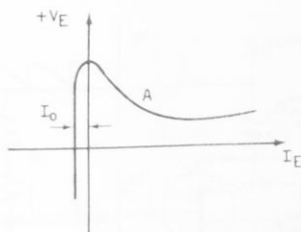
48.1 Γενικά.

Τό τρανζίστορ Unijunction που αναφέρεται και ως δίοδος έπαφής με διπλή βάση είναι μία κατασκευή από δύο ήμιαγωγούς έπαφής $p-n$ και έχει τρεις άκροδότες (σχ. 48.1α).

Η χαρακτηριστική ρεύματος - τάσεως έχει μία περιοχή άρνητικής αντίστασης και η άρχή λειτουργίας του βασίζεται στις μεταβολές αυτής της αντίστασης (σχ. 48.1β).



Σχ. 48.1α.



Σχ. 48.1β.

Στή χαρακτηριστική αυτή παρατηρούμε ότι ένα πολύ μικρό και πρακτικά σταθερό αντίθετο ρεύμα I_0 κυκλοφορεί στην ένωση $p-n$. Μία σημαντική αύξηση της τάσεως στην ένωση $p-n$ προκαλεί αγωγίμη κατάσταση σε αυτή την περιοχή. Οι φορείς διαχύσεως στον ήμιαγωγό μειώνουν την αντίσταση διασποράς και η πτώση

τάσεως στην ένωση ελαττώνεται και φθάνομε έτσι σε ακόμη μεγαλύτερο ύψος παλμού σκανδαλισμού στην ένωση p - η. Αυτή η σταδιακά επιταχυνόμενη εξέλιξη φαίνεται στο τμήμα Α της χαρακτηριστικής ρεύματος - τάσεως, που είναι περιοχή αρνητικής αντίστασης.

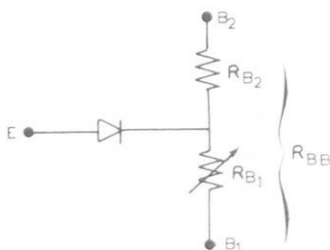
Η αντίσταση διασποράς, που είναι η αντίσταση μεταξύ των βάσεων B_1 και B_2 , συμβολίζεται ως R_{BB} και μπορούμε να τη μετρήσουμε με ένα Ωμόμετρο.

Δίοδοι με διπλή βάση (Unijunction) χρησιμοποιούνται σε κυκλώματα όπως: Πολυδονητές, μετρητές παλμών, Θυρίστωρ για την εκκίνηση των κυκλωμάτων τους, άνορθώσεις και αυτόματισμο, παλμοδοτικά για την παραγωγή πριονωτών τάσεων κλπ.

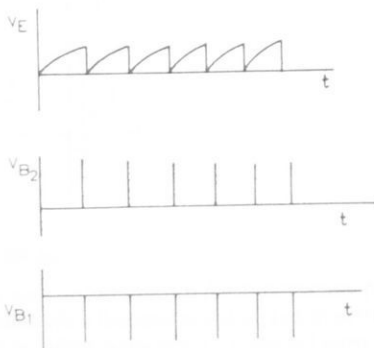
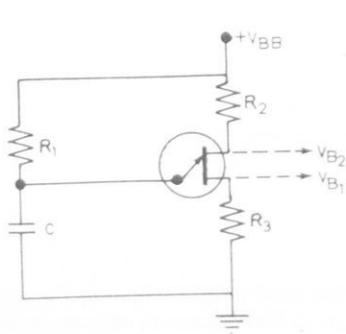
Παρουσιάζουν τά εξής χαρακτηριστικά:

- Μεγάλη αντίσταση εισόδου.
- Μικρή αντίσταση εξόδου.
- Μπορούν να δώσουν παλμούς σε μεγάλη ποικιλία συχνοτήτων.
- Μειονεκτούν στο ότι η ταχύτητα έναλλαγής είναι μικρή.
- Καταναλώνουν μεγάλη ενέργεια.

Τά δύο τελευταία χαρακτηριστικά (μειονεκτήματα) περιορίζουν και τη χρησιμοποίησή τους. Τό συνηθισμένο λάθος στη συνδεσμολογία τρανζίστορ Unijunction σε κύκλωμα γίνεται στην πολικότητα. **Πρέπει να θυμόμαστε ότι ο άκροδέκτης B_2 συνδέεται πάντοτε στο +.**



Σχ. 48.1γ.

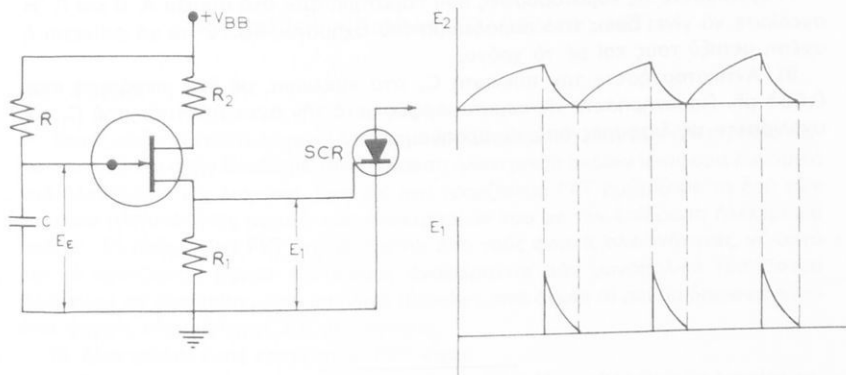


Σχ. 48.1δ.

Στό σχήμα 48.1γ φαίνεται τό ισοδύναμο κύκλωμα ενός τρανζίστορ Unijunction. Ἡ R_1 εἶναι μεταβλητή. Ὄταν δέν ἄγει ἡ Unijunction, ἡ R_1 ἔχει μεγάλη ὠμική τιμή (2 - 4 k Ω) καί ὅταν ἄγει μικραίνει πολύ καί παίρνει τιμές κάτω ἀπό 50 Ω .

Στό σχήμα 48.1δ φαίνεται μία συνδεσμολογία Unijunction καί ἡ μορφή τῶν τάσεων στούς ἀκροδέκτες της.

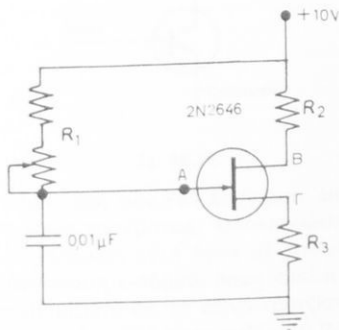
Στό σχήμα 48.1ε φαίνεται ἕνα κύκλωμα μέ Unijunction πού τροφοδοτεῖ θυρίστορ (κύκλωμα σκανδάλης) καί οἱ μορφές τῶν τάσεων σέ αὐτό.



Σχ. 48.1ε.

48.2 Ἔργασία.

1) Νά συνδεσμολογηθεῖ τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 48.2. Ρυθμίσετε τήν R_1 περίπου στή μέση καί παρατηρήσετε στόν παλμογράφο τίς μορφές τῶν κυμάτων στό σημεῖο A. Ρυθμίσετε τόν παλμογράφο γιά δύο κύκλους τῶν κυμάτων πού παρατηροῦνται.



Σχ. 48.2.

2) Προσδιορίσετε την περιοχή των συχνοτήτων σκανδαλισμού του κυκλώματος, όταν μεταβάλλεται ή R_1 . Γι' αυτό χρησιμοποιήσετε βαθμονομημένο παλμογράφο ή γεννήτρια σημάτων Χ.Σ. για σύγκριση.

3) Ποιό στοιχείο του κυκλώματος αποφασίζει την τιμή της χαμηλότερης συχνότητας;

4) Ποιά είναι η μεγαλύτερη συχνότητα που μπορεί να δώσει το κύκλωμα;

5) Μέ την R_1 στη θέση που το κύκλωμα δίνει την υψηλότερη συχνότητα, παρατηρήσετε και σχεδιάσετε την κυματομορφή στο σημείο Β.

6) Τό ίδιο να γίνει και για τό σημείο Γ.

7) Σχεδιάσετε τις κυματομορφές που παρατηρήσατε στα σημεία Α, Β και Γ. 'Η σχεδίαση να γίνει όπως στο παράδειγμα του σχήματος 48.16 για να φαίνεται η σχέση μεταξύ τους και μέ τό χρόνο.

8) Άντικαταστήσετε τόν πυκνωτή C_1 στο κύκλωμα, μέ ένα μικρότερο, π.χ. 0,001 μF . Παρατηρήσετε τις κυματομορφές μετά την αντικατάσταση του C_1 και σχολιάσετε τις διαφορές από τις προηγούμενες.

ΑΣΚΗΣΗ 49

ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ ΕΠΙΔΡΑΣΕΩΣ ΠΕΔΙΟΥ (FET)

49.1 Γενικά.

“Όπως στην πέντοδο λυχνία (άσκηση 12) ελέγχουμε τη ροή των ηλεκτρονίων από την κάθοδο στην άνοδο με την επίδραση ηλεκτρικού πεδίου (διάφορα δυναμικά στά ηλεκτρόδια της λυχνίας), έτσι και στα τρανζίστορ FET ρυθμίζουμε τη ροή των φορέων πλειονότητας μεταξύ των ηλεκτροδίων του με την επίδραση ηλεκτρικού πεδίου. Τό ρεύμα στα FET δημιουργείται από τους φορείς πλειονότητας, γι’ αυτό και τα τρανζίστορ αυτού του είδους αναφέρονται σαν μονοπολικά τρανζίστορ (Unipolar) σε αντίθεση με τα διπολικά (Bipolar), στα όποια τό ρεύμα δημιουργείται από φορείς πλειονότητας και μειονότητας.

Τά ηλεκτρόδια ενός τρανζίστορ FET είναι:

α) Πηγή, σύμβολο S από τό Source. Παίζει τό ρόλο καθόδου μιās λυχνίας κενοῦ.

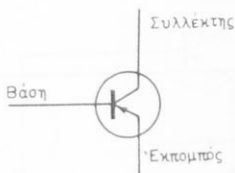
β) Άνοδος, σύμβολο D από τό Drain. Άντιστοιχεί στην άνοδο μιās λυχνίας.

γ) Πύλη, σύμβολο G από τό Gate. Άντιστοιχεί στο όδηγό πλέγμα των λυχνιών.

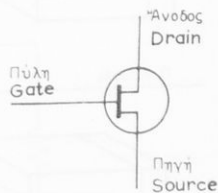
Στά σχήματα 49.1α, 49.1β καί 49.1γ φαίνονται συγκριτικοί συμβολισμοί λυχνίας κενοῦ, άπλου τρανζίστορ καί τρανζίστορ FET.



Σχ. 49.1α.



Σχ. 49.1β.



Σχ. 49.1γ.

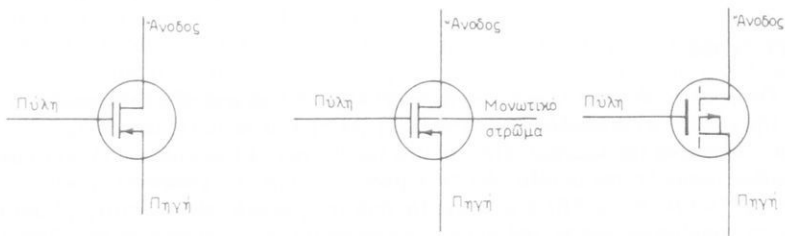
Οι έρευνες γιά τήν κατασκευή των FET ξεκίνησαν από πολύ παλιά καί έγιναν πρίν από εκείνες γιά τά κοινά τρανζίστορ. Όλοκληρώθηκαν όμως άργότερα. Η προσπάθεια πρós τήν κατεύθυνση αύτή έγινε μέ βασικό σκοπό τήν κατασκευή τρανζίστορ μέ μεγάλη αντίσταση εισόδου, όπως εκείνη πού παρουσιάζεται στίς πεντόδους λυχνίες. Υπενθυμίζεται ότι τά κοινά τρανζίστορ παρουσιάζουν μικρή αντίσταση εισόδου. Πράγματι ένα FET παρουσιάζει τά ίδια χαρακτηριστικά μέ μία πέντοδο λυχνία.

Συναντώνται δύο είδη τρανζίστορ επιδράσεως πεδίου:

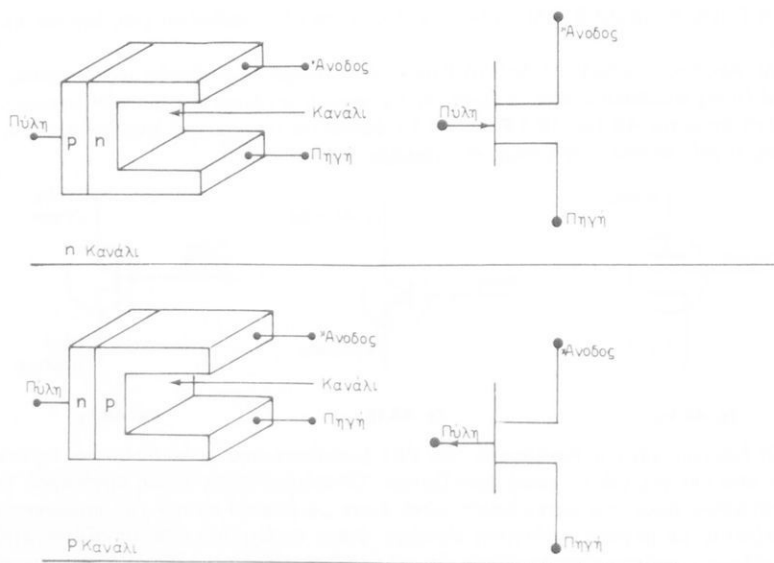
α) Τά Junction FET (JFET) ή απλά FET), στα όποια η πύλη ενεργεί μέσα από μία ένωση p - η.

β) Τά FET με πύλη που ενεργεί μέσα από μία μονωτική στρώση (Insulated Gate). Αυτά είναι τα IGFET που ονομάζονται επίσης τρανζίστορ μετάλλου - οξειδίου ημιαγωγού (Metal Oxide Semiconductor - Transistor) και συντετμημένα με τα αρχικά τους MOS, MOST ή πιο συνηθισμένα MOSFET.

Ο συμβολισμός των MOSFET φαίνεται στο σχήμα 49.1δ.



Σχ. 49.1δ.

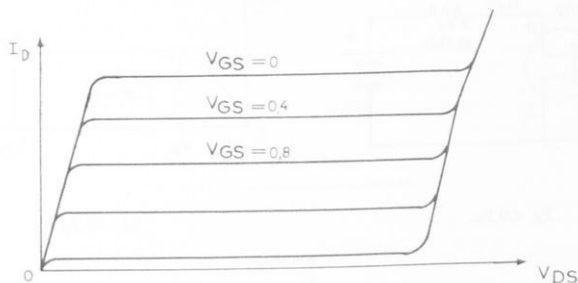


Σχ. 49.1ε.

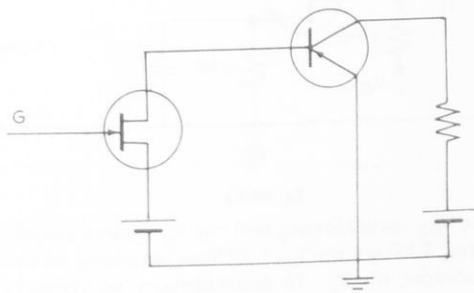
Καί τὰ τρία είδη είναι p καναλιού. Μé αντίστροφα βέλη θά είναι η καναλιού. Όταν ó áκροδέκτης του μονωτικού στρώματος συνδέεται έξωτερικά έχομε τέτροδο. Στά περισσότερα MOSFET υπάρχει έσωτερική σύνδεση από την κατασκευή του τρανζίστορ καί συνδέονται ως τρίοδοι.

Γενικά στά FET έχομε τούς τύπους p καναλιού καί η καναλιού (σχ. 49.1ε). Η λειτουργία των κυκλωμάτων μέ τούς δύο τύπους καί τὰ αποτελέσματα είναι τὰ ίδια, ή διαφορά τους είναι στην πολικότητα των τάσεων που εφαρμόζομε καί έπομένως στά αντίθετα ρεύματα.

Τά MOSFET κατασκευάζονται εύκολότερα στον τύπο p καναλιού. Ό τύπος αυτός έχει περισσότερες εφαρμογές. Η άπολαβή σέ ένα MOSFET μέ άπομονωμένη πύλη μπορεί νά είναι μεταξύ 100 - 600. Η πόλωση εξασφαλίζεται μέ μία αντίσταση στό κύκλωμα του ήλεκτροδίου της πηγής (Source), όπως στην κάθοδο των λυχνιών. Οι χαρακτηριστικές καμπύλες των μεταβολών του ρεύματος I_D όταν μεταβάλλεται ή τάση της άνόδου V_{DS} , μέ την τάση V_{GS} σταθερή, είναι όμοιες μέ τίς χαρακτηριστικές άνόδου των πεντόδων λυχνιών (σχ. 49.1στ).



Σχ. 49.1στ.



Σχ. 49.1ζ.

Τά χαρακτηριστικά των FET είναι:

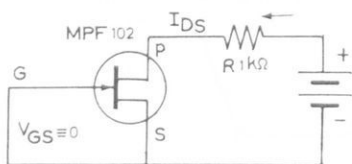
- Μεγάλη αντίσταση εισόδου.
- Μικρότερος θόρυβος από τὰ κοινά (διπολικά) τρανζίστορ.

— Σχετικά μικρό γινόμενο απολαβής και εύρους ζώνης.

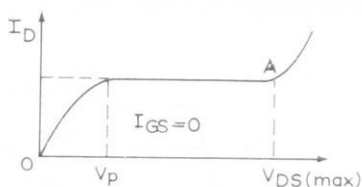
Χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικά ηλεκτρονικά, σε ψηφιακές διατάξεις κλπ. Επίσης συναντώνται σε βολτόμετρα καλής ποιότητας και σε συσκευές μετρήσεως ηλεκτροστατικών πεδίων. Συνδυασμός FET με κοινό τρανζίστορ δίνει κύκλωμα με μεγάλη αντίσταση εισόδου που δεν δέχεται επιδράσεις στο ρεύμα, όταν μεταβάλλεται ή θερμοκρασία (σχ. 49.1ζ).

49.2 Έργασία.

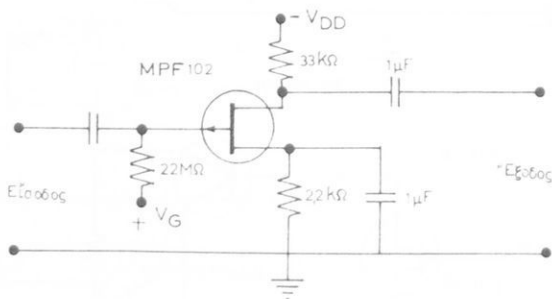
1) Νά συνδεσμολογηθεί το κύκλωμα του σχήματος 49.2α. Το I_{GS} σε αυτό το κύκλωμα είναι μηδέν. Ρυθμίσετε την τάση στα άκρα της αντίστασης $1\text{ k}\Omega$, ώστε από μηδέν νά αυξάνεται μέχρι που το I_D θα αρχίσει νά σταθεροποιείται. Το σημείο για το οποίο γίνεται αυτό μάς δίνει το V_p (σχ. 49.2β, γόνατο της καμπύλης).



Σχ. 49.2α.



Σχ. 49.2β.



Σχ. 49.2γ.

2) Για τρεις τιμές V_{DS} μεγαλύτερες από την V_p λάβετε μετρήσεις των V_1 (στά άκρα της αντίστασης $1\text{ k}\Omega$ και του I_{DS}). Οι ίδιες μετρήσεις νά γίνουν και για τρεις τιμές της V_{DS} μικρότερες της V_p . Τα αποτελέσματα νά γραφούν σε σχετικό πίνακα.

3) Με αύξηση της V_{DS} μπορείτε νά φθάσετε στο σημείο που τελειώνει ο κόρος (σημείο A στην καμπύλη, σχ. 49.2β). Αυτό είναι το $V_{DS(max)}$ που δεν πρέπει νά τό ξεπερνάμε.

4) Νά συνδεσμολογηθεί το κύκλωμα του σχήματος 49.2γ.

5) 'Ελέγξτε όλα τὰ δυναμικά τοῦ κυκλώματος. Προσοχή ὅταν κάνετε μετρήσεις στήν πύλη. Τό στρῶμα μονώσεως στήν πύλη εἶναι πάρα πολύ λεπτό καί καταστρέφεται εὐκόλα ἀπό ὑπερβολική τάση. Ρυθμίσετε ὥστε ἡ συνεχῆς τάση στήν ἄνοδο (Drain) νά εἶναι -6 βόλτ.

6) Μὲ τό κύκλωμα σταθεροποιημένο ἐφαρμόσετε σῆμα στήν εἴσοδο καί μετρήσετε τήν τάση στήν ἔξοδο. Ὑπολογίσετε τήν ἀπολαβή τοῦ κυκλώματος.

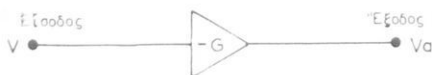
ΑΣΚΗΣΗ 50

ΤΕΛΕΣΤΙΚΟΣ ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ (OPERATIONAL AMPLIFIER)

50.1 Γενικά.

Ο τελεστικός ενισχυτής είναι ένας ενισχυτής με άμεση σύζευξη, ο οποίος λόγω θετικής ανασυζεύξεως που εφαρμόζεται στο κύκλωμά του κάνει μεγάλη απολαβή.

Στό σχήμα 50.1α φαίνεται το σύμβολο ενός τέτοιου ενισχυτή, όπου V είναι η τάση εισόδου, V_a είναι η τάση εξόδου και G είναι η απολαβή (από το Gain). Το σημείο $-$ δηλώνει το αντίθετο σημείο που έχει η τάση στην έξοδο σε σχέση με την τάση στην είσοδο.



Σχ. 50.1α.



Σχ. 50.1β.

Όταν έχουμε τελεστικό ενισχυτή με δύο εισόδους, αυτός ενισχύει τη διαφορά των τάσεων που εφαρμόζονται στις εισόδους του (σχ. 50.1β).

Η τάση V_a στην έξοδο για το κύκλωμα αυτό είναι: $V_a = -G (V_1 - V_2)$.

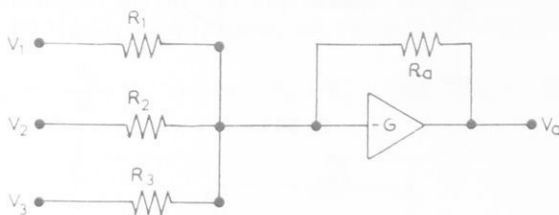
Τα χαρακτηριστικά των τελεστικών ενισχυτών είναι:

- α) Πάρα, πολύ μεγάλη απολαβή (φθάνει το 10^8).
- β) Πολύ μεγάλη αντίσταση εισόδου (πρακτικά θεωρείται άπειρη).
- γ) Πολύ μικρή αντίσταση εξόδου (πρακτικά θεωρείται μηδέν).
- δ) Πολύ μικρό ρεύμα εισόδου (πρακτικά θεωρείται μηδέν).
- ε) Μεγάλο εύρος συχνοτήτων που ενισχύονται ομοιόμορφα.

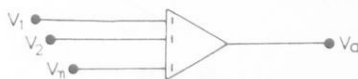
Ο τελεστικός ενισχυτής αποτελεί το βασικότερο κύκλωμα των αναλογικών υπολογιστών. Με κατάλληλες συνδεσμολογίες τελεστικών ενισχυτών μπορούμε να

κάνουμε τīs τέσσερεις βασικές αριθμητικές πράξεις ή ακόμη έξαγωγή τετραγωνικής ρίζας, παραγωγή συναρτήσεων, διαφόριση, ολοκλήρωση κλπ.

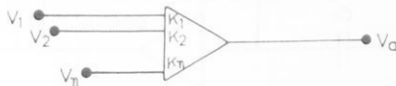
Π.χ. τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 50.1γ θά μᾶς δώσει στήν έξοδό του μιά τάση ἴση μέ τό ἄθροισμα τῶν τάσεων εἰσόδου.



Σχ. 50.1γ.



Σχ. 50.1δ.



Σχ. 50.1ε.

Μέ αύξηση τῶν ἀντιστάσεων στό κύκλωμα εἰσόδου μποροῦμε νά κάνουμε ἄθροιση περισσοτέρων τάσεων. Τό συμβολικό διάγραμμα γιά ἕνα ἄθροιστή φαίνεται στό σχῆμα 50.1δ.

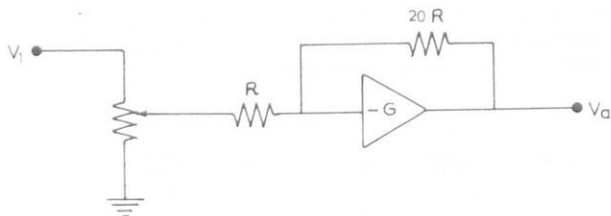
Ὅταν ἕνα τέτοιο κύκλωμα κάνει καί ἐνίσχυση, ὁ συμβολισμός του εἶναι ὅπως στό σχῆμα 50.1ε ὅπου τό K εἶναι ὁ συντελεστής ἐνισχύσεως.

Στήν πρόσθεση βάλαμε διάφορες ἀντιστάσεις στήν εἰσοδο, πού οἱ τιμές τους καθορίζουν τīs τιμές τῶν τάσεων. Στό ἐμπόριο ὁμως δέν ὑπάρχουν ὅλες οἱ τιμές τῶν ἀντιστάσεων πού θέλομε κάθε φορά. Γι' αὐτό χρησιμοποιοῦμε ποτενσιόμετρα μέ τά ὁποῖα μποροῦμε νά πάρουμε ἀκριβῶς ὁποια τιμή ἀντιστάσεως χρειαζόμαστε.

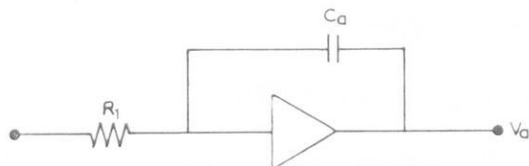
Ὅταν χρησιμοποιοῦμε τελεστικό ἐνισχυτή μέ διάταξη ποτενσιομέτρου γιά νά κάνουμε καί ἐνίσχυση, τό συμβολικό του διάγραμμα γίνεται ὅπως τοῦ σχήματος 50.1στ.

Ἀπό τό κύκλωμα αὐτό ἔχομε $V_a = -20 V_1 = -K V_1$, ὅπου $1 < K \leq 20$, δηλαδή τό κύκλωμα αὐτό κάνει πολλαπλασιασμό.

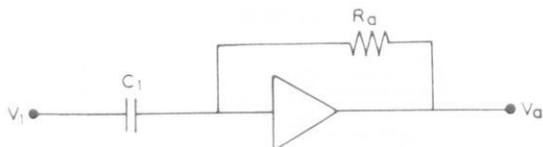
Στό σχῆμα 50.1ζ ἔχομε τελεστικό ἐνισχυτή μέ ἀνασύζευξη μέσω τοῦ πυκνωτῆ



Σχ. 50.1στ.



Σχ. 50.1ζ.



Σχ. 50.1η.

C_a . Ἡ τάση V_a στὴν ἐξοδὸ αὐτοῦ τοῦ κυκλώματος εἶναι ἴση μὲ τὸ ὁλοκλήρωμα τῆς τάσεως εἰσόδου ἐπὶ μία σταθερά $-\frac{1}{R_1 C_a}$.

Τὸ ἴδιο κύκλωμα μὲ περισσότερες ἀντιστάσεις στὴν εἰσόδὸ του μᾶς δίνει ἓνα ἀθροιστικὸ ὁλοκληρωτὴ. Ἄν ἀντιστραφοῦν τὰ στοιχεῖα τοῦ κυκλώματος τοῦ σχήματος 50.1ζ καὶ στὴν εἰσόδου βάλομε χωρητικὴ ἀντίσταση C_1 καὶ ἂν ἡ ἀνασύζευξη γίνῃ μὲσω ὠμικῆς ἀντιστάσεως R_a τότε ἔχομε ἓνα κύκλωμα διαφορίσεως (σχ. 50.1η).

Στὸ κύκλωμα αὐτὸ ἡ τάση ἐξόδου V_a εἶναι ἴση μὲ τὴν παράγωγο τῆς τάσεως εἰσόδου ἐπὶ μία σταθερά RC_1 , δηλαδή:

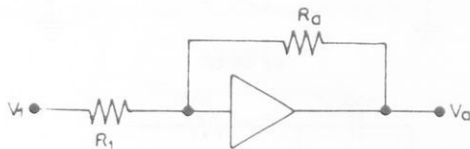
$$V_a = -RC_1 \frac{dV_1}{dt}$$

Ἄν καὶ σὲ αὐτὸ τὸ κύκλωμα συνδέσουμε στὴν εἰσόδου περισσότερους πυκνωτὲς (χωρητικὲς ἀντιστάσεις), θά ἔχομε:

$$V_a = -R_1 C_1 \frac{dV_1}{dt} - R_2 C_2 \frac{dV_2}{dt} \dots R_N C_N \frac{dV_N}{dt}$$

Ο τελεστικός ενισχυτής χρησιμοποιείται επίσης σαν αναστροφέας (Inverter). Δηλαδή, τόν χρησιμοποιούμε σε κυκλώματα στα οποία θέλουμε η τάση στην έξοδο να έχει αντίθετο σημείο από την τάση στην είσοδο. Πραγματικά το απλό κύκλωμα του σχήματος 50.11 κάνει αλλαγή σημείου, καί, έτσι στην έξοδο έχουμε (σχ. 50.10):

$$V_a = -\frac{R_a}{R_1} \cdot V_1 \quad \text{καί αν} \quad R_a = R_1, \quad \text{τότε} \quad V_a = -V_1$$



Σχ. 50.10.

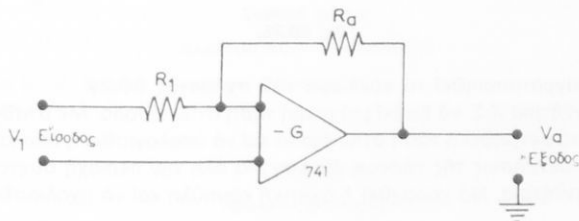
Ο τελεστικός ενισχυτής είναι ένα από τα πιο τέλεια ηλεκτρονικά κατασκευάσματα. Μέ τα χαρακτηριστικά λειτουργίας που παρουσιάζει εξυπηρετεί πλήθος από εφαρμογές. Η κατασκευή του σε ολοκληρωμένα κυκλώματα πλησιάζει τόν ιδανικό ενισχυτή με μόνο μειονέκτημα ότι παρουσιάζει δυσκολίες στο εύρος των συχνοτήτων που ενισχύει ομοιόμορφα.

50.2 Έργασία.

1) Νά πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα του σχήματος 50.2α. Σέ αυτό η τάση στην έξοδο είναι:

$$V_a = -\frac{R_a}{R_1} \cdot V_1$$

Μέ $R_a = 10 R_1$ νά επαληθευθεί πειραματικά η σχέση.

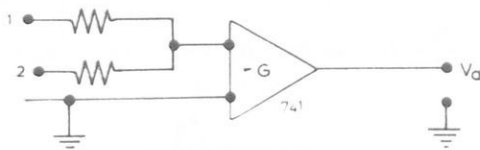


Σχ. 50.2α.

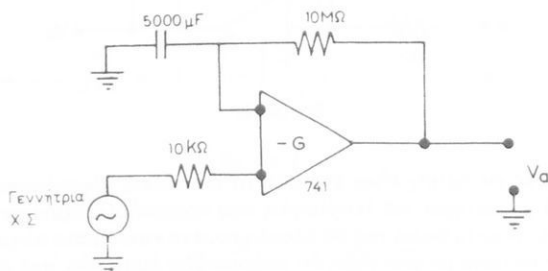
2) Στο κύκλωμα της προηγούμενης έρωτήσεως με $R_a = R_1$ νά μετρηθούν οι τάσεις εισόδου και εξόδου και με παλμογράφο νά διαπιστωθεί ή διαφορά σημείου μεταξύ τους (κύκλωμα άναστροφέα).

3) Νά πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 50.2β.

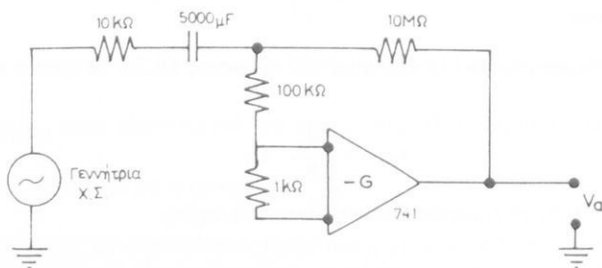
Νά ἐφαρμόσετε στίς εισόδους 1 και 2 δύο διαφορετικές τάσεις, π.χ. 1 και 2 βόλτ. Νά ἐλέγξετε στήν έξοδο τό ἄθροισμά τους.



Σχ. 50.2β.



Σχ. 50.2γ.



Σχ. 50.2δ.

4) Νά πραγματοποιηθεί τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 50.2γ.

Μέ τή γεννήτρια Χ.Σ. νά δοθεῖ μιά μικρή τάση στήν είσοδο. Μέ σταθερή τήν τάση είσοδου νά μετρηθεῖ ή τάση στήν έξοδο και νά ὑπολογισθεῖ ή ἀπολαβή. Ἐπίσης νά ληφθοῦν μετρήσεις τῆς τάσεως εξόδου γιά ὅλη τήν περιοχή συχνοτήτων πού παρέχει ή γεννήτρια. Νά χαραχθεῖ ή σχετική καμπύλη και νά σχολιασθεῖ ή μορφή της.

5) Ἡ ἴδια ἐργασία νά γίνη και μέ τό κύκλωμα τοῦ σχήματος 50.2δ και νά συγκριθοῦν τά ἀποτελέσματα.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΑΣΚΗΣΗ 1

Ήλεκτρικές πηγές του εργαστηρίου – Μέτρα ασφαλείας

1.1 Γενικά	1
------------------	---

ΑΣΚΗΣΗ 2

Πολύμετρα

2.1 Κύκλωμα βολτομέτρου για τη μέτρηση εναλλασσομένων τάσεων	6
--	---

ΑΣΚΗΣΗ 3

Ήλεκτρονικά βολτόμετρα

(Ήλεκτρονικά Πολύμετρα)

3.1 Γενικά	10
3.2 Όδηγίες χρήσεως ηλεκτρονικών βολτομέτρων με λυχνίες	11
3.3 Έργασία	12

ΑΣΚΗΣΗ 4

Παλμογράφος

4.1 Μετρήσεις τάσεως, συχνότητας και διαφοράς φάσεως	13
4.2 Βαθμονόμηση κατά τον κατακόρυφο άξονα	14
4.3 Βαθμονόμηση κατά τον οριζόντιο άξονα	14
4.4 Εύρεση διαφοράς φάσεως	15
4.5 Μέτρηση συχνότητας	16
4.6 Έργασία	16

ΑΣΚΗΣΗ 5

Γεννήτριες παραγωγής σημάτων

5.1 Περιγραφή – Χειρισμός	18
5.2 Γεννήτριες χαμηλών συχνοτήτων	19
5.3 Γεννήτριες υψηλών συχνοτήτων	21
5.4 Έργασία	23

ΑΣΚΗΣΗ 6

Σταθερά χρόνου

Κύκλωμα RC – Κύκλωμα RL

6.1 Κύκλωμα R - C. Φόρτιση - εκφόρτιση του πυκνωτή	24
6.2 Β' Κύκλωμα R - L. Τό ρεύμα στο πηνίο	27
6.3 Έργασία	28

ΑΣΚΗΣΗ 7

Συντονισμός σειράς

7.1 Γενικά	30
7.2 Έργασία	34



ΑΣΚΗΣΗ 8

Παράλληλος συντονισμός

8.1 Γενικά	36
8.2 'Ο συντελεστής ποιότητας Q και ή μορφή της καμπύλης συντονισμού	37
8.3 Περιγραφή του κυκλώματος και τρόπος λήψεως των μετρήσεων	38
8.4 Μέθοδος υποβιβασμού του συντελεστή ποιότητας Q	40
8.5 Έργασία	40

ΑΣΚΗΣΗ 9

Θερμονική έκπομπή ηλεκτρονίων – 'Η δίοδος λυχνία κενού

9.1 Γενικά	42
9.2 Έργασία	45

ΑΣΚΗΣΗ 10

Τρίοδος λυχνία

10.1 Γενικά	47
10.2 Έργασία	49

ΑΣΚΗΣΗ 11

Τέτρωδος λυχνία και λυχνία ισχύος κατευθυνόμενης δέσμης

11.1 Γενικά	52
11.2 Έργασία	55

ΑΣΚΗΣΗ 12

Πέντοδος λυχνία

12.1 Γενικά	57
12.2 Έργασία	60

ΑΣΚΗΣΗ 13

'Ημιαγωγοί – 'Η κρυσταλλοδίοδος

13.1 Γενικά	62
13.2 Έργασία	64

ΑΣΚΗΣΗ 14

Τρανζίστορ – Βασικά χαρακτηριστικά

14.1 Γενικά	66
14.2 Έργασία	69

ΑΣΚΗΣΗ 15

'Απλή και διπλή ανόρθωση

15.1 Γενικά	71
15.2 Κύκλωμα απλής ανόρθωσης με αντίσταση	71
15.3 Πρακτικό κύκλωμα και υπολογισμοί	72
15.4 'Η μέγιστη ανάστροφη τάση	75
15.5 Παλμογραφική παρατήρηση κυματομορφών	75
15.6 Κύκλωμα απλής ανόρθωσης με πυκνωτή	75
15.6.1 Σε ποιά τάση φορτίζεται ο πυκνωτής	76
15.6.2 'Η μέγιστη ανάστροφη τάση	76
15.6.3 Αντίσταση παράλληλα στον πυκνωτή	77

15.7 Τό κύκλωμα διπλής άνορθώσεως με άντίσταση	77
15.7.1 Ή μέγιστη άνάστροφη τάση	78
15.7.2 Διπλή άνόρθωση με πυκνωτή	79
15.7.3 Ή μέγιστη άνάστροφη τάση στό κύκλωμα του σχήματος 15.7ε (διπλή άνόρθωση με πυκνωτή)	79
15.7.4 Άντίσταση παράλληλα πρós τόν πυκνωτή	79
15.8 Έργασία	80

ΑΣΚΗΣΗ 16

Κύκλωμα άνορθώσεως με γέφυρα

16.1 Γενικά	82
16.2 Έργασία	85

ΑΣΚΗΣΗ 17

Άνόρθωση καί διπλασιασμός τάσεως

17.1 Γενικά	87
17.2 Έργασία	90

ΑΣΚΗΣΗ 18

Κυκλώματα πολλαπλασιασμού τάσεως

18.1 Γενικά	93
18.2 Έργασία	96

ΑΣΚΗΣΗ 19

Χαρακτηριστικές καμπύλες τρανζίστορ σε συνδεσμολογία κοινής (γειωμένης) βάσεως

19.1 Γενικά	97
19.2 Έργασία	99

ΑΣΚΗΣΗ 20

Χαρακτηριστικές καμπύλες τρανζίστορ σε συνδεσμολογία κοινού (γειωμένου) έκπομπού

20.1 Γενικά	101
20.2 Έργασία	104

ΑΣΚΗΣΗ 21

Μεταβαλλόμενες άντιστάσεις με την τάση

(V.D.R. — Voltage Dependent Resistors)

21.1 Γενικά	106
21.2 Έργασία	106

ΑΣΚΗΣΗ 22

Ή δίοδος Zener

22.1 Γενικά	108
22.2 Έργασία	110

ΑΣΚΗΣΗ 23

Θυρίστορ «SCR» (Silicon Controlled Rectifier)

23.1 Γενικά	113
23.2 Έργασία	116

ΑΣΚΗΣΗ 24**Ένισχυση εναλλασσόμενης τάσεως με τρίοδο λυχνία**

24.1 Γενικά	117
24.2 Έργασία	119

ΑΣΚΗΣΗ 25**Ένισχυση συνεχοῦς τάσεως με τρίοδο λυχνία**

(Ένισχυτρία άμέσου συζεύξεως)

25.1 Γενικά	121
25.2 Έργασία	123

ΑΣΚΗΣΗ 26**Καμπύλη άποκρίσεως ένισχυτῆ χαμηλῶν συχνοτήτων**

(Έπίδραση χωρητικότητων τῆς βαθμίδας)

26.1 Γενικά	125
26.2 Έργασία	125

ΑΣΚΗΣΗ 27**Εὐθεία φόρτου**

(Χάραξη καί πειραματική έπαλήθευση τῶν δεδομένων της)

27.1 Γενικά	127
27.2 Έργασία	129

ΑΣΚΗΣΗ 28**Πόλωση τῶν τρανζίστορ**

28.1 Γενικά	131
28.2 Έργασία	135

ΑΣΚΗΣΗ 29**Ένισχυτῆς τρανζίστορ κοινού (γειωμένου) έκπομποῦ**

29.1 Γενικά	137
29.2 Έργασία	140

ΑΣΚΗΣΗ 30**Ένισχυτῆς τρανζίστορ κοινῆς (γειωμένης) βάσεως**

30.1 Γενικά	142
30.2 Έργασία	144

ΑΣΚΗΣΗ 31**Ένισχυτῆς τρανζίστορ κοινού (γειωμένου) συλλέκτη**

31.1 Γενικά	146
31.2 Έργασία	147

ΑΣΚΗΣΗ 32**Ένισχυτές ισχύος**

32.1 Γενικά	150
32.2 Έργασία	152

ΑΣΚΗΣΗ 33

Ένισχυτές ισχύος με συμμετρική έξοδο
Push - Pull

33.1 Γενικά	154
33.2 Έργασία	158

ΑΣΚΗΣΗ 34

Κυκλώματα αναστροφής φάσεως

34.1 Γενικά	160
34.2 Έργασία	162

ΑΣΚΗΣΗ 35

Ένισχυτής σε τάξη Α

35.1 Γενικά	164
35.2 Έργασία	168

ΑΣΚΗΣΗ 36

Όπτικός ένισχυτής ή ένισχυτής εικόνας (Video Amplifier)

36.1 Γενικά	170
36.2 Έργασία	172

ΑΣΚΗΣΗ 37

Ταλαντώσεις ύψηλων συχνοτήτων

37.1 Γενικά	174
37.2 Έργασία	177

ΑΣΚΗΣΗ 38

Ταλαντωτής RC (Με μετάθεση φάσεως)

38.1 Γενικά	178
38.2 Έργασία	179

ΑΣΚΗΣΗ 39

Ταλαντωτής φραγμού (Blocking Oscillator)

39.1 Γενικά	180
39.2 Έργασία	184

ΑΣΚΗΣΗ 40

Κυκλώματα διαφορίσεως και ολοκληρώσεως

40.1 Γενικά	186
40.2 Τό κύκλωμα διαφορίσεως	186
40.3 Τό κύκλωμα ολοκληρώσεως	191
40.4 Έργασία	193

ΑΣΚΗΣΗ 41

Αυτόδιεγερόμενος πολυδονητής

41.1 Γενικά	196
41.2 Έργασία	200

ΑΣΚΗΣΗ 42

Πολυδονητής μίας βολής ή μίας σταθερής καταστάσεως

42.1 Γενικά	203
42.2 Έργασία	206

ΑΣΚΗΣΗ 43

Κύκλωμα σκανδαλισμού Σμίτ (Schmitt)

43.1 Γενικά	208
43.2 Έργασία	209

ΑΣΚΗΣΗ 44

Γραμμές μεταφοράς Υ.Σ. (Lecher)

44.1 Γενικά	210
44.2 Έργασία	212

ΑΣΚΗΣΗ 45

Πομπός συντηρουμένων κυμάτων

45.1 Γενικά	214
45.2 Έργασία	214

ΑΣΚΗΣΗ 46

Δίοδος Varactor ή Varicap

(Δίοδος μεταβλητής χωρητικότητας)

46.1 Γενικά	216
46.2 Έργασία	216

ΑΣΚΗΣΗ 47

Πολυδονητής διπλής σταθερής καταστάσεως (Flip - Flop)

47.1 Γενικά	218
47.2 Έργασία	219

ΑΣΚΗΣΗ 48

Τρανζίστορ Unijunction

(Δίοδος επαφής με διπλή βάση)

48.1 Γενικά	221
48.2 Έργασία	223

ΑΣΚΗΣΗ 49

Τρανζίστορ επιδράσεως πεδίου (FET)

49.1 Γενικά	225
49.2 Έργασία	228

ΑΣΚΗΣΗ 50

Τελεστικός ενισχυτής (Operational Amplifier)

50.1 Γενικά	230
50.2 Έργασία	233

COPYRIGHT ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

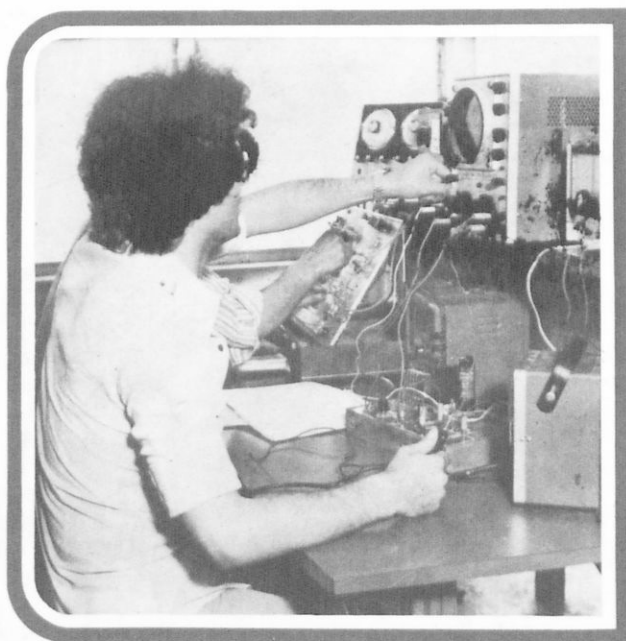


0020658262

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΒΟΥΛΑΣ

Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ



Ψηφιοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής