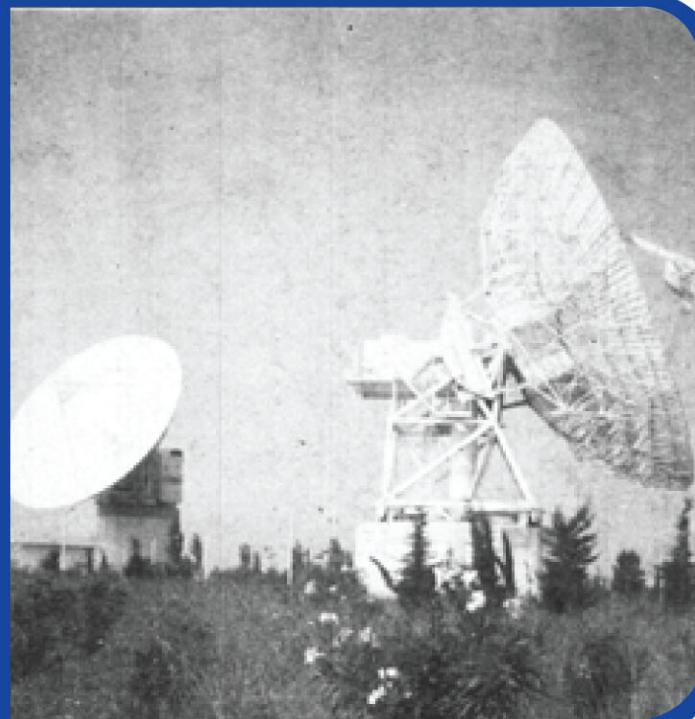




ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Γεωργίου Κ. Κοκκινάκη
ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΠΑΝ/ΜΙΟΥ ΠΑΤΡΩΝ
Γεωργίου Ανδ. Δεμπόνου
ΦΥΣΙΚΟΥ ΡΑΔΙΟΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΥ





1954

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ο Ευγένιος Ευγενίδης, ο ιδρυτής και χορηγός του «Ιδρύματος Ευγενίδου», πολύ νωρίς πρόθλεψε και σχημάτισε την πεποίθηση ότι η άρτια κατάρτιση των τεχνικών μας, σε συνδυασμό με την εθνική αγωγή, θα ήταν αναγκαίος και αποφασιστικός παράγοντας της προόδου του Έθνους μας.

Την πεποίθησή του αυτή ο Ευγενίδης εκδήλωσε με τη γενναιόφρονα πράξη ευεργεσίας, να κληροδοτήσει σεβαστό ποσό για τη σύσταση Ιδρύματος που θα είχε σκοπό να συμβάλλει στην τεχνική εκπαίδευση των νέων της Ελλάδας.

Έτσι το Φεβρουάριο του 1956 συστήθηκε το «Ίδρυμα Ευγενίδου», του οποίου τη διοίκηση ανέλαβε η αδελφή του κυρία Μαριάνθη Σίμου, σύμφωνα με την επιθυμία του διαθέτη.

Από το 1956 μέχρι σήμερα η συμβολή του Ιδρύματος στην τεχνική εκπαίδευση πραγματοποιείται με διάφορες δραστηριότητες. Όμως απ' αυτές η σημαντικότερη, που κρίθηκε από την αρχή ως πρώτης ανάγκης, είναι η έκδοση βιβλίων για τους μαθητές των τεχνικών σχολών.

Μέχρι σήμερα εκδόθηκαν εκατοντάδες τόμοι βιβλίων, που έχουν διατεθεί σε πολλά εκατομμύρια τεύχη. Τα βιβλία αυτά κάλυπταν ή καλύπτουν ανάγκες των Κατωτέρων και Μέσων Τεχνικών Σχολών του Υπ. Παιδείας, των Σχολών του Οργανισμού Απασχολήσεως Εργατικού Δυναμικού (ΟΑΕΔ) και των Δημοσίων Σχολών Εμπορικού Ναυτικού.

Μοναδική φροντίδα του Ιδρύματος σ' αυτή την εκδοτική του προσπάθεια ήταν και είναι η ποιότητα των βιβλίων, από άποψη όχι μόνον επιστημονική, παιδαγωγική και γλωσσική, αλλά και από άποψη εμφανίσεως, ώστε το βιβλίο να αγαπηθεί από τους νέους.

Για την επιστημονική και παιδαγωγική ποιότητα των βιβλίων τα κείμενα υποβάλλονται σε πολλές επεξεργασίες και βελτιώνονται πριν από κάθε νέα έκδοση.

Ιδιαίτερη σημασία απέδωσε το Ίδρυμα από την αρχή στην ποιότητα των βιβλίων από γλωσσική άποψη, γιατί πιστεύει ότι και τα τεχνικά βιβλία, όταν είναι γραμμένα σε γλώσσα άρτια και ομοιόμορφη αλλά και κατάλληλη για τη στάθμη των μαθητών, μπορούν να συμβάλλουν στη γλωσσική διαπαιδαγώγηση των μαθητών.

Έτσι με απόφαση που πάρθηκε ήδη από το 1956 όλα τα βιβλία της Βιβλιοθήκης του Τεχνίτη, δηλαδή τα βιβλία για τις Κατώτερες Τεχνικές Σχολές, όπως αργότερα και για τις Σχολές του ΟΑΕΔ, ήταν γραμμένα σε γλώσσα δημοτική με βάση τη γραμματική του Τριανταφυλλίδη, ενώ όλα τα άλλα βιβλία ήταν γραμμένα στην απλή καθαρέύουσα. Η γλωσσική επεξεργασία των βιβλίων γίνεται από φιλολόγους του Ιδρύματος και έτσι εξασφαλίζεται η ενιαία σύνταξη και ορολογία κάθε κατηγορίας βιβλίων.

Η ποιότητα του χαρτιού, το είδος των τυπογραφικών στοιχείων, τα σωστά σχήματα και η καλαίσθητη σελιδοποίηση, το εξώφυλλο και το μέγεθος του βιβλίου, περιλαμβάνονται και αυτά στις φροντίδες του Ιδρύματος.

Το Ίδρυμα Θεώρησε ότι είναι υποχρέωσή του, σύμφωνα με το πνεύμα του ιδρυτή του, να θέσει στη διάθεση του Κράτους όλη αυτή την πείρα του των 20 ετών, αναλαμβάνοντας το 1978 και την έκδοση των βιβλίων για τις νέες Τεχνικές και Επαγγελματικές Σχολές και τα νέα Τεχνικά και Επαγγελματικά Λύκεια, σύμφωνα με τα Αναλυτικά Προγράμματα του Π.Ι.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Μιχαήλ Αγγελόπουλος, ομ. καθηγητής ΕΜΠ, Πρόεδρος.

Αλέξανδρος Σταυρόπουλος, ομ. καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς, Αντιπρόεδρος.
Ιωάννης Τεγόπουλος, καθηγητής ΕΜΠ.

Σταμάτης Παλαιοκρασάς, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Σύμβουλος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.

Χρήστος Σιγάλας, Δ/ντής Σπ. Δευτ. Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ.

Σύμβουλος εκδόσεων του Ιδρύματος **Κ. Α. Μανάφης, καθηγ. Φιλ. Σχολής Παν/μίου Αθηνών.
Γραμματέας της Επιτροπής, **Γεώργιος Ανδρεάκος**.**

Διατελέσαντα μέλη ή σύμβουλοι της Επιτροπής

Γεώργιος Κακριδής (1955-1959) Καθηγητής ΕΜΠ, Άγγελος Καλογεράς (1957-1970) Καθηγητής ΕΜΠ, Δημήτριος Νιάνιας (1957-1965) Καθηγητής ΕΜΠ, **Μιχαήλ Σπετσιέρης** (1956-1959), **Νικόλαος Βασιώτης** (1960-1967), Θεόδωρος Κουζέλης (1968-1976) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, **Παναγιώτης Χατζηιωάννου** (1977-1982) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, **Αλέξανδρος Ι. Παππάς** (1955-1983) Καθηγητής ΕΜΠ, **Χρισόστομος Καβουνίδης** (1955-1984) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, **Γεώργιος Ρούσσος** (1970-1987) Χημ.-Μηχ. ΕΜΠ, Δρ. Θεοδόσιος **Παπαθεοδοσίου** (1982-1984) Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ, **Ιγνάτιος Χατζηευστρατίου** (1985-1988) Μηχανολόγος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ, **Γεώργιος Σταματίου** (1988-1990) Ηλεκτρολόγος ΕΜΠ, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ, **Σωτ. Γκλαβάς** (1989-1993), Φιλόλογος, Δ/ντής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαιδεύσεως ΥΠΕΠΘ.



ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΚΩΝ/ΝΟΥ ΚΟΚΚΙΝΑΚΗ ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ ΠΑΝ/ΜΙΟΥ ΠΑΤΡΩΝ

ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΑΝΔ. ΔΕΜΠΟΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΡΑΔΙΟΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΥ



AΘΗΝΑ
1998



A' ΕΚΔΟΣΗ 1980

B' ΕΚΔΟΣΗ 1985



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το βιβλίο αυτό γράφτηκε για τη διδασκαλία του μαθήματος «Τηλεπικοινωνίες» στην τρίτη τάξη του Τεχνικού Λυκείου. Επί πλέον όμως περιέχει και ένα παράρτημα.

Το βιβλίο περιλαμβάνει την ύλη του αναλυτικού προγράμματος του Υπουργείου Παιδείας και χωρίζεται σε έξη μέρη που περιγράφουν την τηλεφωνική συσκευή, τα αστικά και υπεραστικά κέντρα και τα μέσα μεταβιβάσεως, δηλαδή τα διάφορα είδη δικτύων.

Συγκεκριμένα στο πρώτο μέρος, την «Εισαγωγή», ορίζεται το αντικείμενο της Τηλεφωνίας, διατυπώνονται τα προβλήματα που αντιμετωπίζει και γίνεται μια σύντομη επισκόπηση της εξελίξεώς της μέχρι σήμερα και των προοπτικών που διαγράφονται για το μέλλον.

Στο δεύτερο μέρος περιγράφονται οι βασικές κατασκευαστικές μονάδες που χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στις τηλεφωνικές εγκαταστάσεις, όπως οι ρωστήρες, οι επιλογείς, κλπ., η συγκρότηση των αστικών δικτύων και η συγκρότηση και λειτουργία των αστικών και συνδρομητικών κέντρων (δευτερευουσών εγκαταστάσεων).

Το τρίτο μέρος περιλαμβάνει τα ενσύρματα υπεραστικά δίκτυα, δηλαδή τις εναέριες γραμμές, τα υπόγεια, υποβρύχια, και τα καλώδια οπτικών ίνων και τα υπεραστικά κέντρα.

Στο τέταρτο μέρος γίνεται περιγραφή των κεραιών και των διαφόρων τρόπων ασύρματης επικοινωνίας.

Το πέμπτο και το έκτο μέρος αναφέρονται στην τηλεγραφία-τηλετυπία και τα φερέσυχνα συστήματα.

Το Παράρτημα αποτελείται από τρία κεφάλαια, που η ύλη τους δεν προβλέπεται από το πρόγραμμα του Υπουργείου, παρατέθηκαν όμως για τους μαθητές που θα ήθελαν να ενημερωθούν και στα θέματα αυτά.

Το πρώτο κεφάλαιο του Παραρτήματος ασχολείται με τις γραμμές μεταφοράς.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναπτύσσεται ο τρόπος διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Στο τρίτο τέλος κεφάλαιο δίδονται ορισμένα βασικά στοιχεία από τη Θεωρία Τηλεφωνικής Κινήσεως.

Το πρώτο μέρος και τα κεφάλαια πρώτο, τρίτο και πέμπτο του βιβλίου καθώς και το τρίτο κεφάλαιο του παραρτήματος συνέγραψε ο καθηγητής Γ. Κοκκινάκης. Το δεύτερο, τέταρτο, έκτο, έβδομο, δύδος και ένατο κεφάλαιο του βιβλίου καθώς και το πρώτο και δεύτερο κεφάλαιο του παραρτήματος συνέγραψε ο Φυσικός Γ. Δευπόνος.

Ιδιαίτερη προσπάθεια καταβλήθηκε στο να παρουσιασθούν τα διάφορα αντικείμενα, όσο το δυνατόν πιο απλά. Για την πλήρη κατανόηση της ύλης απαιτούνται μόνο μερικές στοιχειώδεις γνώσεις Φυσικής, Ηλεκτροτεχνίας και Ηλεκτρονικής, που ήδη έχουν διδαχθεί στα προηγούμενα έτη.

Επειδή οι παραστάσεις για τα τηλεπικοινωνιακά μέσα από την καθημερινή ζωή, με εξαιρεση βέβαια την τηλεφωνική συσκευή, δεν είναι πολλές, οι μαθητές θα διευκολυνθούν πολύ στην κατανόηση των μαθημάτων, αν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας επισκεφθούν τηλεπικοινωνιακές εγκαταστάσεις.

Ελπίζεται πως το Βιβλίο αυτό θα είναι χρήσιμο όχι μόνο στους μαθητές του Τεχνικού Λυκείου, αλλά και σε οποιονδήποτε επιθυμεί να κατατοπισθεί σύντομα στα αντικείμενα των τηλεπικοινωνιών.

Οι συγγραφείς

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

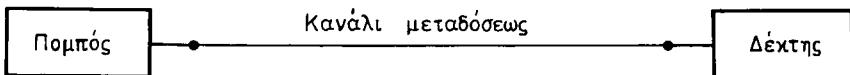
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

0.1 Αντικείμενο — Κλάδοι — Υπηρεσίες Επικοινωνιών.

0.1.1 Γενικά.

Αντικείμενο των τηλεπικοινωνιών είναι γενικά η **μεταβίβαση πληροφοριών** από ένα σημείο σε άλλο απομακρυσμένο σημείο με τη βοήθεια του ηλεκτρικού ρεύματος. Οι πληροφορίες μπορεί να έχουν διάφορες μορφές: φωνής, μουσικής, κειμένου, εικόνας, κλπ.

Για την τηλεπικοινωνιακή σύνδεση δύο σημείων είναι απαραίτητο να υπάρχει μεταξύ τους ένα ηλεκτρικό κύκλωμα που ονομάζεται **τηλεπικοινωνιακή ζεύξη**. Μια απλή τηλεπικοινωνιακή ζεύξη αποτελείται από ένα πομπό, ένα κανάλι μεταδόσεως και ένα δέκτη (σχ. 0.1α).



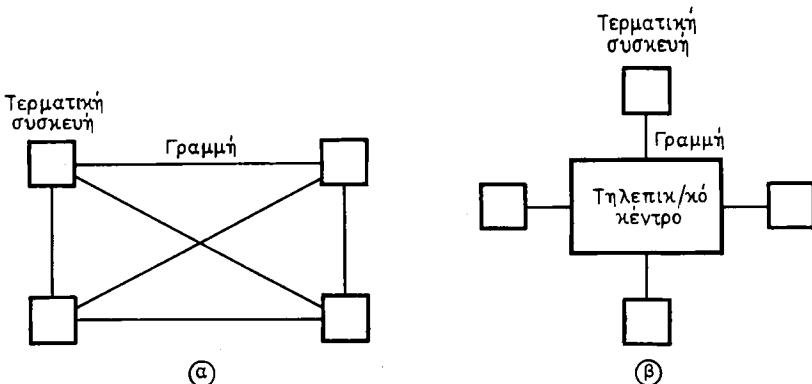
Σχ. 0.1α.
Απλή τηλεπικοινωνιακή ζεύξη.

Ο **πομπός** περιλαμβάνει ένα κατάλληλο ηλεκτρομηχανικό μετατροπέα, που μετατρέπει τον αρχικό φορέα της πληροφορίας (φωνή, κείμενο, εικόνα, κλπ) σε αντίστοιχο **ηλεκτρικό σήμα**. Μέσα από το **κανάλι μεταδόσεως** περνά το σήμα που μεταβιβάζεται στο δέκτη. Το κανάλι μπορεί να είναι **ενσύρματο**, π.χ. μια γραμμή από δύο αγωγούς στην πιο απλή περίπτωση, ή **ασύρματο** δηλ. ο ελεύθερος χώρος. Ο **δέκτης** περιλαμβάνει ένα ηλεκτρομηχανικό μετατροπέα, που πραγματοποιεί την αντίστροφη μετατροπή του σήματος στον αρχικό φορέα πληροφορίας.

Εκτός από τους ηλεκτρομηχανικούς μετατροπείς, ο πομπός και ο δέκτης περιλαμβάνουν και άλλες διατάξεις απαραίτητες για την επικοινωνία και ονομάζονται πιο γενικά **τερματικές συσκευές**.

Το βασικό πρόβλημα σε μια τηλεπικοινωνιακή ζεύξη είναι να μεταδοθεί το σήμα από το ένα άκρο της στο άλλο με όσο το δυνατόν λιγότερες **παραμορφώσεις** και όσο το δυνατόν **οικονομικότερα**. Αυτό είναι το **πρόβλημα μεταδόσεως**, με το οποίο ασχολείται στις τηλεπικοινωνίες ιδιαίτερος κλάδος, **η τεχνική μεταδόσεως**.

Το δεύτερο πρόβλημα προκύπτει από την απαίτηση να μπορούν να μεταβιβάζονται πληροφορίες μεταξύ πάρα πολλών τερματικών συσκευών. Μια λύση θα ήταν να συνδεθούν μόνιμα όλες οι τερματικές συσκευές ανά δύο, όπως φαίνεται στο σχήμα 0.1β(α). Με τον τρόπο αυτό όμως απαιτείται τεράστιος αριθμός γραμμών



Σχ. 0.1β.

α) Μόνιμες συνδέσεις μεταξύ τεσσάρων τερματικών συσκευών. β) Σύνδεση τερματικών συσκευών σε τηλεπικοινωνιακό κέντρο.

— για ν συσκευές απαιτούνται $n(n-1)/2$ γραμμές — ενώ οι συσκευές γίνονται επίσης τεράστιες, επειδή σε κάθε μια καταλήγουν όλες οι γραμμές που τη συνδέουν με τις άλλες συσκευές. Έτσι η λύση αυτή είναι οικονομικά και πρακτικά ανεφάρμοστη, εκτός από την περίπτωση πολύ μικρού αριθμού συσκευών.

Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με τη δημιουργία μιας κεντρικής θέσεως που ονομάζεται **τηλεπικοινωνιακό κέντρο** και με τη σύνδεση στο κέντρο αυτό ακτινωτά όλων των τερματικών συσκευών με ξεχωριστή γραμμή για την κάθε μια [σχ. 0.1β(β)]. Οι γραμμές δύο οποιωνδήποτε συσκευών δεν είναι μόνιμα συνδεμένες μεταξύ τους, αλλά συνδέονται προσωρινά μέσω του κέντρου για την πραγματοποίηση της επικοινωνίας και κατόπιν αποσυνδέονται.

Το δεύτερο επομένως βασικό πρόβλημα των τηλεπικοινωνιών είναι το πώς θα συνδέονται στο κέντρο οι κατάλληλες γραμμές και πώς θα αποσυνδέονται στο τέλος της επικοινωνίας. Αυτό είναι το **πρόβλημα διασυνδέσεως ή μεταγωγής** με το οποίο ασχολείται η τεχνική των τηλεπικοινωνιακών κέντρων ή πιο γενικά η **τεχνική διασυνδέσεως ή μεταγωγής**.

Το τηλεπικοινωνιακό κέντρο με τον εξοπλισμό συνδέσεως των γραμμών, οι τερματικές συσκευές και οι γραμμές αποτελούν μια **τηλεπικοινωνιακή εγκατάσταση**, που εξυπηρετεί ανάλογα με το μέγεθός της ορισμένο αριθμό ατόμων. Την εγκατάσταση αυτή δημιουργεί και εκμεταλλεύεται κάποια δημόσια ή ιδιωτική εταιρία. Ο κάτοχος μιας τερματικής συσκευής ονομάζεται **συνδρομητής**, επειδή πληρώνει συνδρομή στην εταιρία για να έχει το δικαίωμα να χρησιμοποιεί την εγκατάσταση.

Ανάλογα, τώρα, με το **είδος των πληροφοριών** που μεταβιβάζονται έχουν αναπτυχθεί με την πάροδο του χρόνου ξεχωριστές **«Υπηρεσίες»** με ξεχωριστές τις περισσότερες φορές τηλεπικοινωνιακές εγκαταστάσεις για την εξυπηρέτηση των συνδρομητών τους. Οι πιο γνωστές είναι η τηλεφωνία, η τηλεγραφία, η ραδιοφωνία και η τηλεόραση. Άλλες υπηρεσίες είναι:

- Η **Υπηρεσία TELEX** που εξασφαλίζει τη μεταβίβαση κειμένων με κεφαλαία γράμματα μεταξύ των συνδρομητών του τηλετυπικού δικτύου.

- Η **Υπηρεσία τηλεαντιγράφων** για τη μεταβίβαση σχεδίων και φωτογραφιών.

- Η Υπηρεσία **DATA** για τη μεταβίβαση κωδικοποιημένων πληροφοριών (DATA: στοιχεία, δεδομένα) με μεγάλη ταχύτητα, κυρίως για επεξεργασία από ηλεκτρονικούς υπολογιστές.
- Η Υπηρεσία **TELETEXT** για τη μεταβίβαση κειμένων με όλα τα σύμβολα μιας κοινής γραφομηχανής.
- Η Υπηρεσία **VIDEOTEX** για τη μεταβίβαση κειμένων και σχεδίων στους κοινούς δέκτες της τηλεοράσεως, μέσω του τηλεφωνικού δικτύου, από ένα κεντρικό ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Στο μάθημα αυτό θα ασχοληθούμε περισσότερο με την τηλεφωνία που είναι πολύ πιο διαδεδομένη και οι παραστάσεις που έχουμε για αυτήν είναι πολλές. Όσα όμως θα αναφερθούν ισχύουν ανάλογα και για τις άλλες υπηρεσίες.

0.1.2 Τηλεφωνία.

Στην τηλεφωνία η τερματική συσκευή του συνδρομητή είναι το γνωστό σε όλους μας **τηλέφωνο**. Κάθε τηλέφωνο είναι συνδεμένο σε ένα τηλεφωνικό κέντρο με μια γραμμή από δύο αγωγούς, που ονομάζεται **συνδρομητική γραμμή**.

Οι τηλεφωνικές εγκαταστάσεις διακρίνονται, ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν, σε εγκαταστάσεις ιδιωτικής χρήσεως (συνδρομητικά κέντρα) και σε εγκαταστάσεις δημόσιας χρήσεως (δημόσια τηλεφωνικά κέντρα και δίκτυα).

Τα **συνδρομητικά κέντρα (Σ.Κ.)** εξυπηρετούν την εσωτερική επικοινωνία, π.χ. σε επιχειρήσεις και σε δημόσιες Υπηρεσίες. Ένα τέτοιο κέντρο περιλαμβάνει συνήθως λιγότερους από 100 συνδρομητές, υπάρχουν όμως και πολλά Σ.Κ. με εκατοντάδες, ακόμα και με χιλιάδες συνδρομητές. Το Σ.Κ. έχει κατά κανόνα τη δυνατότητα να επικοινωνεί και με τους συνδρομητές των δημοσίων τηλεφωνικών κέντρων.

Οι **εγκαταστάσεις δημόσιας χρήσεως** διακρίνονται σε **αστικές** και **υπεραστικές**. Οι αστικές εγκαταστάσεις εξυπηρετούν τους κατοίκους μιας πόλεως. Μικρές εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν μερικές εκατοντάδες συνδρομητές, ενώ μεγάλες εγκαταστάσεις περισσότερους από εκατό χιλιάδες. Ανάλογα με τον αριθμό συνδρομητών και την έκταση της πόλεως περιλαμβάνει η εγκατάσταση ένα ή περισσότερα αστικά κέντρα. Στη δεύτερη περίπτωση όλα τα αστικά κέντρα μιάς πόλεως είναι συνδεμένα μεταξύ τους με **ζευκτικές γραμμές** για να μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους οι συνδρομητές διαφορετικών κέντρων. Οι συνδρομητικές και οι ζευκτικές γραμμές μιας πόλεως σχηματίζουν το **αστικό δίκτυο**.

Οι υπεραστικές εγκαταστάσεις εξασφαλίζουν την πραγματοποίηση συνδιαλέξεων μεταξύ των συνδρομητών διαφορετικών πόλεων μιας χώρας. Για το σκοπό αυτό συνδέονται τα αστικά δίκτυα σε **υπεραστικά κέντρα** και τα τελευταία αυτά μεταξύ τους με **υπεραστικές γραμμές**. Έτσι σχηματίζεται το εθνικό υπεραστικό δίκτυο μιας χώρας. Τα εθνικά υπεραστικά δίκτυα συνδέονται τέλος σε **διεθνή υπεραστικά κέντρα** και αυτά μεταξύ τους με γραμμές που σχηματίζουν το **διεθνές υπεραστικό δίκτυο**. Το δίκτυο αυτό επιτρέπει να γίνονται συνδιαλέξεις από κράτος σε κράτος.

Η εξάπλωση της τηλεφωνίας και γενικά των Τηλεπικοινωνιών σε ολόκληρο τον κόσμο έκανε αναπόφευκτη τη συνεργασία μεταξύ των τηλεπικοινωνιακών οργανισμών και των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων των διαφόρων χωρών, ώστε να είναι δυνατή η πραγματοποίηση διεθνών ανταποκρίσεων. Για τη μελέτη των προβλημάτων που δημιουργεί η συνεργασία αυτή και την επεξεργασία προτάσεων για

την ενιαία αντιμετώπισή τους έχει συσταθεί η **Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών (U.I.T.)¹** από εκπροσώπους των περισσοτέρων πολιτισμένων κρατών. Η U.I.T. ανήκει στον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών, εδρεύει στη Γενεύη και με τις επιτροπές της **C.C.I.T.T.²** και **C.C.I.R³** που μελετούν αντίστοιχα τα προβλήματα της τηλεγραφίας και τηλεφωνίας και τα προβλήματα της ραδιοεπικοινωνίας, σύμβαλλει σε μεγάλο βαθμό στην τυποποίηση των μεθόδων, του τηλεπικοινωνιακού εξοπλισμού κλπ και γενικά στην ενιαία και ορθολογική αντιμετώπιση όλων των προβλημάτων στο χώρο **των τηλεπικοινωνιών**.

Στον Ευρωπαϊκό χώρο έχει δημιουργηθεί επί πλέον η **Σύνοδος Ταχυδρομικών και Τηλεπικοινωνιακών Οργανισμών (CEPT)⁴** που ασχολείται με τα προβλήματα των Ταχυδρομείων και των Τηλεπικοινωνιών στην Ευρώπη.

Άλλοι διεθνείς Οργανισμοί στους οποίους μετέχουν οι χώρες που χρησιμοποιούν τα σχετικά δίκτυα είναι:

- Ο διεθνής Οργανισμός δορυφορικών επικοινωνιών **INTELSAT⁵**.
- Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός δορυφορικών επικοινωνιών **EUTELSAT⁶**.
- Ο διεθνής Οργανισμός δορυφορικών επικοινωνιών εμπορικής ναυτιλίας **INMARSAT⁷**.

0.2 Ιστορική εξέλιξη και προοπτικές των Επικοινωνιών.

0.2.1 Τηλεγραφία – Τηλεφωνία.

Η ηλεκτρική τηλεπικοινωνία εμφανίσθηκε σε εκμεταλλεύσιμη μορφή στα μέσα του περασμένου αιώνα, όταν ήδη ήταν γνωστές οι αρχές του ηλεκτρισμού και είχαν προηγηθεί διάφορα πειράματα μεταδόσεως πληροφοριών με τη βοήθεια του ηλεκτρικού ρεύματος. Το 1837 ο Αμερικανός **Samuel Morse** εφεύρε τον **ηλεκτρικό τηλέγραφο**, ένα σύστημα μεταδόσεως των γραμμάτων του αλφαριθμητού και αριθμών με συνδυασμούς παλμών ρεύματος μικρής και μεγάλης διάρκειας: του κώδικα Morse.

Με το σύστημα αυτό που βελτιώθηκε σημαντικά στο επόμενο διάστημα, αναπτύχθηκε η **τηλεγραφία** με την οποία έγινε δυνατή η επικοινωνία σε μεγάλες αποστάσεις, αρχικά μέσα από ενσύρματες γραμμές, αργότερα μέσα και από τον ελεύθερο χώρο. Ήδη το 1870 συνδέθηκε με εναέρια και υποβρύχια γραμμή το **Λονδίνο** με την **Καλκούτα** (απόσταση 11000 km), ενώ το 1901 ο Ιταλός **Guglielmo Marconi** έστειλε το πρώτο τηλεγράφημα με ραδιοηλεκτρικά κύματα από την **Αγγλία** στη **Νέα Γη (ΗΠΑ)**.

Η ηλεκτρική μεταβίβαση **φωνής** έγινε δυνατή με την εφεύρεση του τηλεφώνου από τον Αμερικανό **Alexander Graham Bell**, το 1876. Για την εξυπηρέτηση πολλών

1) Union Internationale des Télécommunications.

2) Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique.

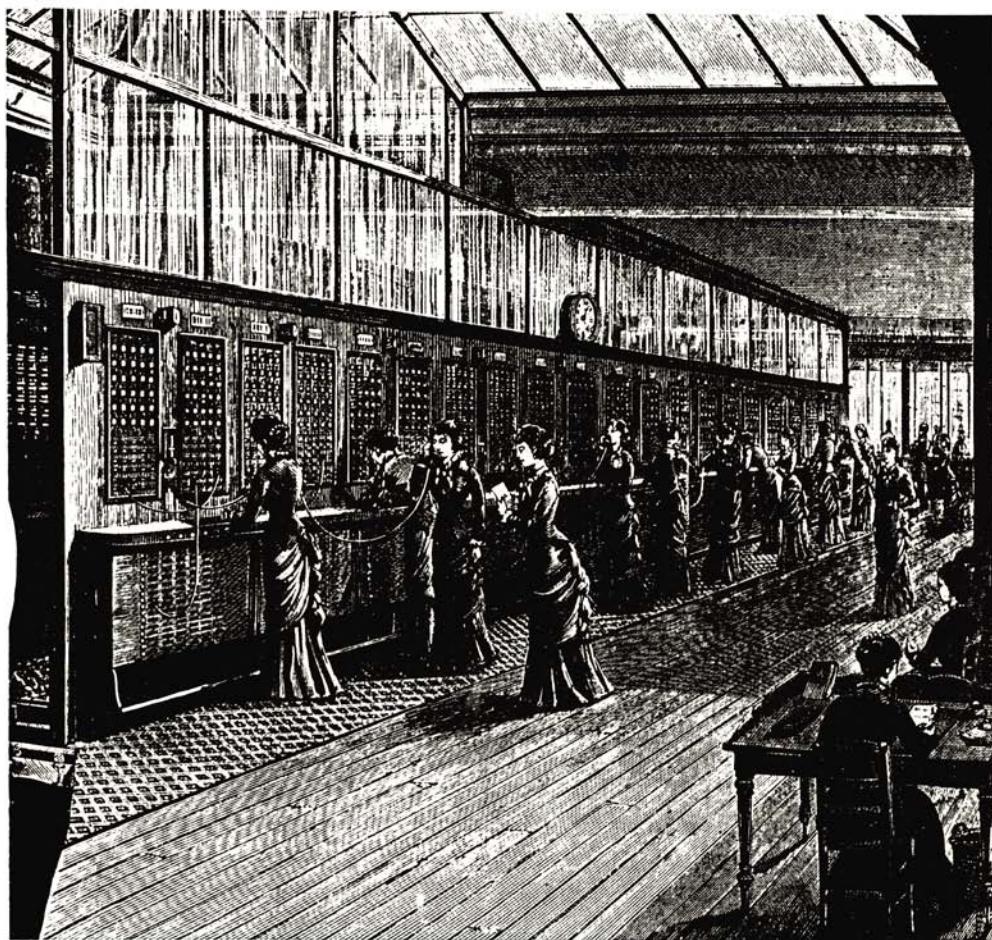
3) Comité Consultatif International pour les Radio-Communications.

4) Conférence Européenne des Administrations des Postes et des Télécommunications.

5) International Telecommunications Satellite Organization.

6) European Telecommunications Satellite Organization.

7) International Maritime Satellite Organization.



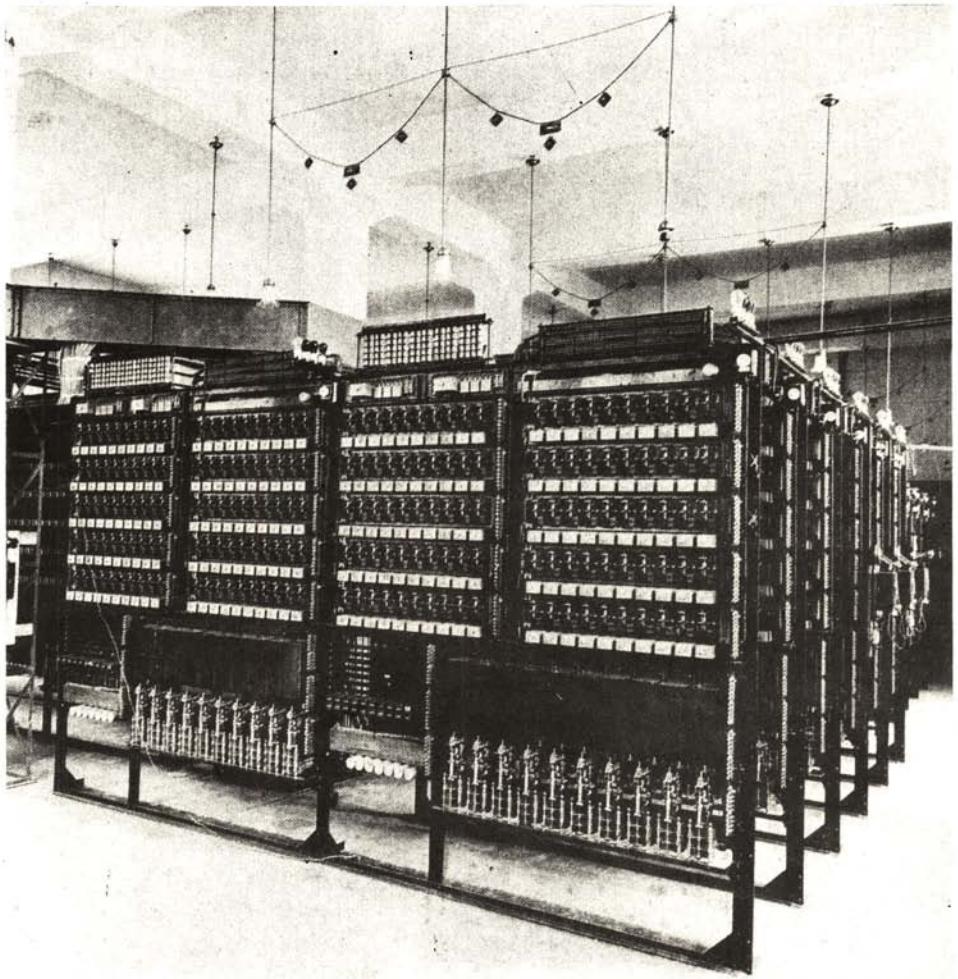
Σχ. 0.2α.

Χειροκίνητο τηλεφωνικό κέντρο. (Παρίσι, 1890).

συνδρομητών δημιουργήθηκαν σύντομα (1880) **χειροκίνητα τηλεφωνικά κέντρα**, στα οποία οι γραμμές των συνδρομητών συνδέονταν και αποσυνδέονταν από τηλεφωνήτριες (σχ. 0.2α).

Αυτόματα κέντρα χωρίς τηλεφωνήτριες άρχισαν να τοποθετούνται από το 1892, ύστερα από την εφεύρεση του **επιλογέα** από τον **Almon Strowger**, το 1889. Ο επιλογέας εξασφαλίζει τη σύνδεση δύο γραμμών με παλμούς ρεύματος που αποστέλλει ο καλών συνδρομητής, δηλ. με τηλεκαθοδήγηση (σχ. 0.2β).

Η αυτοματοποίηση τηλεφωνικών συνδέσεων περιορίσθηκε αρχικά στα **αστικά δίκτυα** που διεκπεραιώνουν το μεγαλύτερο δύκο της τηλεφωνικής κινήσεως. Με την αύξηση όμως της υπεραστικής επικοινωνίας, έγινε και σαυτήν αναπόφευκτη η αυτοματοποίηση. Ήδη το 1923 λειτούργησε στη Γερμανία το πρώτο **αυτόματο υπεραστικό δίκτυο**. Στις επόμενες δεκαετίες και ιδιαίτερα μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο, η αυτοματοποίηση επεκτάθηκε σε πολλά εθνικά δίκτυα και σήμερα καλύπτει σε προηγμένες χώρες όλες τις υπεραστικές συνδέσεις.



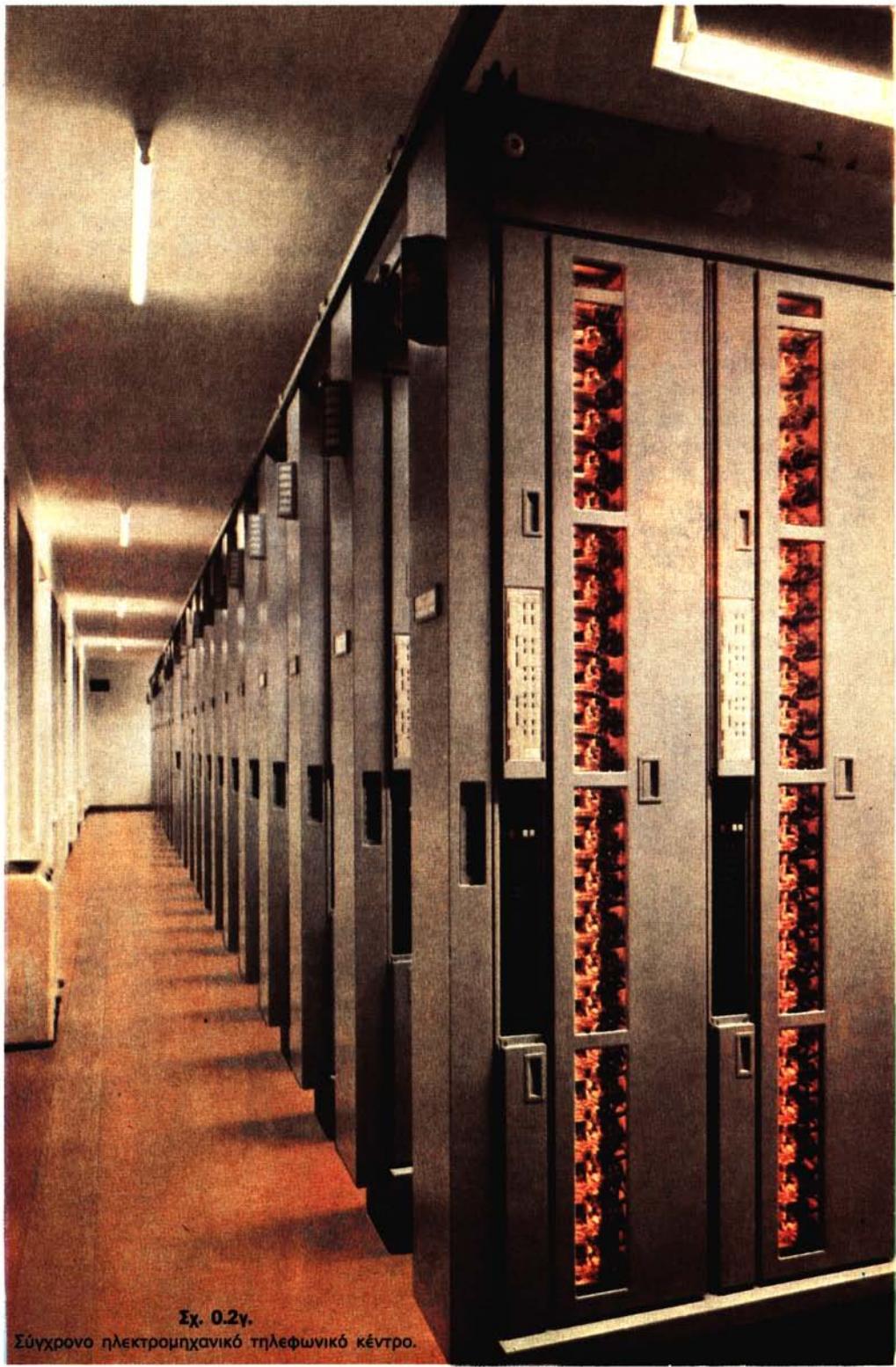
Σχ. 0.2β.

Αυτόματο αστικό τηλεφωνικό κέντρο στο Μόναχο, το 1909.

Η αυτοματοποίηση δεν σταμάτησε όμως στις εθνικές υπεραστικές συνδέσεις αλλά προχώρησε και στις **διεθνείς συνδέσεις**. Από το 1950 άρχισε να αυτοματοποιείται η επικοινωνία μεταξύ χωρών με ισχυρή αμοιβαία τηλεφωνική κίνηση και σήμερα ένα μεγάλο ποσοστό των διεθνών κλήσεων πραγματοποιείται στην Ευρώπη, Β. Αμερική κ.α. από τους ίδιους τους συνδρομητές.

Η ανάπτυξη της τηλεφωνίας οδήγησε βαθμιαία σε μείωση της σημασίας της τηλεγραφίας. Η εφεύρεση όμως του **τηλέτυπου** το 1931 που επιτρέπει την εκτύπωση κατευθείαν του κειμένου που στέλλει ο πομπός, και ιδιαίτερα η δημιουργία **αυτόματων τηλετυπικών δικτύων** (Υπηρεσία TELEX) από το 1950, έδωσε νέα ώθηση στην τηλεγραφία.

Το τελευταίο διάστημα η **μεταβίβαση στοιχείων** (Data) με μεγάλη ταχύτητα έκανε δυνατή τη διακίνηση μεγάλου όγκου πληροφοριών που επεξεργάζονται ηλε-



Σχ. 0.2γ.

Σύγχρονο ηλεκτρομηχανικό τηλεφωνικό κέντρο.

κτρονικοί υπολογιστές και τη δημιουργία νέων «Υπηρεσιών», όπως την TELETEXT και VIDEOTEXT που αναφέραμε προηγουμένως.

0.2.2 Τηλεπικοινωνιακά κέντρα.

Τα πρώτα τηλεφωνικά και τηλεγραφικά κέντρα ήταν **ηλεκτρομηχανικά**, δηλ. περιελάμβαναν όργανα με κινούμενα μηχανικά τμήματα, όπως τους επιλογείς ποι αναφέραμε, ηλεκτρομαγνήτες, ρελάι, κλπ. Τα κέντρα αυτά βελτιώνονταν συνεχώς τα επόμενα χρόνια και έφθασαν στις μέρες μας σε μεγάλη τελειότητα (σχ. 0.2γ).

Τα ηλεκτρομηχανικά όμως κέντρα έχουν μερικά βασικά μειονεκτήματα: χρειάζονται συντήρηση, καταλαμβάνουν μεγάλο χώρο και η ταχύτητα λειτουργίας τους δεν είναι αρκετά μεγάλη ώστε να επιτρέπει την εισαγωγή νέων «Υπηρεσιών» που κρίνονται απαραίτητες σήμερα.

Η ανάπτυξη της **ηλεκτρονικής** τις τελευταίες δεκαετίες και ιδιαίτερα των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων και των ηλεκτρονικών υπολογιστών, άνοιξε καινούργιους δρόμους για τα τηλεπικοινωνιακά κέντρα. Τα ηλεκτρομηχανικά όργανα άρχισαν να αντικαταστάνονται με ηλεκτρονικά και πρόσφατα φθάσαμε στο σημείο να εισάγονται σε μεγάλη κλίμακα στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα εντελώς **ηλεκτρονικά κέντρα** που καθοδηγούνται από ηλεκτρονικούς υπολογιστές με **ενταμιευμένο πρόγραμμα** (σχ. 0.2δ). Τα κέντρα αυτά λειτουργούν με κωδικοποιημένες (ψηφιακές) πληροφορίες για αυτό ονομάζονται **ψηφιακά ηλεκτρονικά κέντρα**.

Τα ηλεκτρονικά κέντρα έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής γιατί δεν περιλαμβάνουν



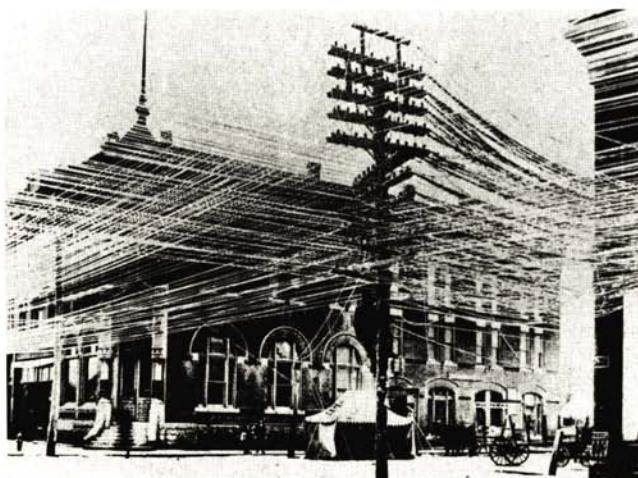
Σχ. 0.2δ.
Σύγχρονο αστικό ηλεκτρονικό τηλεφωνικό κέντρο.

όργανα που κινούνται, επομένως δεν φθείρονται, εργάζονται πολύ γρήγορα, απαιτούν μικρό χώρο και προσφέρουν πολύ περισσότερες «Υπηρεσίες» στους συνδρομητές.

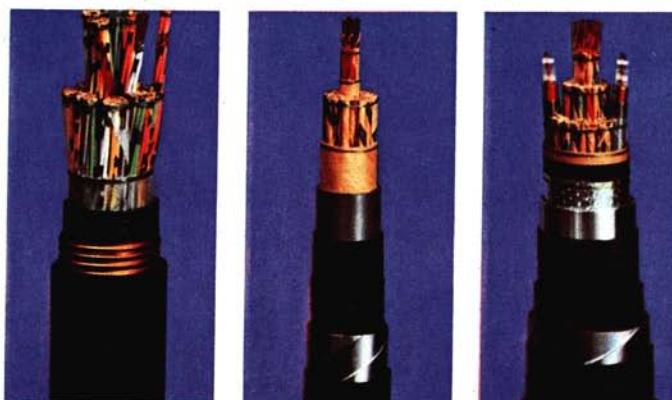
0.2.3 Τηλεπικοινωνιακά δίκτυα.

Για τη μετάδοση των τηλεγραφικών και τηλεφωνικών σημάτων χρησιμοποιήθηκαν αρχικά **γυμνοί αγωγοί** στερεωμένοι σε στύλους (εναέριες γραμμές). Αργότερα (αρχές του αιώνα) όταν αυξήθηκαν οι συνδρομητές και χρειάζονταν πολλές γραμμές, κατασκευάσθηκαν **καλώδια** με πλήθος μονωμένων αγωγών (σχ. 0.2ε).

Το πρώτο διάστημα για την πραγματοποίηση μάς τηλεγραφικής ή τηλεφωνικής επικοινωνίας ήταν απαραίτητη μια **ξεχωριστή γραμμή** από δύο αγωγούς. Σημαντική



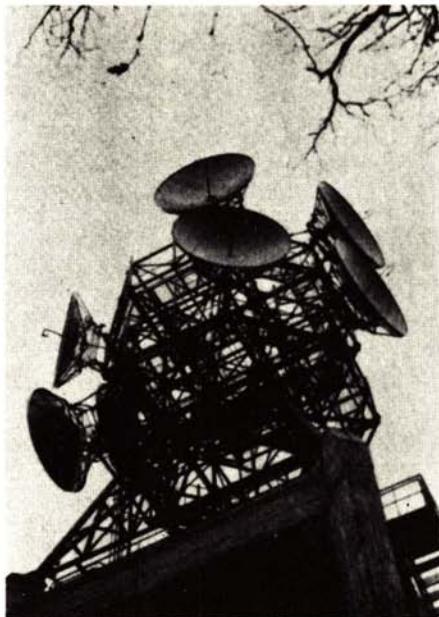
(α)



(β)

Σχ. 0.2ε.

α) Εναέριες γραμμές (Ν. Υόρκη 1909). β) Διάφορα καλώδια.



(α)



(β)

Σχ. 0.2στ.

- α) Κεραίες μικροκυματικών φερέσυχνων συστημάτων.
 β) Τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος.

εξοικονόμηση σε αγωγούς και μείωση του κόστους ανά επικοινωνία πραγματοποιήθηκε με την εισαγωγή των **φερέσυχνων συστημάτων** από το 1918, που επιτρέπουν την **ταυτόχρονη** μετάδοση δεκάδων, εκατοντάδων και χιλιάδων επικοινωνιών μέσα από την ίδια γραμμή.

Εκτός από τις εναέριες γραμμές και τα καλώδια άρχισε να χρησιμοποιείται από

το 1927 η **ασύρματη τηλεφωνική επικοινωνία με βραχέα κύματα** (ραδιοτηλεφωνία). Για ταυτόχρονη μετάδοση μεγάλου αριθμού συνδιαλέξεων άρχισαν να εισάγονται από το 1934 **μικροκυματικά φερέσυχνα συστήματα**. Στα συστήματα αυτά τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα ακτινοβολούνται από κεραία-κάτοπτρο προς ορισμένη κατεύθυνση, κινούνται ευθύγραμμα και λαμβάνονται από άλλη κεραία που έχει οπτική επαφή με την πρώτη [σχ. 0.2στ(α)].

Για την υπερατλαντική επικοινωνία μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν τα πρώτα χρόνια μόνο οι ζεύξεις βραχέων κυμάτων. Το 1956 ποντίστηκε το πρώτο υποβρύχιο καλώδιο μεταξύ Αγγλίας και Αμερικής και από τότε μια σειρά άλλων καλωδίων αύξησε σημαντικά τα τηλεφωνικά κυκλώματα μεταξύ των δύο ηπείρων.

Ασύρματες μικροκυματικές ζεύξεις, δεν μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αρχικά επειδή δεν ήταν δυνατή η κατασκευή σταθμών αναμεταδόσεως των μικροκυμάτων με οπτική επαφή. Το πρόβλημα αυτό έλυσε η εκτόξευση τεχνητών δορυφόρων που εξασφαλίζουν την απαιτούμενη οπτική επαφή μεταξύ των δορυφορικών σταθμών εδάφους [σχ. 0.2στ(β)].

0.2.4 Προοπτικές Επικοινωνιών.

Οι προοπτικές που διανοίγονται σήμερα για το μέλλον των επικοινωνιών είναι πραγματικά εκπληκτικές. Τα ηλεκτρομηχανικά κέντρα θα δίνουν τη θέση τους όσο περνούν τα χρόνια όλο και περισσότερο στα ψηφιακά ηλεκτρονικά κέντρα. Τα σημερινά καλώδια με μεταλλικούς αγωγούς θα αντικατασταθούν βαθμιαία από καλώδια με οπτικούς αγωγούς. Οι **οπτικοί αγωγοί** είναι πολύ λεπτές ίνες από γυαλί που επιτρέπουν τη μετάδοση τεράστιου αριθμού ταυτόχρονων επικοινωνιών υπό μορφή οπτικών σημάτων (παλμών φωτός).

Τα ψηφιακά ηλεκτρονικά κέντρα συνδυασμένα με οπτικά δίκτυα. έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν στους συνδρομητές πολύ περισσότερες και ποιοτικά ανώτερες υπηρεσίες από τις σημερινές. Π.χ. το **ΕΙΚΟΝΟΤΗΛΕΦΩΝΟ**, συνδυασμός μεταδόσεως φωνής και εικόνας του συνδρομητή, είναι μια από αυτές.

Ιδιαίτερη όμως σημασία θα έχει η δυνατότητα επικοινωνίας των συνδρομητών με **ηλεκτρονικούς υπολογιστές**, δηλ. ο συνδυασμός τηλεπικοινωνιών και ηλεκτρονικών υπολογιστών. Από τους υπολογιστές θα είναι δυνατή όχι μόνο η λήψη, κάθε είδους πληροφοριών για ενημέρωση, εκπαίδευση και ψυχαγωγία, αλλά και η εκτέλεση πλήθους εργασιών, όπως η παραγελία προϊόντων, η πληρωμή λογαριασμών, η μεταβίβαση μηνυμάτων κ.ο.κ. Στην περίπτωση αυτή είναι φανερό ότι η σημερινή απλή τηλεφωνική συσκευή θα έχει μετατραπεί σε ένα τερματικό σταθμό με οθόνη, πληκτρολόγιο εκτυπωτή κλπ. που θα εξασφαλίζει τη μεταβίβαση όλων αυτών των πληροφοριών (φωνής, κειμένων, σχεδίων, κινούμενων εικόνων, κλπ), ενώ μέσα από το ίδιο δίκτυο θα εξυπηρετούνται όλες οι Υπηρεσίες που σήμερα χρησιμοποιούν ξεχωριστά δίκτυα. Το δίκτυο αυτό ονομάζεται **Ψηφιακό δίκτυο ολοκληρωμένων Υπηρεσιών** (ISDN: Integrated Services Digital Network) και αποτελεί σημερα το στόχο της τηλεπικοινωνιακής εξελίξεως.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΑΣΤΙΚΗ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

1.1 Συνδρομητική τηλεφωνική συσκευή.

1.1.1 Γενικά.

Η συνδρομητική τηλεφωνική συσκευή, κοινώς **τηλέφωνο**, συνδέεται στο τέρμα της συνδρομητικής γραμμής, που συνδέει το συνδρομητή με το τηλεφωνικό κέντρο. Με τη βοήθεια του τηλεφώνου ο συνδρομητής:

- α) Προκαλεί την έναρξη της αποκαταστάσεως και κατόπιν της απολύσεως μιάς συνδέσεως.
- β) Καθοδηγεί άμεσα ή έμμεσα ζευκτικά όργανα (επιλογείς, διατάξεις ζευκτικών πεδίων κλπ.) του τηλεφωνικού κέντρου στις κατάλληλες θέσεις, ώστε να πραγματοποιηθεί η σύνδεση με τον καλούμενο συνδρομητή.
- γ) Διεξάγει τη συνομιλία (ομιλεί και ακούει το συνομιλητή του).
- δ) Ειδοποιείται με ειδικό σήμα (το σήμα κλήσεως), ότι κάποιος άλλος συνδρομητής επιθυμεί να μιλήσει μαζί του.

Η τηλεφωνική συσκευή αποτελείται από δύο βασικά μέρη:

Από το **μικροτηλέφωνο** και από την **κύρια συσκευή** (σχ. 1.1α και 1.1ε).

Το μικροτηλέφωνο περιλαμβάνει:

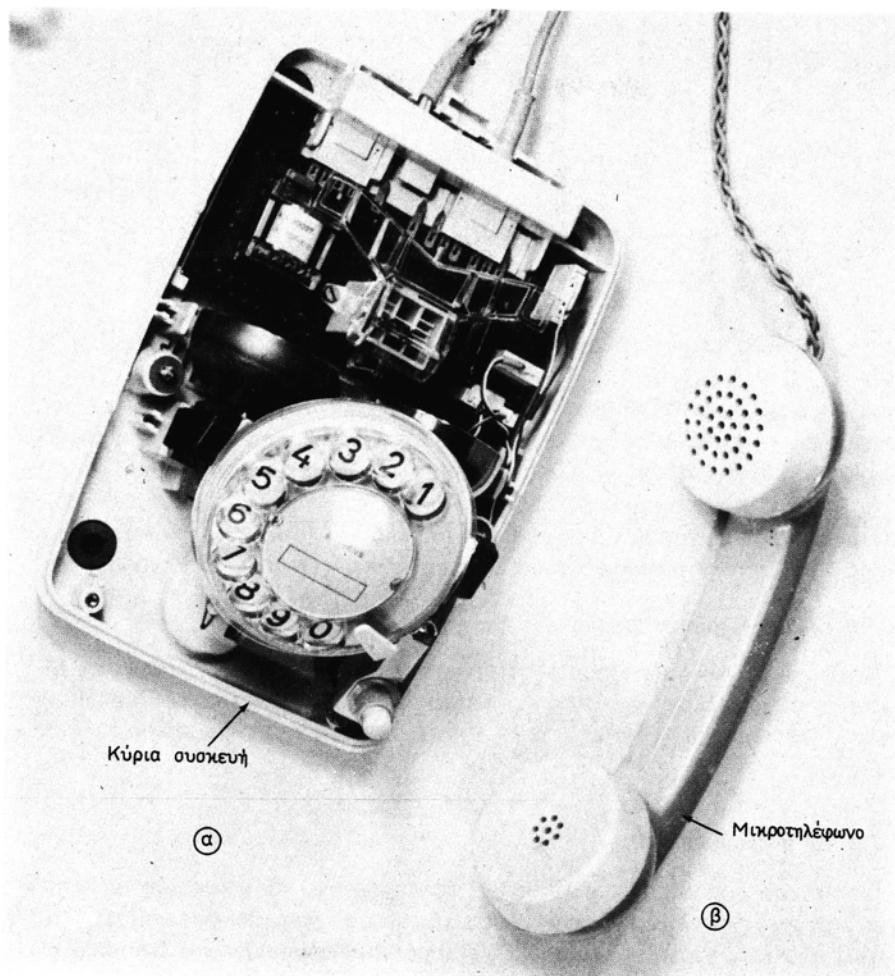
- Τη **μικροφωνική κάψα (μικρόφωνο)** για τη μετατροπή των ηχητικών κυμάτων της ομιλίας σε ηλεκτρικό ρεύμα.
- Την **τηλεφωνική κάψα (ακουστικό)** για τη μετατροπή του ρεύματος ομιλίας σε ηχητικά κύματα.

Η κύρια συσκευή περιλαμβάνει:

- Το **μηχανισμό παλμοδοτήσεως**, που μετατρέπει κάθε επιλεγόμενο ψηφίο σε ίσο αριθμό παλμών ρεύματος ή το **κύκλωμα συχνοτήτων**, που μετατρέπει κάθε επιλεγόμενο ψηφίο σε συνδυασμό συχνοτήτων.
- Το **σύστημα κλήσεως** (ηλεκτρικό κουδούνι κλπ.), που ειδοποιεί το συνδρομητή ότι μία κλήση έχει φθάσει στο τηλέφωνό του.
- Την **πλάκα συναρμογής** με τα απαραίτητα στοιχεία (αντιστάτες, πυκνωτές, μεταφορέας κλπ.) και τον επαφέα του άγκιστρου.

Όταν το τηλέφωνο δεν χρησιμοποιείται, το μικροτηλέφωνο βρίσκεται τοποθετημένο σε κατάλληλη υποδοχή της κύριας τηλεφωνικής συσκευής, που ονομάζεται





Σχ. 1.1α.

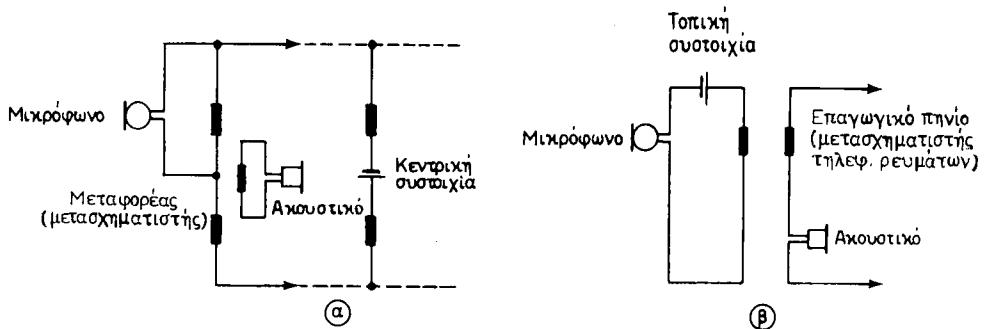
α) Κύρια τηλεφωνική συσκευή με επιλογικό δίσκο, χωρίς το καπάκι. β) Μικροτηλέφωνο.

άγκιστρο. Η ονομασία αυτή έχει διατηρηθεί από την εποχή που το μικροτηλέφωνο κρεμιόταν από ένα άγκιστρο της κύριας συσκευής.

Τροφοδότηση της τηλεφωνικής συσκευής.

Το τηλέφωνο κάθε συνδρομητή τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα από μια κεντρική συστοιχία του τηλεφωνικού κέντρου μέσω της συνδρομητικής γραμμής [τροφοδότηση κεντρικής συστοιχίας, σχήμα 1.1β (α)]. Στο συνεχές αυτό ρεύμα υπερισχύεται κατά τη συνδιάλεξη το εναλλασσόμενο ρεύμα ομιλίας, όπως θα δούμε πιο κάτω.

Παλιότερα η κάθε συσκευή χωριστά τροφοδοτόταν από μια δική της **τοπική συστοιχία** [τροφοδότηση τοπικής συστοιχίας, σχήμα 1.1β (β)]. Στην περίπτωση αυτή



Σχ. 1.1β.

α) Τροφοδότηση κεντρικής συστοιχίας. β) Τροφοδότηση τοπικής συστοιχίας.

συνεχές ρεύμα ρέει μόνο στο κύκλωμα του μικρόφωνου, ενώ στη συνδρομητική γραμμή ρέει το εναλλασσόμενο ρεύμα ομιλίας, που δημιουργείται στο μικρόφωνο και μεταβιβάζεται επαγγειακά στη γραμμή. Η τροφοδότηση τοπικής συστοιχίας εφαρμόζεται σήμερα μόνο σε μερικές ειδικές περιπτώσεις, π.χ. σε τηλέφωνα εκστρατείας ή σε συνδρομητικές γραμμές μεγάλου μήκους, στις οποίες η εξασθένηση του ρεύματος τροφοδοτήσεως από το κέντρο είναι πολύ μεγάλη.

Τύποι τηλεφωνικών συσκευών.

Ανάλογα με τον τρόπο που μετατρέπεται ο συνδρομητικός αριθμός σε ηλεκτρικό σήμα στην τηλεφωνική συσκευή και αποστέλλεται στο κέντρο, διακρίνομε **συσκευές με επιλογικό δίσκο [σχ. 1.1γ(α)]** και **συσκευές με πληκτρολόγιο [σχ. 1.1γ(β)]**.

1.1.2 Το μικροτηλέφωνο.

Στις πρώτες τηλεφωνικές συσκευές το μικρόφωνο και το ακουστικό ήταν χωριστά. Αργότερα συνδυάσθηκαν σε ένα εξάρτημα, το **μικροτηλέφωνο** (σχ. 1.1α). Στις κοινές ηλεκτρομηχανικές συσκευές χρησιμοποιείται μικρόφωνο άνθρακα και ηλεκτρομαγνητικό ακουστικό. Στις ηλεκτρονικές συσκευές χρησιμοποιούνται άλλοι τύποι με ενισχυτές.

Μικρόφωνο άνθρακα.

Το μικρόφωνο άνθρακα μετατρέπει τα ηχητικά κύματα σε ταλαντώσεις ηλεκτρικού ρεύματος μεταβάλλοντας με τη βοήθειά τους την ωμική αντίσταση r ενός αντιστάτη από άνθρακα συνδεμένου σε σειρά σε κύκλωμα διαρρεόμενο από συνεχές ρεύμα (σχ. 1.1δ). Ανάλογα με την ένταση των ηχητικών κυμάτων, αυξομειώνεται η αντίσταση r και μ' αυτήν η ένταση του ρεύματος, που διαρρέει το φορτίο R (ακουστικό κλπ). Έτσι οι μεταβολές της έντασεως του ρεύματος αντιστοιχούν στις μεταβολές της έντασεως των ηχητικών κυμάτων.

Το μικρόφωνο άνθρακα που χρησιμοποιείται ευρύτατα στις **συνδρομητικές τηλεφωνικές συσκευές** αποτελείται από μια μεταλλική κάψα, που στο επάνω της μέρος (σκέπασμα) έχει σχισμές, ώστε να εισχωρούν τα ηχητικά κύματα (σχ. 1.1ε). Κάτω από το σκέπασμα αυτό βρίσκεται τεντωμένη μια μεταλλική μεμβράνη. Η



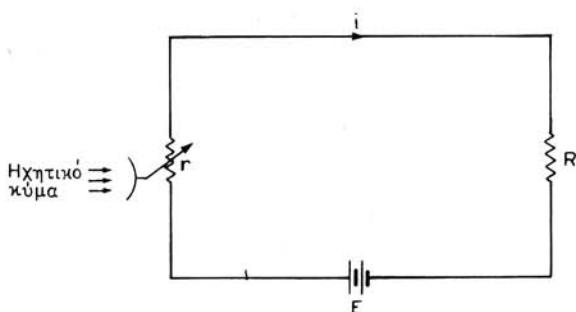
(α)



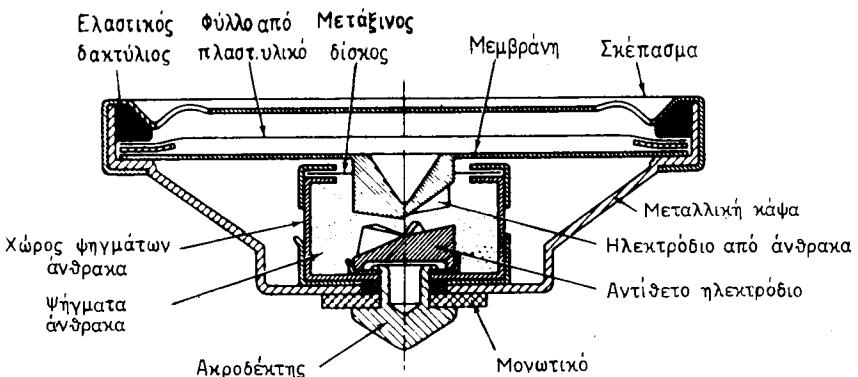
(β)

Σχ. 1.1γ.

α) Συσκευή με επιλογικό δίσκο. β) Συσκευή με πληκτρολόγιο.

**Σχ. 1.1δ.**

Μετατροπή ηχητικών κυμάτων σε ηλεκτρικές ταλαντώσεις με μικρόφωνο άνθρακα.



Σχ. 1.1ε.
Τομή μικροφώνου άνθρακα.

μεμβράνη συνδέεται με ένα ηλεκτρόδιο από άνθρακα, που βυθίζεται σ' ένα θάλαμο γεμάτο με ψήγματα άνθρακα. Ένα λεπτό προστατευτικό φύλλο από πλαστικό μπροστά απ' τη μεμβράνη εμποδίζει την είσοδο υγρασίας, ενώ ένας μετάξινος δίσκος γύρω απ' το ηλεκτρόδιο εμποδίζει να χυθούν τα ψήγματα και εξασθενεί τις ταλαντώσεις της μεμβράνης. Στη βάση του θαλάμου είναι τοποθετημένο ένα δεύτερο ηλεκτρόδιο, επίσης από άνθρακα, που συνδέεται μ' ένα μονωμένο απ' τη μεταλλική κάψα ακροδέκτη.

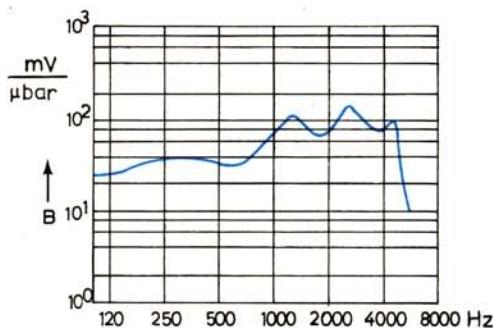
Απ' τις σχισμές στο σκέπασμα της κάψας εισχωρούν τα ηχητικά κύματα και θέτουν σε παλμική κίνηση τη μεμβράνη. Το ηλεκτρόδιο της μεμβράνης πίεζε περισσότερο ή λιγότερο τα ψήγματα, μεταβάλλοντας συνεχώς την αντίσταση που συναντά το ρεύμα τροφοδοτήσεως του μικροφώνου στα σημεία επαφής των ψηγμάτων και κατά συνέπεια την έντασή του. Το ρεύμα τροφοδοτήσεως, περίπου 30 mA σε τάση 3 V, ακολουθεί τη διαδρομή: μεταλλική κάψα (που χρησιμεύει σαν ακροδέκτης) - μεμβράνη - ηλεκτρόδιο μεμβράνης - ψήγματα άνθρακα - απέναντι ηλεκτρόδιο άνθρακα - ακροδέκτης.

Μικρόφωνα κεντρικής συστοιχίας (Κ.Σ) παρουσιάζουν αντίσταση 200 Ω περίπου. Η αντίσταση αυτή μεταβάλλεται καθώς επιδρούν επάνω της τα ηχητικά κύματα μέσα στην περιοχή $\pm 50\%$, δηλαδή από 100 ως 300 Ω.

Η απόδοση ενός μικροφώνου χαρακτηρίζεται κύρια από τον ηλεκτροακουστικό συντελεστή αποδόσεως και την καμπύλη αποκρίσεως συχνότητας.

Ο **ηλεκτροακουστικός συντελεστής αποδόσεως ή μεταδόσεως B** δίνει τη σχέση της τάσεως, που λαμβάνεται στην έξοδο του μικροφώνου, προς την πίεση του ήχου που δρα στο μικρόφωνο και προκαλεί αυτή την τάση. Μετριέται σε V/mbar, σε συχνότητα ηχητικών κυμάτων συνήθως 1000 Hz και χαρακτηρίζει την ευαισθησία του μικροφώνου.

Η **καμπύλη αποκρίσεως συχνότητας** δίνει την εξάρτηση του συντελεστή αποδόσεως B από τη συχνότητα f (σχ. 1.1στ). Για τη λήψη της, οδηγούνται στο μικρόφωνο ηχητικά κύματα διαφορετικής συχνότητας, αλλά της ίδιας πάντοτε πιέσεως και μετρούνται οι αντίστοιχες τάσεις στην έξοδο. Στην περιοχή συχνοτήτων, που χρησιμοποιείται ένα μικρόφωνο — την περιοχή μεταδόσεως — πρέπει η καμπύλη αποκρίσεως να είναι ομαλή, δηλαδή να παρουσιάζει όσο το δυνατό μικρότερες με-



Σχ. 1.1στ.

Καμπύλη αποκρίσεως συχνότητας μικροφώνου άνθρακα.

ταβολές. Στην τηλεφωνία για τη μετάδοση ομιλίας με καλή καταληπτότητα αρκεί ένα φάσμα συχνοτήτων 300 - 3400 Hz. Έτσι τα τηλεφωνικά μικρόφωνα πρέπει να είναι σε θέση να μεταβιβάζουν ικανοποιητικά τις συχνότητες αυτής της περιοχής.

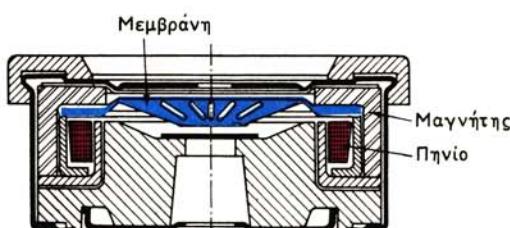
Τα μικρόφωνα άνθρακα έχουν πολύ μεγάλο συντελεστή αποδόσεως – περίπου 100 mV/μbar – αλλά όχι ομαλή καμπύλη αποκρίσεως συχνότητας, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.1στ.

Ακουστικό.

Το ακουστικό μετατρέπει ταλαντώσεις ηλεκτρικού ρεύματος σε ηχητικά κύματα. Η ζώνη συχνοτήτων, που πρέπει να διαβιβάζεται από ένα **τηλεφωνικό ακουστικό** (τηλεφωνική κάψα), είναι 300 ως 3400 Hz. Υπάρχουν όμως κάψες που φθάνουν τα 4500 Hz.

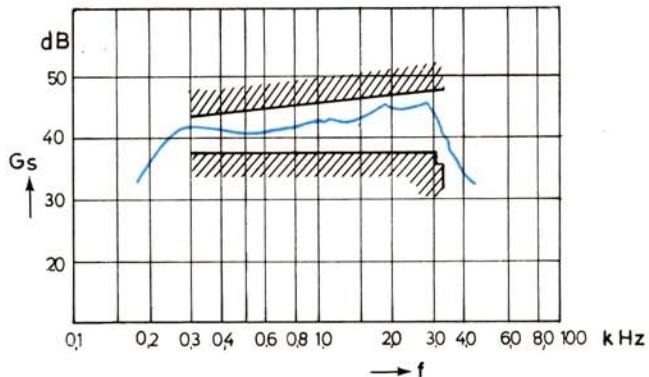
Ο **συντελεστής αποδόσεως B** ενός ακουστικού ή μεγαφώνου δίνει για μια ορισμένη συχνότητα (συνήθως 1000 Hz) τη σχέση της αποδιδόμενης ηχητικής πίεσεως προς την εφαρμοζόμενη στο ακουστικό εναλλασσόμενη τάση. Μετράται σε mbar/V.

Το ηλεκτρομαγνητικό ακουστικό αποτελείται από μια μεταλλική μεμβράνη, ένα μόνιμο μαγνήτη με δακτυλιωτό διάκενο αέρα και ένα πηνίο στο διάκενο, που διαρρέεται απ' το μεταβαλλόμενο ρεύμα (σχ. 1.1ζ). Ο μόνιμος μαγνήτης έλκει τη μεμβράνη και την αναγκάζει να βρίσκεται συνεχώς σε προεντεταμένη κατάσταση. Ανάλογα με τη φορά του ρεύματος προσθέτεται ή αφαιρείται η μαγνητική ροή, που



Σχ. 1.1ζ.

Τομή σύγχρονης μαγνητικής τηλεφωνικής κάψας.



Σχ. 1.1η.

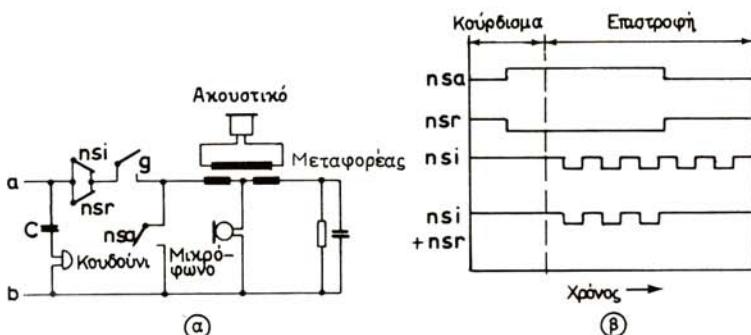
Καμπύλη αποκρίσεως συχνότητας σύγχρονης τηλεφωνικής κάψας.

δημιουργείται στο πηνίο, απ' τη μόνιμη μαγνητική ροή του μαγνήτη. Αποτέλεσμα είναι η μεμβράνη, στην οποία ασκείται δύναμη ανάλογη του τετραγώνου της μαγνητικής ροής, να έλκεται περισσότερο ή να απωθείται απ' τη θέση προεντάσεως και να πάλλεται με το ρυθμό του ρεύματος ομιλίας. Το σχήμα 1.1η δίνει την καμπύλη αποκρίσεως συχνότητας μίας σύγχρονης τηλεφωνικής κάψας.

1.1.3 Τηλεφωνική συσκευή με επιλογικό δίσκο.

Συνδεσμολογία και λειτουργία της συσκευής.

Το σχήμα 1.1θ (α) δείχνει κάπως απλοποιημένα τη συνδεσμολογία του τηλεφώνου με επιλογικό δίσκο. Μόλις ο συνδρομητής σηκώσει το μικροτηλέφωνο, κλείνει ο επαφέας του άγκιστρου g και ενώνει σε ένα βρόχο τον αγωγό a με τον αγωγό b , με αποτέλεσμα να διοχετεύεται στο κύκλωμα απ' την κεντρική συστοιχία συνεχές ρεύμα, το **ρεύμα ηρεμίας**, που προκαλεί την κίνηση στο τηλεφωνικό κέντρο του προεπιλογέα του συνδρομητή ή ενός κλησιθήρα, όπως θα δούμε αργότερα. Στο τέλος της συνδιαλέξεως, όταν ο συνδρομητής αποθέσει το μικροτηλέφωνο στο



Σχ. 1.1θ.

α) Συνδεσμολογία τηλεφωνικής συσκευής με επιλογικό δίσκο. β) Διάγραμμα λειτουργίας των επαφών τηλεφωνικής συσκευής με επιλογικό δίσκο.

άγκιστρο, διακόπτεται το κύκλωμα από τον επαφέα γ και η διακοπή του ρεύματος προκαλεί την έναρξη της απολύσεως της συνδέσεως.

Η καθοδήγηση των ζευκτικών οργάνων του κέντρου επιτυγχάνεται με **παλμούς ρεύματος** (ρευματωθήσεις), που δημιουργούνται με ρυθμικές μικρής διάρκειας του συνδρομητικού βρόχου με τη βοήθεια του δίσκου επιλογής. Σε κάθε επιλεγόμενο ψηφίο περιστρέφεται ο δίσκος με το δάκτυλο μέχρι τον αναστολέα της κινήσεως στο κάτω δεξιό άκρο του δίσκου και με την ενέργεια αυτή τεντώνεται ένα σπειροειδές ελατήριο γύρω στον άξονά του («κούρδισμα» του δίσκου). Κατόπιν αφήνεται ο δίσκος να επιστρέψει, με τη βοήθεια του ελατηρίου, στην αρχική του θέση (επιστροφή του δίσκου).

Κατά το «κούρδισμα» του δίσκου, ανοίγει ο επαφέας ηsr (παλμοανασχετικός επαφέας) και ταυτόχρονα κλείνει ο επαφέας εργασίας ηsa (βραχυκυκλωτικός επαφέας). Ο επαφέας ηsr παύει δηλαδή να βραχυκυκλώνει τον παλμοδοτικό επαφέα ηsi προετοιμάζοντας τη λειτουργία του, ενώ ο ηsa βραχυκυκλώνει το υπόλοιπο τμήμα της γραμμής μαζί με το μικρόφωνο και το ακουστικό, το οποίο δεν χρειάζεται κατά τη διάρκεια της επιλογής. Με τη βραχυκύκλωση αυτή μειώνεται η αντίσταση του βρόχου, με αποτέλεσμα την αύξηση του ρεύματος και αποφεύγεται η μεταβίβαση των επιλογικών παλμών σαν παρασιτικών θορύβων στο ακουστικό του συνδρομητή. Η λειτουργία των επαφέων παριστάνεται στο σχήμα 1.1θ (β) που δείχνει τη χρονική μεταβολή της καταστάσεως των επαφέων στις δύο φάσεις της λειτουργίας του δίσκου.

Οι επιλογικοί παλμοί δημιουργούνται κατά την επιστροφή του δίσκου, η οποία ρυθμίζεται με ένα φυγοκεντρικό ρυθμιστή, ώστε η ταχύτητα του δίσκου να είναι σταθερή. Έτσι ο παλμός έχουν πάντοτε την ίδια διάρκεια, ανεξάρτητα απ' την ταχύτητα επιλογής κάθε συνδρομητή.

Ο παλμοδοτικός επαφέας ηsi ανοίγει και κλείνει τόσες φορές, όσες αντιστοιχούν στο ψηφίο που έχει επιλεγεί, διακόπτοντας και ξανακλείνοντας το βρόχο και δημιουργώντας ισάριθμους παλμούς. Με τον τρόπο αυτό μετατρέπεται κάθε ψηφίο σε μια **παλμοσειρά**. Επιλέγει π.χ. ο συνδρομητής το ψηφίο 7, διακόπτεται ο βρόχος 7 φορές και δημιουργείται μία παλμοσειρά με 7 παλμούς. Η διάρκεια ενός παλμού, δηλαδή ο χρόνος που μεσολαβεί από τη στιγμή της διακοπής του ρεύματος ως τη στιγμή της επόμενης διακοπής, στη χώρα μας ανέρχεται σε 100 ms κατά μέσο όρο. Απ' αυτά 60 ms περίπου αντιστοιχούν στη διακοπή και 40 ms στην αποκατάσταση του κυκλώματος.

Μεταξύ δύο παλμοσειρών πρέπει να μεσολαβεί αρκετά μεγάλη παύση, ώστε να διαπιστώνουν τα όργανα στο τηλεφωνικό κέντρο το τέλος της παλμοσειράς. Η παύση αυτή είναι επίσης απαραίτητη για να δοθεί ο χρόνος στους επιλογείς να αναζητήσουν σε **ελεύθερη επιλογή** μια ελεύθερη γραμμή στη δεκάδα (κατεύθυνση) που έχουν καθοδηγηθεί από το συνδρομητή. Το διάστημα μεταξύ δύο παλμοσειρών πρέπει να ανέρχεται τουλάχιστο σε 500 ms στα συνηθισμένα ηλεκτρομηχανικά συστήματα. Είναι όμως φανερό, ότι το διάστημα αυτό εξαρτάται και από την ταχύτητα, με την οποία επιλέγει ο συνδρομητής δύο διαδοχικά ψηφία και από το ψηφίο που ακολουθεί ένα άλλο ψηφίο. Το μικρότερο διάστημα παρουσιάζεται, όταν το επόμενο ψηφίο είναι το 1, γιατί ο δρόμος για το «κούρδισμα» του δίσκου στο ψηφίο αυτό είναι ο πιο μικρός μεταξύ των 10 ψηφίων.

Για να αυξηθεί η ελάχιστη δυνατή διάρκεια μεταξύ δύο παλμοσειρών δημιουρ-

γείται τεχνητή αύξηση της διαδρομής του δίσκου κατά το «κούρδισμά» του. Η αύξηση της διαδρομής επιτυγχάνεται κατασκευαστικά με μια μικρή μετατόπιση του δίσκου αντίθετη από τη φορά των δεικτών του ρολογιού. Μ' αυτόν τον τρόπο όμως πραγματοποιεί ο επαφέας n_1 επί πλέον διακοπές του βρόχου και δημιουργεί δύο πρόσθετους παλμούς σε κάθε επιλεγόμενο ψηφίο, που πρέπει να απαλειφθούν. Την εργασία αυτή εκτελεί ο παλμοανασχετικός επαφέας n_3 . Με την επιλογή του ψηφίου 6 π.χ. δημιουργεί ο επαφέας n_1 8 παλμούς. Μόλις όμως αποσταλούν οι 6 παλμοί, ένα έκκεντρο κλείνει τον επαφέα n_3 βραχυκυκλώνοντας τον n_1 και εξουδετερώνοντας τους δύο παλμούς που ακολουθούν. Ταυτόχρονα με το κλείσιμο του n_3 ανοίγει ο επαφέας n_2 και παραμένει ανοικτός μέχρι το επόμενο «κούρδισμα» του δίσκου.

Ο καλούμενος συνδρομητής ειδοποιείται για την κλήση, που έχει φθάσει στη συσκευή του, με το **ηλεκτρικό κουδούνι**, στο οποίο διοχετεύεται εναλλασσόμενο ρεύμα 25 Hz από μια ειδική μηχανή τροφοδοσίας, τη μηχανή κλήσεων και σημάτων (Μ.Κ.Σ.) του κέντρου.

Ο πυκνωτής C εμποδίζει τη διέλευση συνεχούς ρεύματος από το κουδούνι κι επίσης χρησιμεύει στο σβήσιμο των σπινθήρων, που δημιουργούνται κατά τη λειτουργία του n_1 . Τα εναλλασσόμενα ρεύματα ομιλίας με συχνότητες 300 ως 3400 Hz και τα ηχοσήματα που αποστέλλονται στο συνδρομητή με συχνότητα 450 Hz (ηχοσήματα ελεύθερου, κατειλημμένου κλπ) δεν έχουν καμιά επίδραση στο κουδούνι, γιατί τα τυλίγματά του (στραγγαλιστικά πηγία) παρουσιάζουν μεγάλη αντίσταση στις συχνότητες αυτές και εμποδίζουν τη διέλευσή τους.

Όταν ο καλούμενος σηκώσει το μικροτηλέφωνό του, κλείνει ο επαφέας g της συσκευής του, με αποτέλεσμα να συνδεθούν οι αγωγοί a και b μέσω του κυκλώματος του μικροφώνου και του ακουστικού και να αποκατασταθεί η σύνδεση με τον καλούντα συνδρομητή. Η απάντηση του καλούμενου συνδρομητή αποτελεί και το **κριτήριο** για τη διακοπή της αποστολής του ρεύματος κλήσεως από το κέντρο, καθώς και για την έναρξη ή προετοιμασία της χρεώσεως της συνδιαλέξεως, ανάλογα με το αν είναι υπεραστική ή αστική συνδιάλεξη.

Αυτακουστική εξασθένηση.

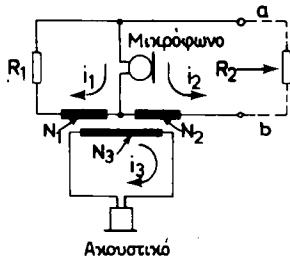
Το μικρόφωνο συνδέεται με το ακουστικό μέσω ενός μεταφορέα (μετασχηματιστή), όπως φαίνεται στο σχήμα 1.1θ (a). Η σύνδεση αυτή έχει προορισμό να εξασφαλίσει στο συνδρομητή την ακρόαση της φωνής του, όταν ομιλεί, αλλά με ορισμένη εξασθένηση, η οποία ονομάζεται **αυτακουστική εξασθένηση**. Η αυτακουστική εξασθένηση δημιουργείται όπως φαίνεται στο σχήμα 1.1i.

Το μικρόφωνο διαρρέεται από συνεχές ρεύμα της κεντρικής συστοιχίας. Η ένταση αυτού του ρεύματος μεταβάλλεται με την ένταση των ηχητικών κυμάτων, όταν μιλά ο συνδρομητής, με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα μεταβαλλόμενο ρεύμα. Το ρεύμα αυτό μπορεί να θεωρηθεί σαν συνεχές ρεύμα με σταθερό πλάτος, στο οποίο έχει υπερτεθεί ένα εναλλασσόμενο ρεύμα, που έχει πηγή, το μικρόφωνο.

Το μικροφωνικό εναλλασσόμενο ρεύμα διακλαδίζεται στα δύο τυλίγματα N_1 , και N_2 του μεταφορέα, που έχουν την ίδια φορά περιελίξεως, σε δύο αντίθετα ρεύματα i_1 , και i_2 . Η αντίσταση R_1 εκλέγεται κατάλληλα, ώστε να είναι περίπου ίση με την αντίσταση R_2 στην είσοδο της συνδρομητικής γραμμής. Κατάλληλα επίσης εκλέ-

Σχ. 1.1ι.

Σύνδεση μικροφώνου - ακουστικού για την εξασφάλιση «αυτακουστικής εξασθενήσεως».



γονται οι αντιστάσεις και ο αριθμός στροφών N_1 και N_2 των τυλιγμάτων, με αποτέλεσμα οι μαγνητεγερτικές δυνάμεις (διαρρεύματα) i_1N_1 και i_2N_2 , που δημιουργούνται σ' αυτά, να είναι περίπου ίσες και επειδή είναι αντίθετες, σχεδόν να αλληλαναιρούνται. Η διαφορά $i_1N_1 - i_2N_2$ επάγει στο τύλιγμα N_3 μια μικρή τάση, που επιτρέπει στο συνδρομητή να ακούει εξασθενημένα τη φωνή του, χωρίς να ενοχλείται. Η μεταβίβαση αυτή της φωνής στο ακουστικό είναι απαραίτητη, γιατί διαφορετικά με την απόλυτη σιγή ο συνδρομητής σχηματίζει την εντύπωση ότι η εγκατάσταση έχει υποστεί βλάβη.

Η αυτακουστική εξασθένηση είναι απαραίτητη ακόμα και για να εξασθενούν οι θόρυβοι του περιβάλλοντος, που μέσω του μικροφώνου φθάνουν στο ακουστικό και για να αποφεύγεται η **ακουστική ανάδραση**. Στην τελευταία περίπτωση ηχητικά κύματα από το ακουστικό επενεργούν στο μικρόφωνο δημιουργώντας ρεύμα, που μεταβιβάζεται στο ακουστικό και προκαλεί νέα ηχητικά κύματα κ.ο.κ. Έτσι θα σχηματίζοταν κύκλος, ο οποίος χωρίς εξωτερική επίδραση θα συντηρούσε συνεχώς ηχητικά κύματα.

1.1.4 Τηλεφωνική συσκευή με πληκτρολόγιο.

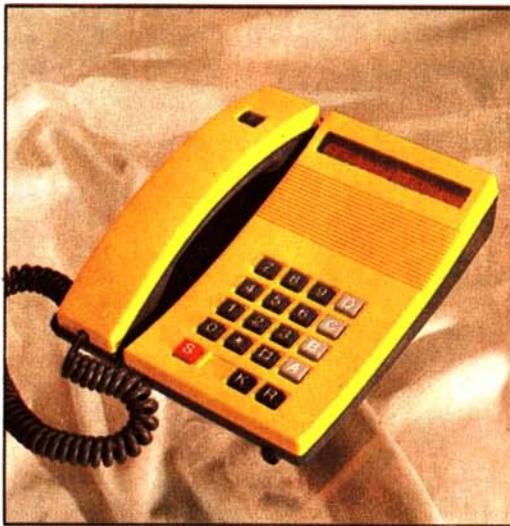
Σε σύγχρονες συνδρομητικές συσκευές έχει αντικατασταθεί ο επιλογικός δίσκος με πληκτρολόγιο, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.1ia. Η επιλογή ενός ψηφίου πραγματοποιείται με πίεση του αντίστοιχου πλήκτρου. Με τη βοήθεια των πλήκτρων εξασφαλίζεται εύκολη, γρήγορη και αξιόπιστη επιλογή του συνδρομητικού αριθμού.

Πληκτροεπιλογή εφαρμόζεται τόσο σε κλασικά συστήματα, στα οποία ο συνδρομητικός αριθμός μεταβιβάζεται στο κέντρο υπό μορφή **παλμοσειρών**, όσο και σε σύγχρονα συστήματα στα οποία χρησιμοποιείται **κώδικας ακουστικών συχνοτήτων** για τη μεταβίβαση του συνδρομητικού αριθμού.

Χαρακτηριστικό των συγχρόνων συνδρομητικών συσκευών είναι, ότι χρησιμοποιούν κυρίως ηλεκτρονικά στοιχεία. Π.χ. το μικρόφωνο άνθρακα έχει αντικατασταθεί με ένα τύπο μικροφώνου πυκνωτή, σε συνδυασμό με ενισχυτή, το ακουστικό επίσης έχει συνδυαστεί με ενισχυτή. Το κουδούνι έχει δώσει τη θέση του σε βομβητές ή σε κυκλώματα που χρησιμοποιούν για την κλήση του συνδρομητή το ακουστικό της συσκευής. Τυπωμένα ηλεκτρονικά κυκλώματα κωδικοποιήσεως, ενταμιεύσεως, αποκωδικοποίησεως και μεταδόσεως χρησιμοποιούνται για την κατάλληλη επεξεργασία και μετάδοση του συνδρομητικού αριθμού. Γενικά με τη χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών στοιχείων επιτυγχάνεται, μεταξύ άλλων, μείωση του βάρους της τηλεφωνικής συσκευής, βελτίωση της ποιότητας μεταδόσεως, αύξηση



(α)



(β)

Σχ. 1.1α.

Ηλεκτρονικές Τηλεφωνικές συσκευές με πληκτρολόγιο. α) Απλή συσκευή με μνήμη για ενταμίευση του αριθμού που επιλέγεται και αυτόματη επανεπιλογή του (σε περίπτωση κατειλημμένης γραμμής κλπ.) με πίεση πλήκτρου. β) Συσκευή με δυνατότητα ενταμιεύσεως αριθμών και αυτόματη επιλογή με πίεση πλήκτρου, εμφάνιση του επιλεγόμενου αριθμού σε οθόνη και μεγάφωνο για τη διεξαγωγή συνδιαλέξεως χωρίς να κρατά ο ομιλητής το ακουστικό.

της διάρκειας ζωής και των δυνατοτήτων της συσκευής.

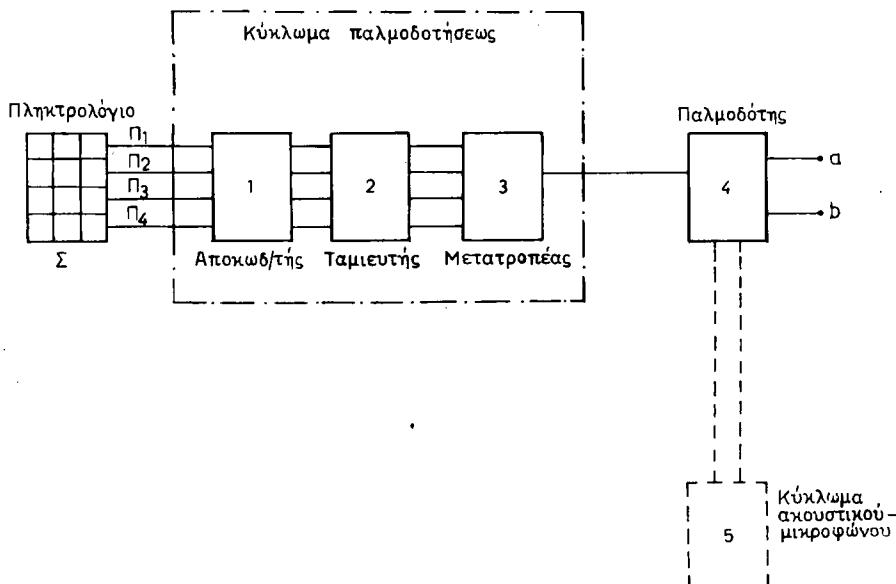
Στη συνέχεια εξετάζομε σύντομα τους δύο τύπους συσκευών με πληκτρολόγιο.

Ιδιαίτερα, συσκευές με μνήμη έχουν τη δυνατότητα να ενταμιεύουν τον αριθμό που επιλέγεται και να τον αποστέλλουν ξανά με απλή πίεση ενός πλήκτρου, όταν η

γραμμή ή ο συνδρομητής είναι κατειλημμένοι. Επίσης συσκευές με μικροεπεξεργαστή και περισσότερα πλήκτρα έχουν επί πλέον τη δυνατότητα να ενταμιεύουν μια σειρά αριθμών κλήσεως, να δείχνουν τον επιλεγόμενο αριθμό σε οθόνη, να επαναλαμβάνουν κατά διαστήματα την κλήση του ίδιου αριθμού, να δείχνουν τη διάρκεια της συνδιαλέξεως σε οθόνη, κλπ.

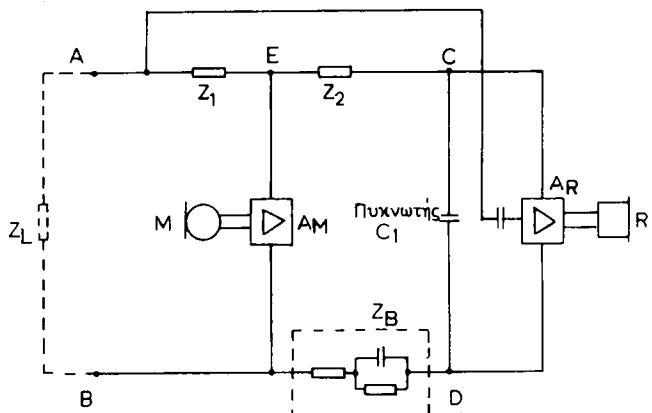
Συσκευή για μετάδοση παλμοσειρών.

Η συσκευή Σ περιλαμβάνει σύστημα μηχανικών επαφέων οι οποίοι ενεργοποιούνται με την πίεση κάθε πλήκτρου και δίνουν (σχ. 1.1ιβ) ένα **συνδυασμό σημάτων** (κώδικα) στους τέσσερις αγωγούς Π₁ ως Π₄, που αντιστοιχεί στο ψηφίο του πλήκτρου που πίεστηκε. Ο συνδυασμός αυτός μεταφέρεται σ' ένα **κύκλωμα παλμοδοτήσεως**, αποκωδικοποιείται στη μονάδα 1, ενταμιεύεται στη μονάδα 2, μετατρέπεται σε παλμοσειρά στη μονάδα 3, και οδηγείται στη συνδρομητική γραμμή α_b, μέσω της μονάδας 4 για να φθάσει στο κέντρο. Η μονάδα προσαρμογής 4 που καθοδηγείται από τη μονάδα 3, περιλαμβάνει τον παλμοδοτικό επαφέα και αποσυνδέει κατά τη μετάδοση των παλμών το κύκλωμα ακουστικού - μικροφώνου 5.



Σχ. 1.1ιβ.
Βασικές μονάδες παλμοδοτήσεως.

Το κύκλωμα ακουστικού - μικροφώνου αποτελεί μια γέφυρα Wheatstone (σχ. 1.1ιγ). Ο ένας κλάδος της γέφυρας σχηματίζεται από τη συνδρομητική γραμμή, που είναι συνδεμένη στα σημεία A,B. Δύο κλάδους σχηματίζουν οι αντιστάτες Z₁ και Z₂, ενώ τον τρίτο κλάδο σχηματίζει η σύνθετη αντίσταση Z_B που είναι μια απομίμηση της αντιστάσεως εισόδου Z_L της συνδρομητικής γραμμής, δηλαδή έχει περίπου την ίδια τιμή με αυτή. Το μικρόφωνο M με τον ενισχυτή του A_M είναι



Σχ. 1.1γ.
Κύκλωμα ακουστικού - μικροφώνου.

συνδεμένο μεταξύ των σημείων Β και Ε της γέφυρας, ενώ το ακουστικό R με τον ενισχυτή του AR μεταξύ των σημείων A και D. Οι ενισχυτές τροφοδοτούνται από το συνεχές ρεύμα της συνδρομητικής γραμμής.

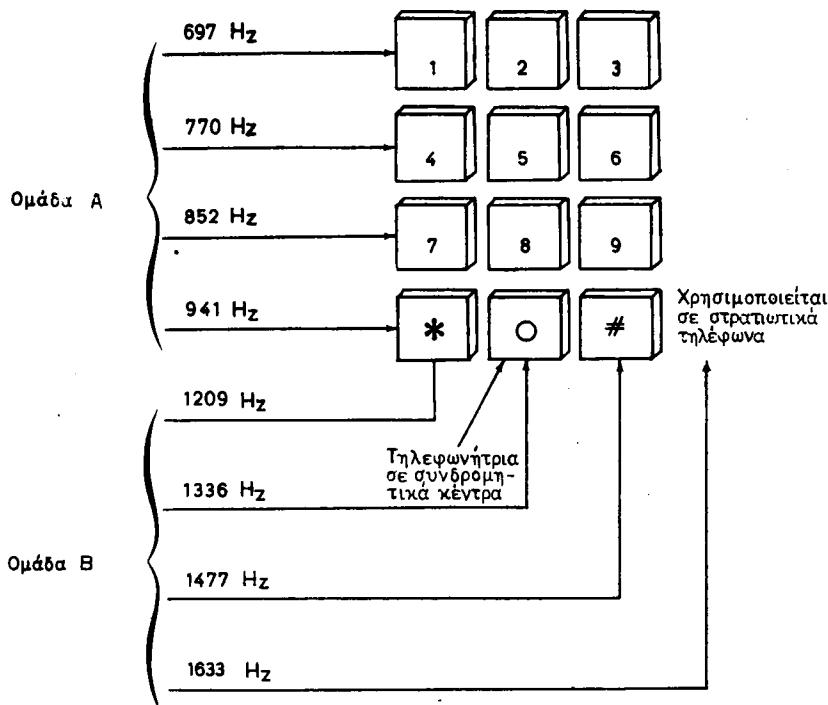
Το ρεύμα ομιλίας που δημιουργείται στο μικρόφωνο ενισχύεται στον ενισχυτή AM και οδηγείται μέσω των σημείων B, E στη γραμμή για να φθάσει στο κέντρο. Όταν η γέφυρα είναι εξισορροπημένη ικανοποιητικά, ελάχιστο μικροφωνικό ρεύμα μεταβιβάζεται στον κλάδο του ακουστικού, όσο είναι απαραίτητο για να ακούει ο συνδρομητής εξασθενημένα τη φωνή του. Τα ρεύματα ομιλίας που καταφθάνουν από το κέντρο ενισχύονται στον ενισχυτή AR του ακουστικού ο οποίος περιορίζει επίσης τα σήματα υψηλής στάθμης για να μην προκαλούν ακουστικές διαταραχές. Ο πυκνωτής C₁ χρησιμεύει για τη βραχυκύλωση εναλλασσομένων ρευμάτων.

Με τη βοήθεια καταλλήλων εξασθενητών, που παρεμβάλλονται στο ακουστικό και το μικρόφωνο, είναι δυνατό να διατηρείται σταθερή η στάθμη του λαμβανόμενου και εκπεμπόμενου σήματος ανεξάρτητα από το μήκος της συνδρομητικής γραμμής.

Συσκευή για μετάδοση ακουστικών συχνοτήτων.

Η συσκευή αυτή περιλαμβάνει ταλαντωτές που δημιουργούν 8 διαφορετικές ακουστικές συχνότητες. Οι συχνότητες είναι ταξινομημένες σε δυο ομάδες από 4 συχνότητες. Η ομάδα A χαρακτηρίζει τις σειρές του πληκτρολόγιου και η ομάδα B τις στήλες. Κάθε ψηφίο 0 ως 9 καθορίζεται από τις 2 συχνότητες της γραμμής και της στήλης στις οποίες ανήκει το ψηφίο αυτό (σχ. 1.1δ).

Όταν πιεσθεί ένα πλήκτρο επιλέγονται αυτόμata δύο συντονισμένα κυκλώματα, που αντιστοιχούν στις 2 συχνότητες του πλήκτρου και οι συχνότητες που δίνουν τα κυκλώματα αυτά οδηγούνται ταυτόχρονα στη συνδρομητική γραμμή για να φθάσουν στο τηλεφωνικό κέντρο. Στο κέντρο κατάλληλα κυκλώματα λαμβάνουν τις συχνότητες, αναγνωρίζουν το ψηφίο που έχει επιλεγεί και το μεταβιβάζουν στις κεντρικές διατάξεις καθοδηγήσεως, που θα το χρησιμοποιήσουν για την αποκατάσταση της συνδέσεως.



Σχ. 1.1δ.

Συνδυασμοί ακουστικών συχνοτήτων για μετάδοση του αριθμού κλήσεως.

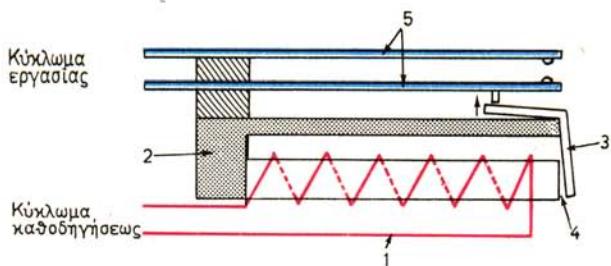
Με τη μέθοδο των ακουστικών συχνοτήτων επιτυγχάνεται πολύ πιο γρήγορη μεταβίβαση του συνδρομητικού αριθμού στο τηλεφωνικό κέντρο συγκριτικά με τη μεταβίβαση με παλμοσειρές. Η χρησιμοποίηση εξ άλλου ταυτόχρονα **δύο** ακουστικών συχνοτήτων αυξάνει την ασφάλεια μεταδόσεως.

1.2 Ρωστήρες.

1.2.1 Γενικά.

Ο **ρωστήρας** (ή **ηλεκτρονόμος** ή **ρελατ**) είναι ένας μηχανικός διακόπτης, που λειτουργεί ηλεκτρομαγνητικά. Με τη βοήθεια ρεύματος, που διοχετεύεται στο κύκλωμα ενός ηλεκτρομαγνήτη (κύκλωμα καθοδηγήσεως), ανοίγουν ή κλείνουν επαφέις και μαζί μ' αυτούς ένα ή περισσότερα ξεχωριστά κυκλώματα (κυκλώματα εργασίας). Το σχήμα 1.2α δείχνει την αρχή λειτουργίας ενός ρωστήρα.

Το πηνίο 1 με πυρήνα από μαλακό σίδηρο, το ζύγωμα 2 και ο οπλισμός 3, επίσης από μαλακό σίδηρο, σχηματίζουν ένα απλό μαγνητικό κύκλωμα. Μεταξύ πυρήνα και οπλισμού μεσολαβεί στην κατάσταση ηρεμίας του ρωστήρα ένα διάκενο 4. Τα επαφικά πτερύγια 5, κατασκευασμένα από έλασμα ελατήριου, μπορούν να κάμπιπονται, όταν επιδρούν δυνάμεις σ' αυτά και να επιστρέφουν στην αρχική τους θέση μετά την κατάπausη των δυνάμεων, λόγω της ελαστικότητάς τους.



Σχ. 1.2α.
Αρχή λειτουργίας του ρωστήρα συνεχούς ρεύματος.

Όταν περάσει ρεύμα με κατάλληλη ένταση απ' το πηνίο, δημιουργείται επαρκής μαγνητική ροή στο κύκλωμα, με αποτέλεσμα να έλξει ο πυρήνας τον οπλισμό. Ο οπλισμός με τη μετακίνησή του πιέζει τα πτερύγια, που έρχονται σε επαφή αν είναι ανοικτά, ή απομακρύνονται αν είναι κλειστά, κλείνοντας ή ανοίγοντας έτσι τα κυκλώματα εργασίας. Μετά τη διακοπή του ρεύματος στο πηνίο, τα πτερύγια επιστρέφουν στη θέση τους και με την ελατηριακή τους δύναμη επαναφέρουν και τον οπλισμό στην κανονική, αρχική του θέση.

Μερικές απ' τις πιο σπουδαίες **χρήσεις** του ρωστήρα είναι:

α) **Ο έλεγχος ισχύος:** Ρεύματα μικρής τάσεως ή εντάσεως, δηλαδή μικρής ισχύος, στο κύκλωμα καθοδηγήσεως, μπορούν να προκαλέσουν την κυκλοφορία ρευμάτων μεγάλης ισχύος στο κύκλωμα εργασίας ή αντίστροφα να τα διακόψουν.

Στην τηλεγραφία π.χ., ένα ασθενές ρεύμα, που φθάνει από μεγάλη απόσταση, περνά από το κύκλωμα καθοδηγήσεως και θέτει σε λειτουργία το ρωστήρα που με τους επαφείς του κλείνει τοπικά κυκλώματα με πολύ ισχυρότερα ρεύματα.

β) **Η μετατροπή συχνότητας:** Ρεύμα ορισμένης συχνότητας στο κύκλωμα καθοδηγήσεως μπορεί να προκαλέσει την κυκλοφορία ρεύματος άλλης συχνότητας στο κύκλωμα εργασίας.

γ) **Η μεταβολή της χρονικής στιγμής κλεισίματος ή ανοίγματος ενός κυκλώματος:** Το άνοιγμα ή κλείσιμο του κυκλώματος εργασίας μπορεί να καθυστερήσει μέσα σε ορισμένα όρια σχετικά με το άνοιγμα ή κλείσιμο του κυκλώματος καθοδηγήσεως.

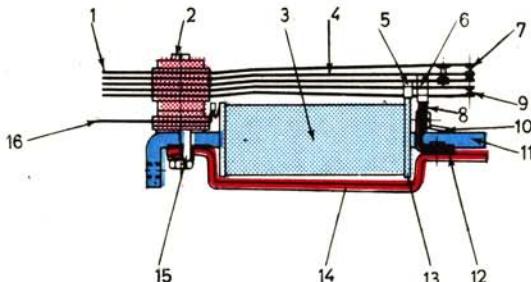
δ) **Η διάκριση των δυναμικών:** Το κύκλωμα καθοδηγήσεως και το κύκλωμα εργασίας είναι χωρισμένα γαλβανικά και μπορούν να έχουν διαφορετικό δυναμικό ως προς τη γη.

1.2.2 Κατασκευή και συμβολισμός του ρωστήρα.

Στη συνέχεια εξετάζομε χωριστά τα διάφορα τμήματα ενός ρωστήρα έχοντας σα βάση το σχήμα 1.2β που δείχνει αναλυτικά τα τμήματα αυτά και τη συναρμολόγησή τους σ' ένα πολύ κοινό τύπο ρωστήρα (πλατυσμένος ρωστήρας).

Πηνίο.

Το πηνίο αποτελείται από ένα ή περισσότερα **τυλίγματα**, που εξυπηρετούν διαφορετικούς σκοπούς. Διακρίνομε τριών ειδών τυλίγματα: Μαγνητικά τυλίγματα, τυλίγματα αντιστάσεως και σύνθετα τυλίγματα.



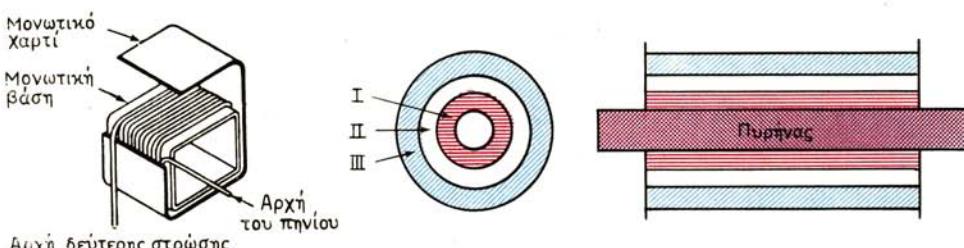
Σχ. 1.2β.

Αναλυτική δομή του πλατυσμένου ρωστήρα.

1) Όρια συγκολλήσεως πτερυγίων. 2) Βίδα στερεώσεως πτερυγίων. 3) Πνίγιο. 4) Δεσμίδα επαφικών πτερυγίων. 5) Ελασμάτιο στηρίζεως. 6) Ελασμάτιο ωθήσεως. 7) Άνοιγμα επαφέα. 8) Μονωτική γέφυρα. 9) Διάκενο μονωτικής γέφυρας. 10) Ελασμάτιο ανασχέσεως. 11) Πυρήνας. 12) Αντικολλητικό έλασμα. 13) Γείσος πηνίου. 14) Οπλισμός. 15) Βίδα συγκρατήσεως οπλισμού. 16) Όρια συγκολλήσεως τυλιγμάτων.

Το **μαγνητικό τύλιγμα**, που ονομάζεται επίσης **ενεργό τύλιγμα, τύλιγμα διεγέρεως ή τύλιγμα εργασίας**, δημιουργεί μαγνητική ροή που προκαλεί την έλξη στον οπλισμό, όταν διαρρέεται από ρεύμα. Κατασκευάζεται από χάλκινο σύρμα πάχους 0,05 ως 1 mm. Το σύρμα τυλίγεται επάνω σε μία μονωτική βάση, π.χ. από χαρτόνι, που έχει ίδια διατομή με τον πυρήνα, σε πολλές συνήθως στρώσεις (σχ. 1.2γ). Γύρω από κάθε στρώση τοποθετούνται για μόνωση λεπτά φύλλα βερνικωμένου χαρτιού ή πλαστικού. Το τύλιγμα εφαρμόζεται κατόπιν στον πυρήνα. Τα χαρακτηριστικά της λειτουργίας ενός ρωστήρα εξαρτώνται σημαντικά από τον **αριθμό των στροφών** του μαγνητικού τυλιγματος, γι' αυτό και στην κατασκευή του δεν επιτρέπονται αποκλίσεις από τον θεωρητικά υπολογισμένο αριθμό. Η αωμική αντίσταση του τυλιγματος επιτρέπεται, αντίθετα, να αποκλίνει στην πράξη έως $\pm 10\%$ απ' τη θεωρητική της τιμή.

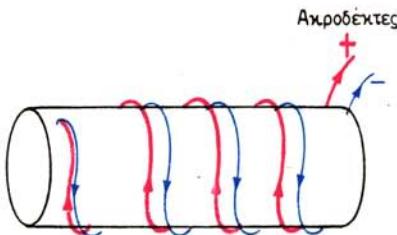
Ένας ρωστήρας μπορεί να έχει περισσότερα τυλίγματα γύρω απ' τον πυρήνα του. Στην περίπτωση αυτή το ένα τύλιγμα τοποθετείται επάνω στο άλλο, όπως δείχνει το σχήμα 1.2δ για τα τυλίγματα I, II, III. Δύο μαγνητικά τυλίγματα ενός ρωστήρα με ίσο αριθμό στροφών και ίδια αωμική αντίσταση ονομάζονται **συμμετρικά τυλίγματα**. Εάν τα τυλίγματα αυτά διαρρέονται από ίσα και αντίθετα ρεύματα, αλληλοαναιρούνται τα μαγνητικά τους πεδία και δεν ασκείται έλξη στον οπλισμό.



Σχ. 1.2γ.

Κατασκευή πηνίου με πολλές στρώσεις.

Σχ. 1.2δ.
Τοποθέτηση τυλιγμάτων στον πυρήνα του ρωστήρα
(κυλινδρικός πυρήνας).



Σχ. 1.2ε.
Δίμιτη περιέλιξη.

Το **τύλιγμα αντιστάσεως**, που ονομάζεται και **άεργο τύλιγμα**, δρα αποκλειστικά σαν αντιστάτης χωρίς να δημιουργεί δηλαδή μαγνητική ροή και τοποθετείται μόνο για λόγους εξοικονομήσεως χώρου επάνω στον πυρήνα του ρωστήρα. Κατασκευαστικά είναι μια **δίμιτη περιέλιξη** από σύρμα αντιστάσεως (κοσταντάν, νικελίνη κλπ.) με διπλή μετάξινη μόνωση.

Σε μία δίμιτη περιέλιξη το σύρμα διπλώνεται στη μέση και τυλίγεται επάνω στη μονωτική βάση, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.2ε (για κυλινδρική βάση). Έτσι τα ρεύματα σε δύο γειτονικές στροφές είναι ίσα και αντίθετα, με αποτέλεσμα να εξουδετερώνονται τα μαγνητικά τους πεδία και να μη δημιουργείται μαγνητική ροή. Το τύλιγμα αντιστάσεως είναι ανεξάρτητο από τα μαγνητικά τυλίγματα και καταλαμβάνει την εξωτερική θέση στη σειρά των τυλίγματων (τη θέση III π.χ. στο σχήμα 1.2δ) για να ακτινοβολείται η θερμότητα που παράγεται προς τα έξω και να μην υπάρχει κίνδυνος να καταστραφεί η μόνωση των μαγνητικών τυλίγματων.

Το **σύνθετο τύλιγμα** χρησιμοποιείται, όταν το μαγνητικό τύλιγμα πρέπει να έχει μεγάλη ωμική αντίσταση αλλά μικρό αριθμό στροφών. Επειδή το μήκος του μαγνητικού τυλίγματος δεν αρκεί για να δώσει την απαιτούμενη αντίσταση, συμπληρώνεται το τύλιγμα αυτό με τύλιγμα αντιστάσεως. Τα δύο τυλίγματα συνδέονται το ένα συνέχεια στο άλλο στο εσωτερικό του πηνίου.

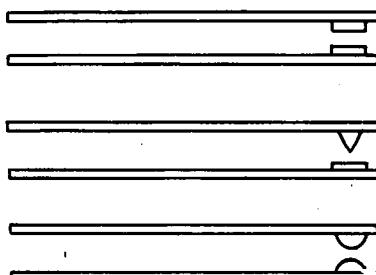
Τα δύο άκρα κάθε τυλίγματος συγκολλούνται σε εξωτερικά ελάσματα (ακροδέκτες), που ονομάζονται **όρια συγκολλήσεως του πηνίου**. Απ' τα όρια αυτά τροφοδοτούνται τα τυλίγματα με ρεύμα. Οι χαρακτηριστικές τιμές των τυλίγματων (αντίσταση σε Ω , αριθμός στροφών, διάμετρος και είδος του σύρματος, είδος μονώσεως) και η συγκρότηση του πηνίου (αριθμός και θέση των τυλίγματων, αριθμός των ορίων στα οποία συγκολλούνται), αναγράφονται στο περίβλημα του ρωστήρα.

Πυρήνας, ζύγωμα, οπλισμός.

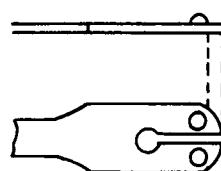
Ο πυρήνας, το ζύγωμα και ο οπλισμός κατασκευάζονται από διάφορα κράματα σιδήρου με μεγάλη μαγνητική διαπερατότητα. Τα υλικά αυτά παρουσιάζουν μικρή μαγνητική αντίσταση και επιτρέπουν τη δημιουργία ισχυρής μαγνητικής ροής. Ταυτόχρονα εκλέγονται μαγνητικά υλικά με μικρό παραμένοντα μαγνητισμό, δηλαδή **μαλακά μαγνητικά υλικά**. Το είδος του σιδήρου, που έχει χρησιμοποιηθεί, σημειώνεται με ορισμένα σύμβολα επάνω στον οπλισμό ή στο ζύγωμα του ρωστήρα.

Επαφικά πτερύγια και επαφείς.

Τα επαφικά πτερύγια κατασκευάζονται κατά κανόνα από ελάσματα νεάργυρου



(a)



(b)

Σχ. 1.2στ.

α) Επαφικά πτερύγια με διάφορους τύπους θρόμβων. β) Επαφικά πτερύγια με διπλούς θρόμβους.

πάχους 0,3 ως 0,5 mm και φέρουν στο άκρο τους στερεωμένο ένα ξεχωριστό μεταλλικό εξόγκωμα, τον **επαφικό θρόμβο**, που είναι η θέση στην οποία έγα πτερύγιο έρχεται σ' επαφή με ένα άλλο πτερύγιο [σχ. 1.2στ (α)]. Για μεγαλύτερη ασφάλεια, στους περισσότερους ρωστήρες τα πτερύγια χωρίζονται, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.2στ (β) και εφοδιάζονται με διπλούς θρόμβους. Έτσι μειώνεται η πιθανότητα να εμποδιστεί η διέλευση του ρεύματος από τεμαχίδια σκόνης ή λογω διαβρώσεως του θρόμβου.

Μεγάλη σημασία στην καλή λειτουργία των επαφικών θρόμβων έχει το υλικό, από το οποίο έχουν κατασκευαστεί. Σχεδόν όλα τα μέταλλα οξειδώνονται στον ατμοσφαιρικό αέρα, με αποτέλεσμα να σχηματίζεται στην επιφάνειά τους ένα στρώμα από το οξείδιο του μετάλλου. Επειδή τα οξείδια των μετάλλων, αντίθετα προς τα καθαρά μέταλλα, είναι συχνά κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού ή και μονωτές, πρέπει το μέταλλο των θρόμβων ή να μην οξειδώνεται ή το οξείδιό του να είναι εξ ίσου καλός αγωγός όπως το μέταλλο. Για το λόγο αυτό, κατασκευάζονται οι επαφικοί θρόμβοι από ευγενή μέταλλα, όπως πλατίνη, παλλάδιο, ιρίδιο, χρυσό, κλπ., που δεν οξειδώνονται. Επίσης χρησιμοποιείται λόγω του χαμηλότερου κόστους του ευρύτατα ο άργυρος, που, όπως είναι γνωστό, οξειδώνεται (τα αργυρά αντικείμενα πρέπει να γυαλίζονται κατά διαστήματα), το οξείδιό του δύμας είναι σχεδόν το ίδιο καλός αγωγός όπως και ο καθαρός άργυρος. Για θρόμβους, από τους οποίους διέρχονται ρεύματα σχετικά μεγάλης εντάσεως, χρησιμοποιείται βολφράμιο που αντέχει σε υψηλές θερμοκρασίες. Στους επαφικούς θρόμβους δίνεται σήμερα μορφή ημισφαιρίων, ώστε να εξασφαλίζεται καλή επαφοδότηση και στην περίπτωση που μετακινούνται κάπως τα πτερύγια από την κανονική τους θέση.

Τα επαφικά πτερύγια συναρμολογούνται σε δεσμίδες που τοποθετούνται στο ρωστήρα η μια δίπλα στην άλλη. Οι συνηθισμένοι π.χ. τύποι ρωστήρων **πλαστισμένος και κυλινδρικός**, κατασκευάζονται με τρεις κατά μέγιστο δεσμίδες πτερυγίων. Μια δεσμίδα περιλαμβάνει δύο ή περισσότερα πτερύγια (μέχρι έξι στους τύπους που αναφέραμε), τοποθετημένα το ένα επάνω στο άλλο, ώστε οι επαφικοί τους θρόμβοι να βρίσκονται ακριβώς απέναντι.

Δύο τουλάχιστον απέναντι πτερύγια με τους επαφικούς τους θρόμβους, συνή-

Τύπος	Ονομασία	Σύμβολο
	Επαφέας εργασίας	
	Επαφέας ηρεμίας	
	Επαφέας μεταγωγής	
(a)		
(b)		
3 2 1	Διδυμος επαφέας εργασίας	
3 2 1	Διδυμος επαφέας ηρεμίας	
3 2 1	Διαδοχικός επαφέας μεταγωγής	
4 3 2 1	Επαφέας ηρεμίας-διδυμος εργασίας	

Σχ. 1.2ζ.

α) Βασικοί τύποι επαφέων. β) Επαφέις που προέρχονται από συνδυασμούς των βασικών τύπων.

Θως όμως τρία και περισσότερα πτερύγια, τοποθετημένα σε δεσμίδα, σχηματίζουν έναν **επαφέα**.

Διακρίνομε τους εξής τρεις βασικούς τύπους επαφέων [σχ. 1.2ζ (α)]:

α) Ο **επαφέας εργασίας** είναι ανοικτός στην κατάσταση ηρεμίας και κλείνει, όταν ο πυρήνας έλξει τον οπλισμό.

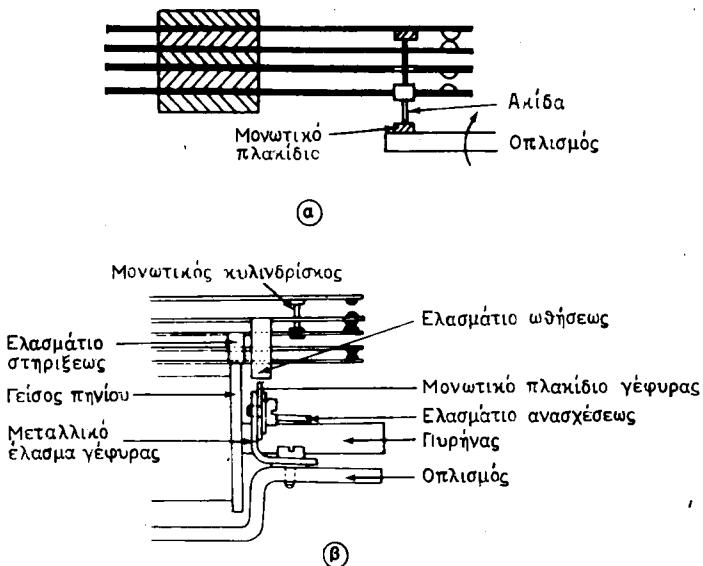
β) Ο **επαφέας ηρεμίας** είναι κλειστός στην κατάσταση ηρεμίας και ανοίγει, όταν ο πυρήνας έλξει τον οπλισμό.

γ) Ο **επαφέας μεταγωγής** αποτελείται από τρία πτερύγια, που σχηματίζουν ένα επαφέα ηρεμίας και ένα εργασίας. Με την έλξη του οπλισμού θέτει σε λειτουργία ταυτόχρονα δύο επαφέις του ίδιου τύπου, οι **διαδοχικοί επαφέις**, που λειτουργούν διαδοχικά κ.ο.κ. [σχ. 1.2ζ (β)].

Με συνδυασμό των τριών αυτών βασικών τύπων προκύπτει μία σειρά άλλων επαφέων, όπως π.χ. οι **δίδυμοι επαφέις**, στους οποίους το κινούμενο πτερύγιο θέτει σε λειτουργία ταυτόχρονα δύο επαφέις του ίδιου τύπου, οι **διαδοχικοί επαφέις**, που λειτουργούν διαδοχικά κ.ο.κ. [σχ. 1.2ζ (β)].

Η ώθηση του οπλισμού μεταβιβάζεται στα κινούμενα πτερύγια με διάφορους τρόπους. Το σχήμα 1.2η (α) δείχνει ένα συνηθισμένο τρόπο ζεύξεως οπλισμού-πτερυγίων με τη βοήθεια μιάς μπρούντζινης **ακίδας**. Η ακίδα είναι στερεωμένη στο κάτω κινούμενο πτερύγιο και ακουμπά με μονωτικά πλακίδια στο άνω κινούμενο πτερύγιο και στον οπλισμό. Με τα μεσαία σταθερά πτερύγια δεν έρχεται σε επαφή, περνώντας μέσα από τρύπες, που έχουν ανοιχτεί σ' αυτά.

Ένας άλλος τρόπος μεταδόσεως της κινήσεως, που χρησιμοποιείται στον πλατυσμένο ρωστήρα, είναι με τη βοήθεια **μονωτικής γέφυρας** [σχ. 1.2η (β)]. Η γέφυρα



Σχ. 1.2η.

Μετάδοση της κινήσεως στα πτερύγια:

α) Με τη βοήθεια ακίδας. β) Με τη βοήθεια μονωτικής γέφυρας.

ρα σχηματίζεται από ένα ορθογώνιο μονωτικό πλακίδιο, στερεωμένο επάνω σ' ένα μακρόστενο έλασμα, που βιδώνεται στον οπλισμό δεξιά και αριστερά απ' τον πυρήνα. Έτσι, το άκρο του πυρήνα είναι εγκλωβισμένο ανάμεσα στη γέφυρα και στο επάνω μέρος του οπλισμού. Απέναντι στη γέφυρα βρίσκονται τα κινούμενα πτερύγια με τα **ελασμάτια αθήσεως** τους. Το ελασμάτιο αθήσεως αποτελεί μέρος του πτερυγίου και δέχεται την ώθηση της γέφυρας όταν έλκεται ο οπλισμός.

Τα σταθερά μη κινούμενα πτερύγια είναι απαραίτητο να παραμένουν στη θέση τους, όταν πιέζονται στην κατάσταση ηρεμίας ή λειτουργίας απ' τα κινούμενα πτερύγια, ώστε να εξασφαλίζεται καλή επαφή. Τούτο επιτυγχάνεται με διάφορους τρόπους, π.χ. κατασκευάζοντας τα σταθερά πτερύγια με μεγαλύτερο πάχος από τα κινούμενα για να είναι λιγότερο ευλύγιστα. Στον πλατυσμένο ρωστήρα του σχήματος 1.2β δίνεται στα σταθερά πτερύγια μια τάση ελατηρίου σε κατεύθυνση αντίθετη απ' αυτή που πιέζονται απ' τα κινούμενα πτερύγια. Έτσι τα σταθερά πτερύγια ακουμπούν με τα **ελασμάτια στηρίζεως** τους (αντίστοιχα στα ελασμάτια λειτουργίας των κινουμένων πτερυγίων) με πίεση επάνω στο γείσο του πηνίου, που είναι ένα ορθογώνιο πλακίδιο από μονωτικό υλικό. Σε ορισμένα πτερύγια είναι τοποθετημένος ένας **μονωτικός κυλινδρίσκος** που ακουμπά, στην κατάσταση ηρεμίας του ρωστήρα, στο πτερύγιο που βρίσκεται ακριβώς από κάτω ή σ' ένα άλλο σταθερό πτερύγιο και εμποδίζει έτσι τα δύο πτερύγια να έλθουν σε επαφή [σχ. 1.2η (β)].

Για να εξασφαλιστεί η κανονική λειτουργία του ρωστήρα πραγματοποιούνται μετά τη συναρμολόγησή του ρυθμίσεις σύμφωνα με ορισμένες προδιαγραφές. Συγκεκριμένα ρυθμίζονται αποστάσεις μεταξύ επαφικών θρόμβων κλπ. με τη βοήθεια συμματίνων διακενουμέτρων και πιέσεις θρόμβων με τη βοήθεια ζυγού.

Στις ρυθμίσεις περιλαμβάνονται:

α) Η διαδρομή του οπλισμού: Είναι η απόσταση που διανύει ο οπλισμός απ' τη θέση ηρεμίας ως τη θέση επαφής με τον πυρήνα. Στον πλατυσμένο ρωστήρα (σχ. 1.2β) μετριέται μεταξύ του πυρήνα και του **ελασμάτιου ανασχέσεως**, όταν ο οπλισμός πιέζεται επάνω στον πυρήνα. Το ελασμάτιο ανασχέσεως είναι τμήμα της μονωτικής γέφυρας και ακουμπά, στην κατάσταση ηρεμίας του ρωστήρα, επάνω στον πυρήνα, περιορίζοντας την κίνηση του οπλισμού προς τα έξω.

β) Το διάκενο της μονωτικής γέφυρας: Είναι η απόσταση της μονωτικής γέφυρας από τα ελασμάτια ωθήσεως των κινουμένων πτερυγίων (σχ. 1.2β).

γ) Το άνοιγμα του επαφέα: Είναι η απόσταση μεταξύ των επαφικών θρόμβων, όταν ο επαφέας είναι ανοικτός (σχ. 1.2β).

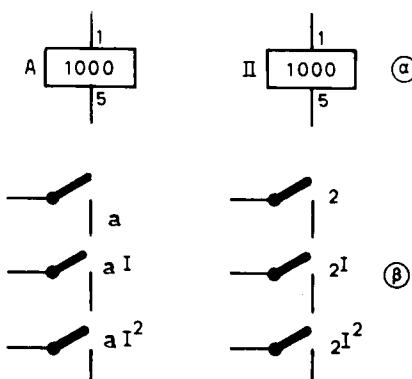
δ) Η πίεση του επαφέα: Είναι η δύναμη που ασκεί ο επαφικός θρόμβος ενός πτερυγίου στο θρόμβο άλλου πτερυγίου στην κατάσταση ηρεμίας ή εργασίας του ρωστήρα.

ε) Η πίεση του υποστηρίγματος: Είναι η δύναμη που ασκεί ένα πτερύγιο, όταν ακουμπά είτε στο γείσο του πηνίου με το ελασμάτιο στηρίζεως του, είτε στο αποκάτω του πτερύγιο με το μονωτικό κυλινδρίσκο.

Συμβολισμός του ρωστήρα.

Στα κυκλωματικά σχέδια ο ρωστήρας και οι επαφέις του παριστάνονται με ορισμένα σύμβολα. Τα σύμβολα αυτά διαφέρουν μεταξύ τους στα διάφορα κράτη ακολουθώντας τις τυποποιήσεις στο σχεδιασμό κυκλωμάτων που έχουν καθιερωθεί σε κάθε κράτος. Στη Δ. Γερμανία π.χ., ο ρωστήρας παριστάνεται με το σύμβολο του σχήματος 1.2θ (α). Μέσα στο πλαίσιο σημειώνεται η αντίσταση του μαγνητικού τυλίγματος σε Ω , ενώ έξω απ' αυτό σημειώνονται τα όρια, στα οποία είναι συνδεμένα τα άκρα του τυλίγματος και η ονομασία του ρωστήρα με κεφαλαίο γράμμα του λατινικού αλφαβήτου ή με λατινικό αριθμό.

Οι επαφέις, που ανήκουν στον ίδιο ρωστήρα, συμβολίζονται με το ίδιο γράμμα του αλφαβήτου που χαρακτηρίζει το ρωστήρα αλλά πεζό, ή με τον αντίστοιχο στο λατινικό αραβικό αριθμό [σχ. 1.2θ (β)]. Ως εκθέτης στο γράμμα ή τον αριθμό του



Σχ. 1.2θ.

Σύμβολα ρωστήρων και επαφέων κατά τα γερμανικά πρότυπα DIN.

επαφέα σημειώνεται λατινικός αριθμός, που προσδιορίζει τη σειρά των πτερυγίων στην οποία ανήκει ο επαφέας. Αν η σειρά έχει δύο επαφείς, σημειώνεται η θέση του επαφέα στη σειρά με τον αριθμό 1 ή 2 που τοποθετείται σαν εκθέτης στο λατινικό αριθμό της σειράς.

1.2.3 Λειτουργία του ρωστήρα.

Αφού περιγράψαμε τα διάφορα τμήματα και τις ρυθμίσεις ενός ρωστήρα, ερχόμαστε τώρα στην εξέταση της λειτουργίας του.

Η κατάσταση ενός ρωστήρα σε ορισμένη χρονική στιγμή προσδιορίζεται απ' τη σχέση που υπάρχει τη στιγμή αυτή μεταξύ της δυνάμεως P , που ασκείται στον οπλισμό απ' το μαγνητικό πεδίο, και των δυνάμεων που δρουν αντίθετα σ' αυτή τη δύναμη, δηλαδή της έλατηριακής δυνάμεως των πτερυγίων, της αδράνειας του οπλισμού και διαφόρων τριβών.

Η δύναμη έλξεως P είναι ανάλογη του τετραγώνου της μαγνητικής ροής Φ . Η ροή Φ δημιουργείται απ' το ρεύμα I που διαρρέει το μαγνητικό τύλιγμα (ρεύμα διεγέρσεως), και το μέγεθός της εξαρτάται, εκτός απ' το ρεύμα αυτό, απ' τον αριθμό στροφών w του μαγνητικού τυλίγματος και απ' την ολική μαγνητική αντίσταση R_m του κυκλώματος.

Συγκεκριμένα ισχύει η σχέση:

$$\Phi = \frac{I \cdot w}{R_m}$$

που είναι ανάλογη με τη σχέση $I = U/R$ σ' ένα ηλεκτρικό κύκλωμα.

Το γινόμενο $I \cdot w$ ονομάζεται **αμπεροστροφές** και είναι το πιο βασικό μέγεθος στον υπολογισμό των ρωστήρων.

Η αντίσταση R_m προκύπτει απ' την άθροιση των μαγνητικών αντιστάσεων που έχουν τα διάφορα τμήματα του μαγνητικού κυκλώματος, δηλαδή ο πυρήνας, το ζύγωμα, το διάκενο αέρα και ο οπλισμός.

Η αντίσταση R'_m ενός τμήματος δίνεται απ' τη σχέση:

$$R'_m = \frac{l}{q \cdot \mu}$$

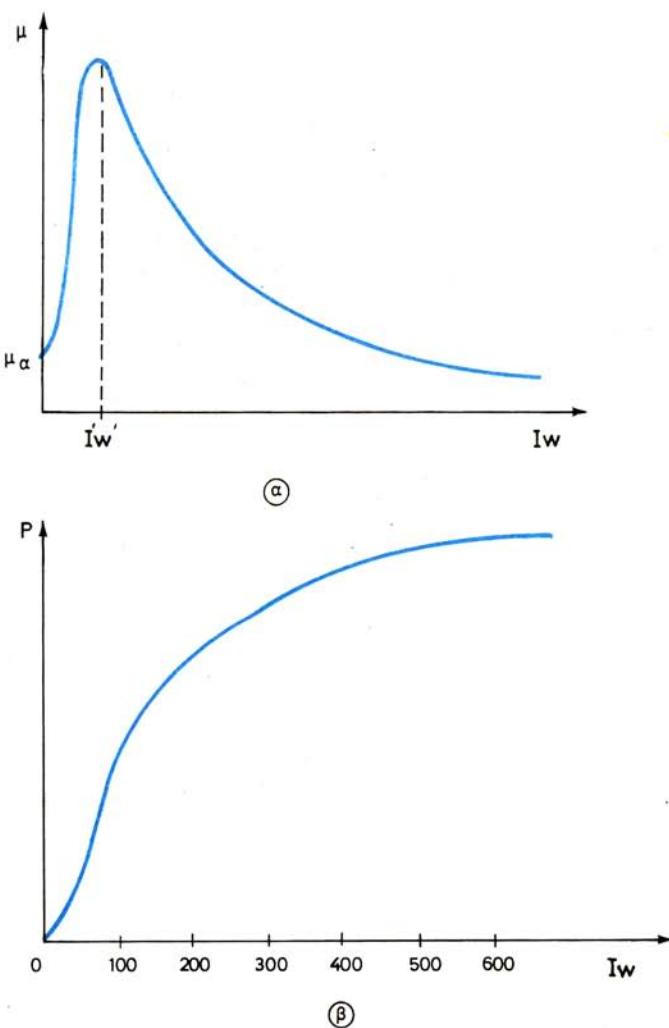
όπου: l είναι το μήκος του μαγνητικού τμήματος, q η διατομή του και μ ο συντελεστής μαγνητικής διαπερατότητας του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένο το τμήμα.

Η σχέση αυτή είναι ανάλογη της σχέσεως:

$$R = \frac{l}{q \cdot \kappa}$$

που δίνει την ηλεκτρική αντίσταση μιάς ράβδου με μήκος l , διατομή q και ειδική αγωγιμότητα υλικού κ .

Η αντίσταση R_m δεν είναι σταθερή, γιατί ο συντελεστής μ των σιδηρομαγνητικών υλικών απ' τα οποία είναι κατασκευασμένα τα διάφορα τμήματα του



Σχ. 1.2ι.

- α) Μεταβολή του συντελεστή μαγνητικής διαπερατότητας μ με τον αριθμό αμπεροστροφών Iw .
 β) Μεταβολή της ελεκτικής δυνάμεως P με τον αριθμό αμπεροστροφών Iw .

ρωστήρα, δεν είναι σταθερός αλλά εξαρτάται απ' τον αριθμό των αμπεροστροφών Iw . Το σχήμα 1.2ι (α) δίνει ποιοτικά την εξάρτηση αυτή. Ξεκινώντας από μια αρχική τιμή μ_a αυξάνει ο μ με αυξανόμενο αριθμό αμπεροστροφών μέχρι μια ορισμένη τιμή Iw' . Στην τιμή αυτή παρουσιάζει το υλικό τη μικρότερη μαγνητική του αντίσταση. Σε μεγαλύτερους αριθμούς αμπεροστροφών μειώνεται απότομα ο μ για να φθάσει σύντομα σε πολύ χαμηλές τιμές.

Η δύναμη έλξεως P , που είναι ανάλογη του τετραγώνου της Φ , προκύπτει απ' την πρώτη σχέση που δώσαμε, ότι είναι ανάλογη του τετραγώνου των αμπεροστροφών και αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της ολικής μαγνητικής αντί-

στάσεως R_m . Λόγω της μεταβολής του μ και της R_m με τον αριθμό αμπεροστροφών μεταβάλλεται η P σύμφωνα με την καμπύλη του σχήματος 1.2i (β). Απ' την καμπύλη αυτή γίνεται αντιληπτό, ότι πάνω από έναν ορισμένο αριθμό αμπεροστροφών (500 περίπου) ελάχιστα αυξάνει η ελεκτική δύναμη. Για το λόγο αυτό η διέγερση στους ρωστήρες δεν ξεπερνά τις 500 αμπεροστροφές.

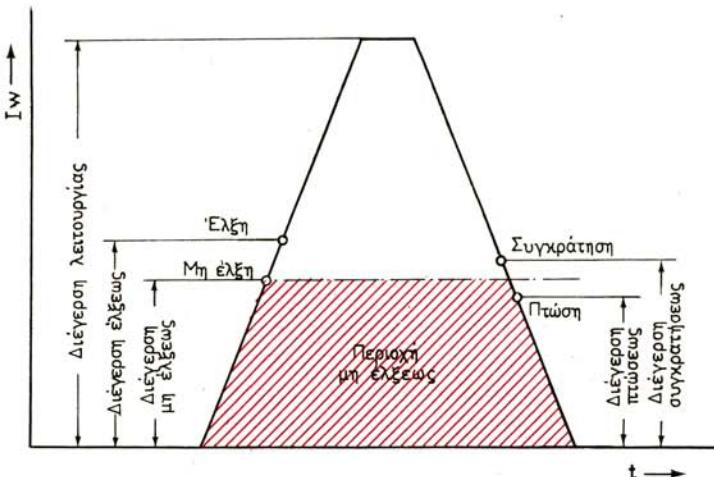
Πρέπει να σημειωθεί ότι η δύναμη P , που ασκείται στον οπλισμό, όταν το ρεύμα διεγέρσεως I είναι σταθερό, εξαρτάται απ' τη θέση του οπλισμού, γιατί ανάλογα μ' αυτή μεταβάλλεται το διάκενο αέρα και η μαγνητική αντίσταση του κυκλώματος. Έτσι η P έχει τη μικρότερή της τιμή όταν ο οπλισμός είναι στη θέση ηρεμίας και τη μεγαλύτερη όταν ο οπλισμός έλθει σε επαφή με τον πυρήνα.

Η μέγιστη ένταση του ρεύματος διεγέρσεως, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο ρωστήρα, εξαρτάται απ' την επιτρεπόμενη υπερθέρμανση του τυλίγματος σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, ώστε να μην καταστραφεί η μόνωσή του. (Στον πλατυσμένο π.χ. ρωστήρα η επιτρεπόμενη οριακή συνεχής φόρτιση ανέρχεται σε 5 W). Ο μέγιστος αριθμός στροφών περιορίζεται απ' το χώρο που διαθέτεται για το τύλιγμα του πηνίου (π.χ. 16,5 cm³ περίπου στον πλατυσμένο ρωστήρα). Με δεδομένα τους περιορισμούς αυτούς εκλέγεται κατάλληλα το σύρμα του τυλίγματος (πάχος, αντίσταση) και ο αριθμός στροφών και υπολογίζονται στη συνέχεια οι **διέγερσεις** σε αμπεροστροφές και τα ρεύματα που απαιτούνται στις διάφορες φάσεις της λειτουργίας του ρωστήρα για ορισμένο αριθμό πτερυγίων. Τα πτερύγια προσδιορίζουν τη δύναμη που πρέπει να υπερνικήσει ο οπλισμός. Οι διέγερσεις, που ταυτόχρονα χαρακτηρίζουν το ρωστήρα και τη λειτουργία του, ορίζονται ως εξής (σχ. 1.2ia):

α) **Διέγερση μη έλξεως:** Είναι η μέγιστη τιμή αμπεροστροφών, στην οποία παραμένει ο ρωστήρας με βεβαιότητα ακόμα στην κατάσταση ηρεμίας.

β) **Διέγερση έλξεως:** Είναι η ελάχιστη τιμή αμπεροστροφών, στην οποία ο ρωστήρας έλκει τον οπλισμό του.

γ) **Διέγερση συγκρατήσεως:** Είναι η ελάχιστη τιμή αμπεροστροφών, στην οποία



Σχ. 1.2ia.
Διέγερσεις ενός ρωστήρα.

ο ρωστήρας παραμένει ακόμα με βεβαιότητα στην κατάσταση εργασίας. Η διέγερση συγκρατήσεως είναι μικρότερη από τη διέγερση έλξεως, γιατί, όταν ο ρωστήρας είναι στην κατάσταση ηρεμίας, πρέπει να υπερικηθεί και η αντίσταση του διάκενου αέρα μεταξύ του πυρήνα και του οπλισμού για να τραβηγχεί ο οπλισμός. Όταν ο οπλισμός κολλήσει στον πυρήνα, το διάκενο γίνεται ελάχιστο (δεν μηδενίζεται για λόγους που θα γνωρίσουμε πιο κάτω), κι' αρκεί μια μικρότερη διέγερση για τη συγκράτησή του στη θέση αυτή.

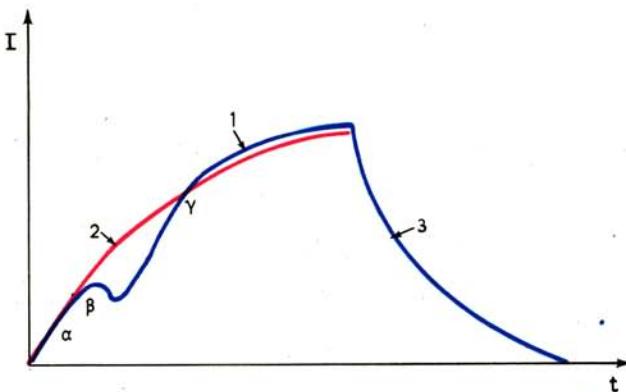
δ) Διέγερση πτώσεως: Είναι η μέγιστη τιμή αμπεροστροφών, στην οποία ο ρωστήρας επιστρέφει απ' την κατάσταση εργασίας στην κατάσταση ηρεμίας.

ε) Διέγερση λειτουργίας: Για να εξασφαλιστεί μια απόλυτα κανονική λειτουργία του ρωστήρα, εκλέγεται, ανάλογα με τη συχνότητα ανοίγματος - κλεισίματος των επαφών και τη διάρκεια παραμονής τους στην κατάσταση εργασίας, διέγερση έλξεως διπλάσια ως πενταπλάσια απ' την ελάχιστη απαιτούμενη τιμή, που ονομάζεται **διέγερση λειτουργίας**.

Οι διεγέρσεις έλξεως και πτώσεως προσδιορίζονται πειραματικά διεγείροντας και αποδιεγείροντας το ρωστήρα με μεταβαλλόμενο ρεύμα. Με βάση τις διεγέρσεις αυτές εκλέγονται οι διεγέρσεις μη έλξεως και συγκρατήσεως, ώστε να υπάρχει ασφάλεια στη λειτουργία. Π.χ. εκλέγεται η διέγερση μη έλξεως ίση προς 80% της διεγέρσεως έλξεως και η διέγερση συγκρατήσεως ίση προς 120% της διεγέρσεως πτώσεως.

Από τις διεγέρσεις σε αμπεροστροφές και τον αριθμό στροφών του μαγνητικού τύλιγματος υπολογίζονται τα αντίστοιχα **ρεύματα διεγέρσεως** του ρωστήρα, δηλαδή οι εντάσεις των ρευμάτων μη έλξεως, συγκρατήσεως, πτώσεως και λειτουργίας. Στο διάγραμμα του σχήματος 1.2ια είναι σημειωμένες οι διαδοχικές φάσεις της λειτουργίας ενός ρωστήρα. Το διάγραμμα λαμβάνεται αυξάνοντας σταθερά το ρεύμα διεγέρσεως και κατά συνέπεια τις αμπεροστροφές ενός ρωστήρα απ' την τιμή μηδέν ως την τιμή λειτουργίας και κατόπιν μειώνοντάς το πάλι ως την τιμή μηδέν. Τα ρεύματα που αντιστοιχούν στη γραμμοσκιασμένη περιοχή, δεν είναι σε θέση να έλξουν τον πυρήνα. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία σε διάφορα κυκλώματα, στα οποία μπορεί να διαρρέεται ο ρωστήρας απ' τα ρεύματα αυτά χωρίς να αλλάζει την κατάστασή του.

Απ' τη στιγμή που διοχετεύεται ρεύμα στο μαγνητικό τύλιγμα του ρωστήρα ως τη στιγμή που λειτουργούν (κλείνουν ή ανοίγουν) οι επαφέις, περνά ένα διάστημα 8 ως 20 ms. Το διάστημα αυτό λέγεται **χρόνος έλξεως** και οφείλεται στην αυτεπαγγγή και στη μηχανική αδράνεια του ρωστήρα, που πρέπει να υπερικηθούν. Επίσης, απ' τη στιγμή που σταματά η διέλευση ρεύματος στο τύλιγμα, ως τη στιγμή που ανοίγουν ή κλείνουν οι επαφέις, περνά για τους ίδιους λόγους ένα διάστημα 5 ως 15 ms, που λέγεται **χρόνος πτώσεως**. Το σχήμα 1.2ιβ δίνει τη χρονική μεταβολή της εντάσεως του ρεύματος κατά τη διέγερση και αποδιεγέρση του ρωστήρα. Η καμπύλη 1 αντιστοιχεί στην περίπτωση διεγέρσεως, που ο οπλισμός κινείται ελεύθερα απ' την κατάσταση ηρεμίας στην κατάσταση εργασίας. Η μείωση της εντάσεως του ρεύματος στο τμήμα β μετά απ' την αρχική αύξηση στο α συμπίπτει χρονικά με την έλξη του οπλισμού και τη διαδοχική μείωση του διάκενου αέρα. Η μείωση αυτή έχει σαν αποτέλεσμα τη μεταβολή (αύξηση) της μαγνητικής ροής και τη δημιουργία επαγγικού ρεύματος αντίθετου στο ρεύμα διεγέρσεως. Έτσι προκαλείται η ελάττωση της εντάσεως. Μετά την έλξη του οπλισμού συνεχίζεται η αύ-



Σχ. 1.2ιβ.

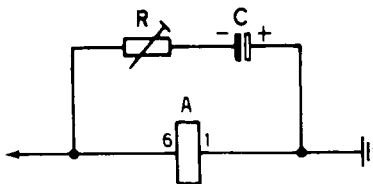
Μεταβολή της εντάσεως του ρεύματος με το χρόνο κατά τη διέγερση και αποδιέγερση του ρωστήρ

ξηση του ρεύματος στο τρίμα γ μέχρι την κανονική του τιμή. Η καμπύλη 2 δίνει τι μεταβολή του ρεύματος, όταν ο οπλισμός πιέζεται εξ αρχής επάνω στον πυρήνα ενώ η καμπύλη 3 τη μεταβολή, όταν διακοπεί το κύκλωμα διεγέρσεως.

Οι κανονικοί χρόνοι λειτουργίας ενός ρωστήρα μπορούν να μεταβληθούν, δηλαδή να αυξηθούν ή να ελαττωθούν, με διάφορα μέσα **μηχανικά** και κυρίως **ηλεκτρικά**. Έτσι παίρνομε ρωστήρες με επιβραδυμένη έλξη ή πτώση και ανάλογα ρωστήρες με επιταχυμένη έλξη ή πτώση. Π.χ. ένας τρόπος για να αυξηθεί ο χρόνος πτώσεως με **μηχανικά μέσα** είναι να μειωθεί το πάχος του **αντικολλητικού ελάσματος**. Το έλασμα αυτό, κατασκευασμένο από μη μαγνητικό υλικό πάχους 0,1 ως 0,5 mm, τοποθετείται στην επιφάνεια του οπλισμού που έρχεται σε επαφή με τον πυρήνα και εξασφαλίζει ένα ελάχιστο διάκενο αέρα μεταξύ τους, όταν ο οπλισμός είναι τραβηγμένος (σχ. 1.2β).

Η χρησιμότητα του αντικολλητικού ελάσματος είναι η εξής: Μετά τη διακοπή του ρεύματος διεγέρσεως, το μαγνητικό κύκλωμα του ρωστήρα δεν απομαγνητίζεται εντελώς, όπως είναι γνωστό, αλλά διατηρεί μια ορισμένη μαγνητική ροή, τον **παραμένοντα μαγνητισμό**. Η ροή αυτή είναι αρκετά ισχυρή, ώστε να συγκρατήσει τον οπλισμό στη θέση εργασίας, ή να τον αναγκάσει να επιστρέψει με μεγάλη καθυστέρηση στη θέση ηρεμίας. Με το διάκενο του αντικολλητικού ελάσματος αυξάνεται η αντίσταση του μαγνητικού κυκλώματος, μειώνεται η παραμένουσα μαγνητική ροή και αποφεύγεται η ανεπιθύμητη επίδρασή της στον οπλισμό του κανονικού ρωστήρα. Αντίθετα, στους βραδύπτωτους ρωστήρες η μείωση του διακένου έχει ως συνέπεια την αύξηση του παραμένοντα μαγνητισμού και του χρόνου που απαιτείται μέχρι να ελαττωθεί ο μαγνητισμός αυτός ως την τιμή πτώσεως του ρωστήρα.

Ένας τρόπος για να αυξηθεί ο χρόνος πτώσεως με **ηλεκτρικά μέσα** είναι να συνδεθεί ένας πυκνωτής παράλληλα στο ρωστήρα (σχ. 1.2γ). Ο πυκνωτής φορτίζεται κατά τη διέγερση του ρωστήρα, ενώ εκφορτίζεται κατά την αποδιέγερσή του στο μαγνητικό τύλιγμα ενισχύοντας το ελαπτούμενο μαγνητικό πεδίο. Έτσι επιβραδύνεται η πτώση του ρωστήρα. Με το μεταβλητό αντιστάτη R ρυθμίζεται με ακρίβεια ο χρόνος πτώσεως, που μπορεί να φθάσει μέχρι 1 min.



Σχ. 1.2iγ.

Αύξηση του χρόνου πτώσεως με παράλληλο πυκνωτή.

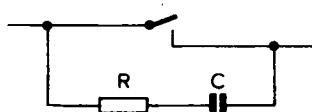
1.2.4 Δημιουργία και κατάπνιξη σπινθήρων.

Όταν διακόπτεται με τη βοήθεια ενός επαφέα ένα κύκλωμα ηλεκτρικού ρεύματος που περιλαμβάνει αυτεπαγγή, δημιουργείται στο σημείο της διακοπής, δηλαδή μεταξύ των δύο θρόμβων, **σπινθήρας**, που συνεχίζει για λίγο τη ροή του ρεύματος στο κύκλωμα και εξαφανίζεται αμέσως μετά. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στην τάση του διακοπόμενου κυκλώματος να διατηρήσει σταθερή τη ροή του ρεύματος. Παρουσιάζεται δηλαδή ένα είδος **ηλεκτρικής αδράνειας** ανάλογης με την αδράνεια ενός μηχανικού συστήματος, που επιδιώκει να διατηρήσει την ταχύτητά του, όταν αυτή μεταβάλλεται.

Κατά το κλείσιμο ενός επαφέα δημιουργείται επίσης σπινθήρας, αλλά πολύ μικρής διάρκειας. Ο σπινθήρας αυτός οφείλεται σε κραδασμούς των επαφικών πτερυγίων, που δημιουργούν στιγμιαίες διακοπές του κυκλώματος μέχρι να αποκατασταθεί εντελώς η επαφή.

Οι σπινθήρες έχουν σα συνέπεια τη βαθμιαία καταστροφή των επαφικών θρόμβων, είναι επικίνδυνοι για τις μονώσεις του κυκλώματος και δημιουργούν παράσιτα στις ραδιοφωνικές λήψεις. Η καταστροφή των θρόμβων προέρχεται από μεταφορά υλικού του θρόμβου από την άνοδο προς την κάθοδο ή και αντίστροφα, που το μέγεθός της εξαρτάται από τη διάρκεια του σπινθήρα και την ένταση του ρεύματος. Στο θρόμβο που χάνει υλικό δημιουργείται ένα κοίλωμα, ενώ στο θρόμβο που επικαθίζει υλικό, δημιουργείται ένα μυτερό εξόγκωμα. Ένα μέρος του υλικού εξαερώνεται επίσης κατά τη μεταφορά. Ο κίνδυνος για τις μονώσεις δημιουργείται από τις υψηλές τάσεις (μέχρι 2000 V), που εμφανίζονται στα άκρα των θρόμβων.

Με ειδικές διατάξεις είναι δυνατό να αποφύγομε τη δημιουργία σπινθήρων. Στο κύκλωμα π.χ. του σχήματος 1.2iδ ο πυκνωτής C με τον αντιστάτη R σε σειρά είναι βραχυκυκλωμένος, όταν ο επαφέας είναι κλειστός. Όταν ανοίξει ο επαφέας, εφαρμόζεται τάση στον πυκνωτή που φορτίζεται και όλο το ρεύμα οδηγείται σ' αυτόν χωρίς να δημιουργηθεί σπινθήρας στον επαφέα. Μετά τη φόρτιση του πυκνωτή, οπότε θα ήταν δυνατόν να δημιουργηθεί σπινθήρας, έχει μεγαλώσει τόσο το άνοιγμα του επαφέα ώστε η τάση δεν επαρκεί για να προκαλέσει εκκένωση. Ο αντι-



Σχ. 1.2iδ.

Διάταξη καταπνίξεως σπινθήρα.

στάτης R περιορίζει το ρεύμα εκφορτίσεως του πυκνωτή, όταν κλείνει ο επαφέας κι' έτσι ο σπινθήρας που δημιουργείται στην περίπτωση αυτή είναι πολύ ασθενής.

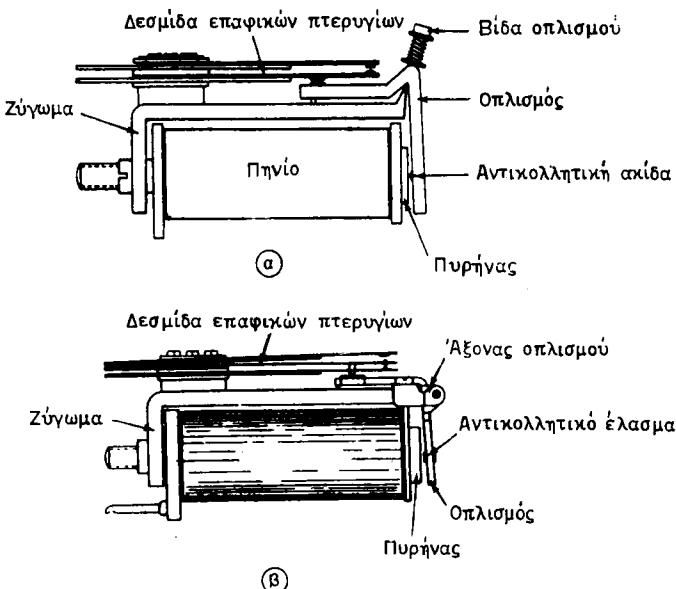
1.2.5 Διάφοροι τύποι ρωστήρων.

Στη συνέχεια περιγράφομε με συντομία τους πιο κοινούς τύπους ρωστήρων συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος, καθώς και ορισμένους ειδικούς τύπους ρωστήρων.

Ρωστήρες συνεχούς ρεύματος.

— Ο κυλινδρικός ρωστήρας.

Ο ρωστήρας αυτός έχει κυλινδρικό πυρήνα και κυλινδρικό πηνίο. Ο οπλισμός του έχει μορφή γωνίας και εδράζεται συνήθως σε μια ακμή [σχ. 1.2ιε (α)] ή σε ένα άξονα [σχ. 1.2ιε (β)] στο άκρο του ζυγάματος. Στον κυλινδρικό ρωστήρα ακμής με βίδα, μια βίδα με ελατήριο συγκρατεί τον οπλισμό στο ζύγωμα, ώστε ο ρωστήρας να μπορεί να τοποθετηθεί με τα πτερύγια στο πλάι, χωρίς να πέσει ο οπλισμός.

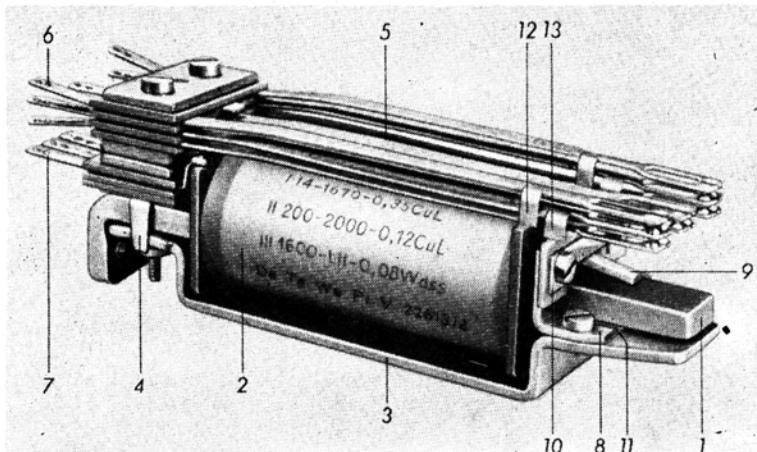


Σχ. 1.2ιε.

α) Κυλινδρικός ρωστήρας ακμής. β) Κυλινδρικός ρωστήρας με άξονα.

— Ο πλατυσμένος ρωστήρας.

Ο πλατυσμένος ρωστήρας χρησιμοποιείται περισσότερο από κάθε άλλο ρωστήρα συνεχούς ρεύματος στην τηλεφωνία στον τόπο μας. Αποτελείται από ένα ορθογώνιο, πλατυσμένο πυρήνα με πηνίο ορθογώνιας βάσεως και οπλισμό, που είναι ταυτόχρονα και ζύγωμα (σχ. 1.2β και 1.2ιστ). Συγκριτικά με τον κυλινδρικό ρωστήρα, παρουσιάζει μικρότερο ύψος και ευκολότερη κατασκευή και επομένως μικρό-



Σχ. 1.2ιστ.

Πλατυσμένος ρωστήρας:

- 1) Πυρήνας. 2) Πηνίο. 3) Οπλισμός. 4) Γωνία συγκρατήσεως. 5) Δεσμίδα επαφικών πτερυγίων. 6) Όρια συγκολλήσεως πτερυγίων. 7) Όρια συγκολλήσεως τυλιγμάτων. 8) Γωνία μονωτικής γέφυρας. 9) Ελασμάτιο ανασχέσεως. 10) Μονωτική γέφυρα. 11) Αντικολλητικό έλασμα. 12) Ελασμάτιο στρέψεως. 13) Ελασμάτιο αθήσεως.

τέρο κόστος. Είναι όμως λόγω της μεγάλης μάζας του οπλισμού του, λιγότερο ευαίσθητος από τον κυλινδρικό ρωστήρα.

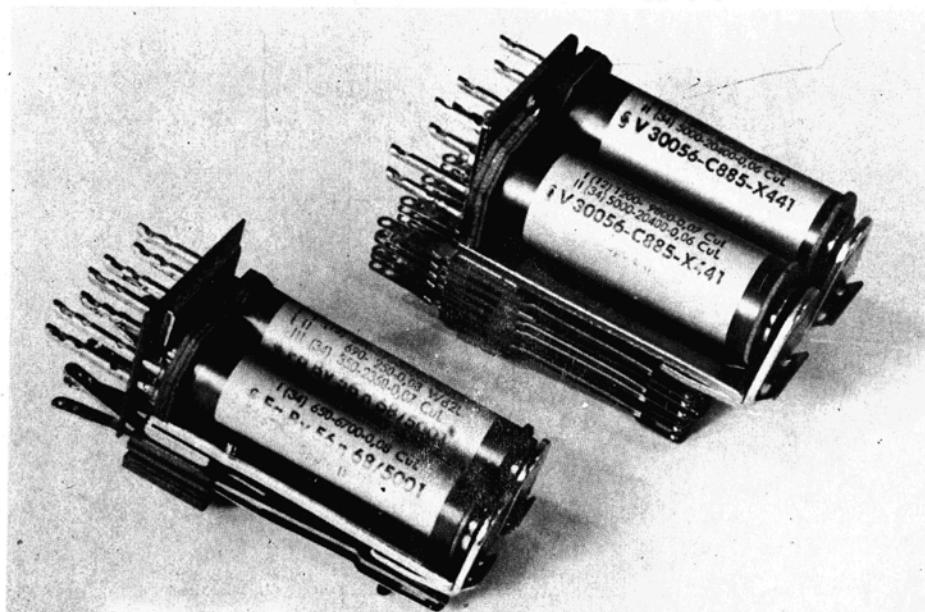
Ο πλατυσμένος ρωστήρας μοντάρεται με τα επαφικά πτερύγια κατακόρυφα έτσι, ώστε ο πυρήνας να βρίσκεται στα δεξιά των πτερυγίων, όταν τον κοιτάζομε απ' την πλευρά των ορίων. Η θέση αυτή έχει το πλεονέκτημα, ότι οι επαφείς δεν λερώνονται εύκολα με σκόνη, τα πτερύγια είναι ευδιάκριτα και ο οπλισμός εδράζεται καλύτερα.

– Ο διπλός ρωστήρας.

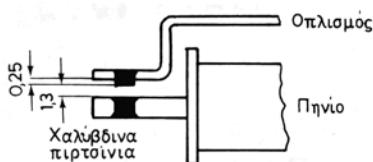
Σε ορισμένα κυκλώματα, στα οποία απαιτούνται περισσότεροι ρωστήρες, χρησιμοποιείται για εξοικονόμηση χώρου και οικονομικούς λόγους, **ο διπλός ρωστήρας**. Ο ρωστήρας αυτός αποτελείται από δύο πυρήνες με πηνία και δύο οπλισμούς, συναρμολογημένους στο ίδιο ζύγωμα. Πηνία και οπλισμοί σχηματίζουν δύο ανεξάρτητους στη λειτουργία τους κυλινδρικούς ρωστήρες με πολύ μικρότερο όμως μέγεθος απ' τους κανονικούς ρωστήρες του τύπου αυτού, που γνωρίσαμε. Το σχήμα 1.2ιζ δείχνει ένα διπλό ρωστήρα με μέγεθος ίσο προς εκείνο ενός κοινού πλατυσμένου ρωστήρα.

– Ο αυτοσυγκρατούμενος ρωστήρας.

Ο οπλισμός του ρωστήρα αυτού συγκρατείται στη θέση έλξεως και όταν διακοπεί το ρεύμα διεγέρσεως. Κατασκευαστικά είναι όμοιος με τον πλατυσμένο ρωστήρα, χωρίς όμως αντικολλητικό έλασμα. Αντίθετα, στις απέναντι θέσεις του πυρήνα και του οπλισμού, που έρχονται σε επαφή, έχει τοποθετημένα δύο πιρτσίνια από χάλυβα μεγάλης μαγνητικής διαπερατότητας (σχ. 1.2ιη). Όταν ο οπλισμός βρί-



Σχ. 1.2ι.
Διπλοί ρωστήρες.



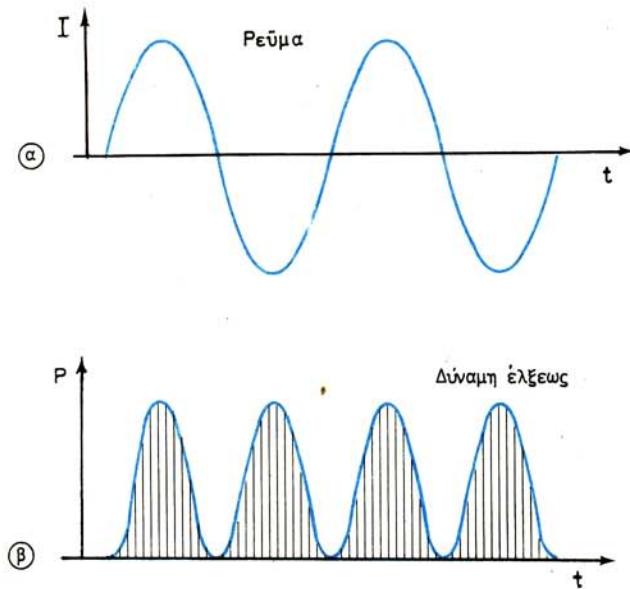
Σχ. 1.2η.
Τμήμα αυτοσυγκρατούμενου ρωστήρα.

σκεται στη θέση εργασίας και σταματήσει η διέγερση, ο μαγνητισμός που παραμένει στα πιρτίνια είναι αρκετός για να τον συγκρατήσει στη θέση του. Η επιστροφή του οπλισμού στη θέση ηρεμίας πραγματοποιείται με τη βοήθεια ενός τυλίγματος του πηνίου, στο οποίο διοχετεύεται ρεύμα αντίθετο προς το ρεύμα διεγέρσεως του ρωστήρα με αποτέλεσμα την εξουδετέρωση του παραμένοντα μαγνητισμού.

Ο αυτοσυγκρατούμενος ρωστήρας χρησιμοποιείται σε κυκλώματα που δεν έχουν αρκετό ρεύμα για τη συγκράτηση του ρωστήρα στη θέση λειτουργίας.

Ρωστήρες εναλλασσόμενου ρεύματος.

Η δύναμη που ασκείται στον οπλισμό ενός ρωστήρα είναι, όπως είδαμε, ανάλογη του τετραγώνου της μαγνητικής ροής Φ ή του ρεύματος διεγέρσεως I. Έτσι, αν το ρεύμα διεγέρσεως είναι εναλλασσόμενο και έχει π.χ. την ημιτονική μορφή του σχήματος 1.2ιθ (a), η δύναμη έλξεως στον οπλισμό θα μεταβάλλεται σύμφωνα με την καμπύλη του σχήματος 1.2ιθ (β) που προκύπτει απ' την ύψωση στο τετράγωνο



Σχ. 1.2iθ.

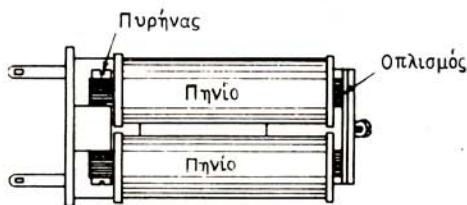
Χρονική μεταβολή της δυνάμεως έλξεως στον οπλισμό ενός ρωστήρα συνεχούς ρεύματος κατά τη διέγερσή του με εναλλασσόμενο ρεύμα.

κάθε μιάς τιμής της ημιτονικής καμπύλης [σχ. 1.2iθ (a)]. Παρατηρούμε ότι η δύναμη έλξεως δεν αλλάζει κατεύθυνση, όπως το ρεύμα, γίνεται όμως μηδέν τις χρονικές στιγμές που μηδενίζεται το ρεύμα και είναι πολύ μικρή λίγο πριν και μετά από τις στιγμές αυτές. Αν λοιπόν διοχετεύσουμε εναλλασσόμενο ρεύμα στο μαγνητικό τύλιγμα ενός ρωστήρα συνεχούς ρεύματος, ο οπλισμός του θα έλκεται και θα πέφτει σε κάθε ημιπερίοδο του ρεύματος. Για να αποφύγουμε τη συμπεριφορά αυτή του ρωστήρα, πρέπει το ρεύμα διεγέρσεως να μην μηδενίζεται σε καμιά χρονική στιγμή. Αυτό επιτυγχάνεται με διάφορες μεθόδους που έχουν εφαρμοστεί στους εξής τύπους ρωστήρων:

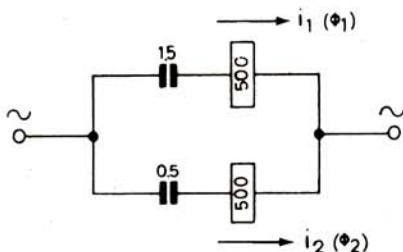
— Ο ρωστήρας φάσεως.

Ο ρωστήρας φάσεως περιλαμβάνει δύο ξεχωριστά μαγνητικά τυλίγματα επάνω σ' ένα πυρήνα με δύο σκέλη (σχ. 1.2κ). Ο πυρήνας αποτελείται από σιδηρομαγνητικά ελάσματα μονωμένα μεταξύ τους με βερνίκι ή στρώμα οξειδίου για να περιορίζονται τα δινορεύματα που προκαλούν υπερθέρμανση του ρωστήρα. Στα τυλίγματα των δύο σκελών συνδέονται σε σειρά δύο πυκνωτές διαφορετικής χωρητικότητας όπως φαίνεται στο σχήμα 1.2κα.

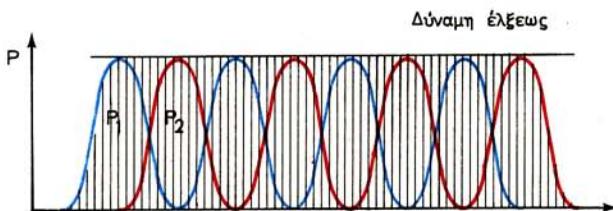
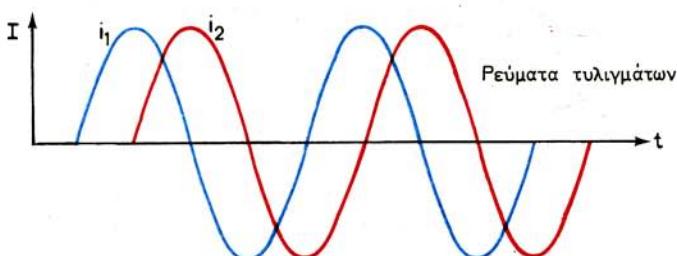
Με κατάλληλο υπολογισμό των χωρητικοτήτων επιτυγχάνεται, ώστε τα ρεύματα και οι μαγνητικές ροές στα δύο τυλίγματα να έχουν διαφορά φάσεως 90° . Έτσι, όταν το ένα ρεύμα έχει τιμή μηδέν, το άλλο έχει τη μέγιστη τιμή του και αντίστροφα. Στον οπλισμό ασκείται μια σχεδόν ομοιόμορφη δύναμη έλξεως (σχ. 1.2κβ).



Σχ. 1.2κ.
Ρωστήρας φάσεως εναλλασσόμενου ρεύματος.



Σχ. 1.2κα.
Συνδεσμολογία ρωστήρα φάσεως.



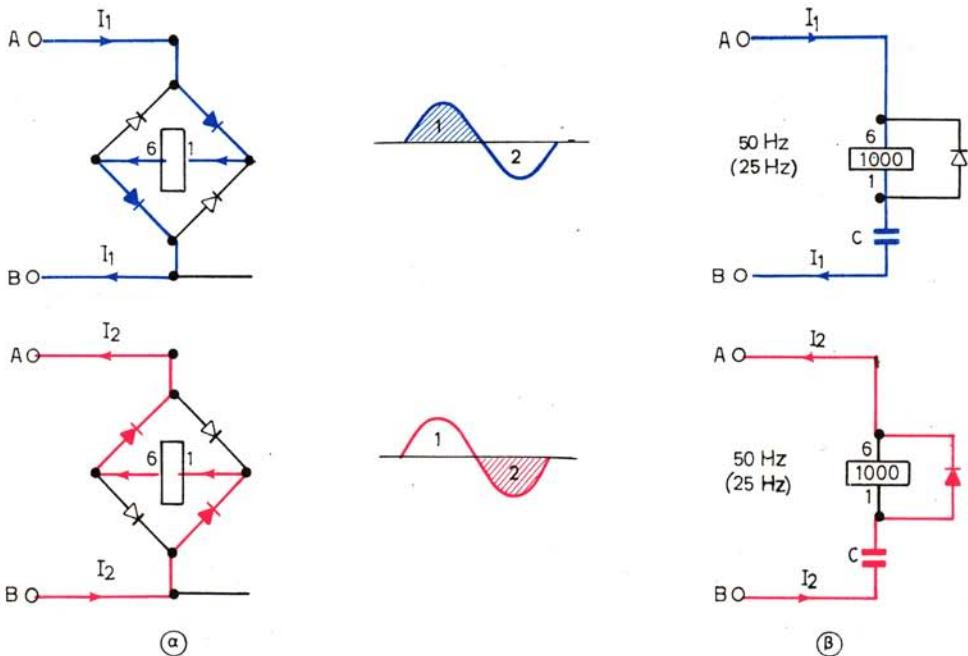
Σχ. 1.2κβ.
Χρονική μεταβολή των ρευμάτων και δυνάμεων έλξεως στο ρωστήρα φάσεως.

— Ο Ρωστήρας με ανορθωτές.

Με τη βοήθεια ανορθωτών μπορούν να χρησιμοποιηθούν κοινοί ρωστήρες συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο ρεύμα 25 ως 50 Hz. Το σχήμα 1.2κγ δείχνει δύο διαφορετικές συνδεσμολογίες για το σκοπό αυτό. Στη συνδεσμολογία (α) περνά ρεύμα από το ρωστήρα και στις δύο ημιπεριόδους. Στη διάταξη (β) περνά απ' αυτόν ρεύμα της πηγής μόνο στη μία ημιπερίοδο. Στην άλλη ημιπερίοδο το ρεύμα περνά απ' τον ανορθωτή, δηλαδή ο ρωστήρας είναι βραχυκυκλωμένος. Απ' το βραχυκύκλωμα άμως περνά και το ρεύμα επαγωγής, που δημιουργείται στο μαγνητικό τύλιγμα του ρωστήρα όταν ελαττώνεται σ' αυτό το ρεύμα και κατά συνέπεια ένταση του μαγνητικού πεδίου. Το επαγωγικό ρεύμα συγκρατεί το ρωστήρα στη θέση λειτουργίας, έως ότου έλθει η επόμενη ημιπερίοδος.

Ειδικοί τύποι ρωστήρων.

Υπάρχουν ρωστήρες, στους οποίους η αρχή λειτουργίας και η κατασκευή είναι



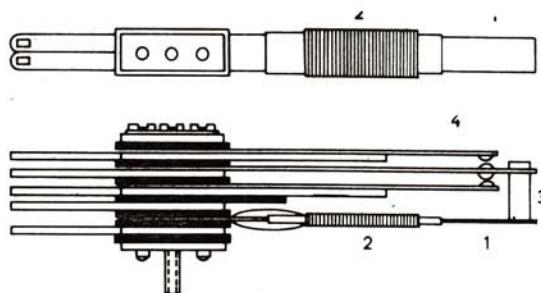
Σχ. 1.2κγ.

Ρωστήρες εναλλασσόμενου ρεύματος με ανορθωτές.

διαφορετικές από εκείνες των τύπων που γνωρίσαμε προηγουμένως. Οι σπουδαιότεροι απ' αυτούς είναι οι εξής:

- Ο Θερμορωστήρας.

Ο θερμορωστήρας χρησιμοποιεί για τη λειτουργία του **θερμική** και όχι μαγνητική ενέργεια. Αποτελείται βασικά, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.2κδ από μια διμεταλλική λουρίδα και μερικά επαφικά πτερύγια. Η διμεταλλική λουρίδα κατασκευάζεται υπό δύο λουρίδες μεταλλικών ελασμάτων, που έχουν διαφορετικό θερμικό συντε-



Σχ. 1.2κδ.

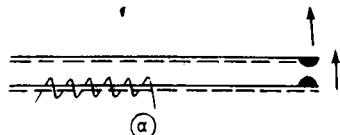
Βασική δομή θερμορωστήρα:

- 1) Διμεταλλική λουρίδα.
- 2) Τύλιγμα θερμάνσεως.
- 3) Ωστικός αξονίσκος.
- 4) Επαφικά πτερύγια.

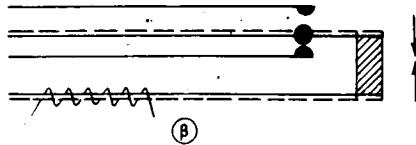
λεστή και συγκολλούνται η μία επάνω στην άλλη.

Ένα τύλιγμα θερμάνσεως 2 γύρω απ' τη διμεταλλική λουρίδα 1 τη θερμαίνει, όταν διαρρέεται από ρεύμα. Αποτέλεσμα της διαφορετικής διαστολής των δύο λουρίδων είναι να κυρτωθεί η διμεταλλική λουρίδα και να ωθήσει έναν αξονίσκο 3 που ενεργοποιεί τους επαφείς 4. Μετά τη διακοπή του ρεύματος θερμάνσεως επιστρέφει η λουρίδα στην αρχική της θέση.

Στη διμεταλλική λουρίδα επενεργεί και η θερμότητα του περιβάλλοντος με συνέπεια να κάμπτεται περισσότερο ή λιγότερο ακόμα και στην περίπτωση που δεν διαρρέεται από ρεύμα το θερμικό τύλιγμα και να μεταβάλλεται έτσι το άνοιγμα ή η πίεση των θρόμβων. Για να αποφύγομε τη μεταβολή αυτή, κατασκευάζομε ένα ππερύγιο του επαφέα σα διμεταλλική λουρίδα δόμοια με την προηγούμενη αλλά χωρίς θερμικό τύλιγμα. Η διμεταλλική λουρίδα του επαφέα εργασίας τοποθετείται ομόρροπα με τη λουρίδα του θερμικού τυλίγματος, ώστε και οι δύο να κάμπτονται στην ίδια κατεύθυνση [σχ. 1.2κε (α)]. Επειδή η κύρτωση είναι η ίδια και στις δύο λουρίδες, διατηρείται σταθερό το άνοιγμα του επαφέα. Στον επαφέα μεταγωγής οι διμεταλλικές λουρίδες συναρμολογούνται αντίρροπα [σχ. 1.2κε (β)]. Στον ωστικό αξονίσκο ασκούνται κατά την κύρτωση των λουρίδων δύο ίσες και αντίθετες δυνάμεις, που εξουδετερώνονται. Έτσι δεν μεταβάλλεται η πίεση των θρόμβων. Με τους θερμορωστήρες επιτυγχάνομε πολύ μεγάλη επιβράδυνση των χρόνων έλξεως και πτώσεως (Μέχρι 50 s), όπως απαιτείται σε ορισμένα κυκλώματα, η οποία δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί με απλά μέσα στους κοινούς ηλεκτρομαγνητικούς ρωστήρες.



(α)



(β)

Σχ. 1.2κε.

Επαφέις θερμορωστήρα:

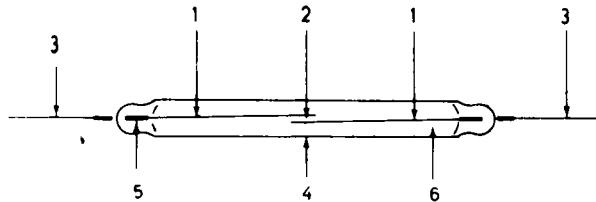
α) Επαφέας εργασίας. β) Επαφέας μεταγωγής.

— Ρωστήρας με θερμητόκλειστους επαφείς (Reed Relay).

Στους ρωστήρες, που περιγράψαμε προηγουμένως, οι επαφείς λειτουργούν στον ατμοσφαιρικό αέρα, χωρίς να είναι ιδιάιτερα προστατευμένοι από κάθε εξωτερική επίδραση (υγρασία, διάβρωση, επικάθηση σκόνης κλπ.). Αποτέλεσμα είναι η αύξηση της αντιστάσεως στα σημεία επαφής από ρύπανση, ενδεχόμενη αλλοίωση των επαφικών θρόμβων από ίχνη δραστικών αερίων, που βρίσκονται στον αέρα και μείωση της αξιοπιστίας τους, δηλαδή της πιθανότητας να μην εμφανιστεί

βλάβη στη λειτουργία τους σ' ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Για να εξασφαλιστεί κανονική λειτουργία των ρωστήρων, είναι απαραίτητο να καθαρίζονται τακτικά οι θρόμβοι με ειδικές λίμες.

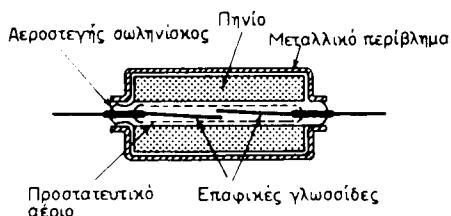
Μεγάλη αξιοπιστία, χωρίς συντήρηση των θρόμβων, ταυτόχρονα με πολύ γρήγορη λειτουργία και δυνατότητα πραγματοποιήσεως πολύ μεγάλου αριθμού επαφοδοτήσεων επιτυγχάνεται με ειδικούς ρωστήρες, στους οποίους οι επαφείς προστατεύονται μέσα σε σωλήνες ερμητικά κλεισμένους. Ένας **ερμητόκλειστος επαφέας** αποτελείται από δύο πλατιές γλωσσίδες από μαγνητικό έλασμα ελατηρίου (κράμα σιδήρου-νικελίου), τοποθετημένες στεγανά με σύντηξη σ' ένα γυάλινο σωληνίσκο σε τρόπο, ώστε τα άκρα τους να έχουν ορισμένη επικάλυψη και να βρίσκονται σε μικρή απόσταση το ένα απ' το άλλο (σχ. 1.2κστ). Το τμήμα της επικαλύψεως των γλωσσίδων αποτελεί τις επαφικές θέσεις και είναι επιχρυσωμένο, ενώ τα άλλα τους άκρα έχων απ' το σωλήνα χρησιμεύουν σαν όρια συγκολλήσεως. Απ' το σωλήνα αφαιρείται ο αέρας και προσθέτεται προστατευτικό αέριο που δεν προσβάλλει τις επαφικές θέσεις (μίγμα αζώτου και υδρογόνου).



Σχ. 1.2κστ.

Ερμητόκλειστος επαφέας:

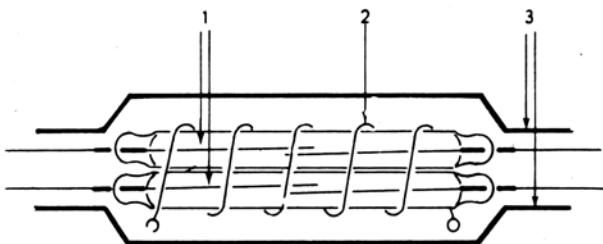
- 1) Επαφική γλωσσίδα. 2) Επαφική θέση. 3) Όρια συγκολλήσεως. 4) Γυάλινος σωληνίσκος. 5) Θέση συντήξεως. 6) Προστατευτικό αέριο.



Σχ. 1.2κζ.

Βασική δομή ρωστήρα με ένα ερμητόκλειστο επαφέα.

Με τη βοήθεια ενός πηνίου γύρω από το σωλήνα, διαρρέομενου από ρεύμα διεγέρσεως κατάλληλης εντάσεως, δημιουργείται μαγνητικό πεδίο, που αναγκάζει τις γλωσσίδες να έλθουν σε επαφή. Η μαγνητική ροή περνά στο εσωτερικό του σωλήνα απ' τις μαγνητικές γλωσσίδες και κλείνει στο εξωτερικό του μέσω ενός μεταλλικού προστατευτικού περιβλήματος, που αντιστοιχεί στο ζύγωμα των κοινών ρωστήρων (σχ. 1.2κζ). Όταν διακοπεί το ρεύμα διεγέρσεως του πηνίου οι γλωσσίδες επιστρέφουν στην αρχική τους θέση με την ελατηριακή τους δύναμη.



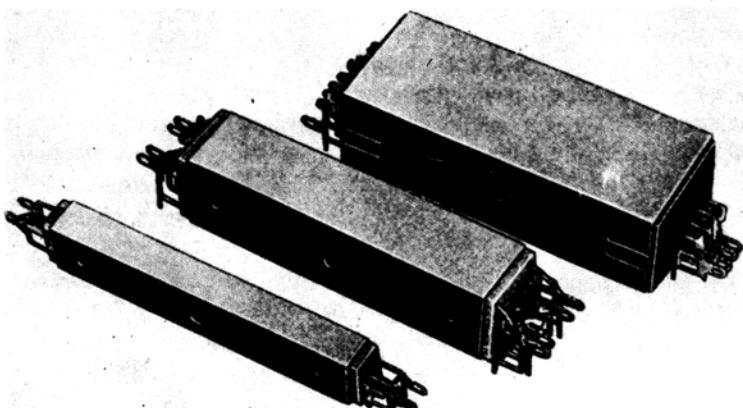
Σχ. 1.2κη.

Βασική δομή ρωστήρα με δύο ερμητόκλειστους επαφείς:

- 1) Σωληνίσκος. 2) Πηνίο. 3) Μεταλλικό περίβλημα.

Ο επαφέας **εργασίας**, που περιγράψαμε, μπορεί να λειτουργήσει και σαν επαφέας **ηρεμίας** αν κρατείται συνεχώς κλειστός με τη βοήθεια ενός μόνιμου μαγνήτη και ανοίγει με τη βοήθεια ενός αντίθετου μαγνητικού πεδίου, που δημιουργείται στο τύλιγμα διεγέρσεως. Ένας επαφέας **μεταγωγής** κατασκευάζεται προσθέτοντας στο σωλήνα μια τρίτη γλωσσίδα από μη μαγνητικό υλικό, επάνω στην οποία ακουμπά σε κατάσταση ηρεμίας η μια μαγνητική γλωσσίδα, σχηματίζοντας τον επαφέα ηρεμίας. Σε κατάσταση διεγέρσεως έλκονται οι μαγνητικές γλωσσίδες, ανοίγει ο επαφέας ηρεμίας και κλείνει ο επαφέας εργασίας, ενώ η μη μαγνητική γλωσσίδα παραμένει στη θέση της.

Ο ρωστήρας σχηματίζεται από έναν ή περισσότερους σωλήνες με κοινό πηνίο και ζύγωμα, όπως φαίνεται παραστατικά στο σχήμα 1.2κη. Το σχήμα 1.2κθ δείχνει έτοιμους ρωστήρες με δύο, τέσσερις και οκτώ επαφείς. Επειδή οι κινούμενες μάζες στο ρωστήρα είναι πολύ μικρές, επιτυγχάνονται χρόνοι έλξεως 2 ως 5 ms και πτώσεως περίπου 0,5 ms. Η διάρκεια ζωής των επαφικών θέσεων είναι πάρα πολύ μεγάλη, μεταξύ 10^7 και 10^8 επαφοδοτήσεων κάτω από δυσμενείς συνθήκες. Προϋπόθεση όμως είναι να μην υπερβαίνει το ρεύμα που περνά από τον επαφέα τη μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή. Διαφορετικά παρουσιάζεται μετακίνηση υλικού απ' τη μια επαφική θέση στην άλλη και σημαντική μείωση της διάρκειας ζωής του επαφέα.



Σχ. 1.2κθ.

Ρωστήρες με δύο, τέσσερις και οκτώ ερμητόκλειστους επαφείς.

1.3 Επιλογείς.

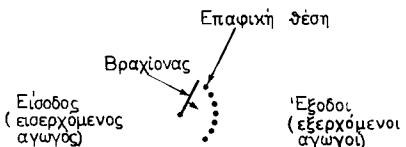
1.3.1 Γενικά.

Μαζί με το ρωστήρα ο επιλογέας αποτελεί τη σπουδαιότερη κατασκευαστική μονάδα στην τηλεφωνική τεχνική. Σκοπός του επιλογέα είναι να προσδιορίζει στο τηλεφωνικό κέντρο, ανάμεσα από ένα πλήθος γραμμών που ονομάζονται **εξερχόμενες** (ή απερχόμενες γραμμές), μια γραμμή και να τη συνδέει με μια άλλη γραμμή, την **εισερχόμενη γραμμή**.

Μια γραμμή στο τηλεφωνικό κέντρο περιλαμβάνει κατά κανόνα περισσότερους από ένα αγωγούς: Τους δύο αγωγούς του κυκλώματος ομιλίας (μέσα από τους οποίους ρέουν τα ρεύματα ομιλίας κατά τη συνδιάλεξη) που χαρακτηρίζονται με τα γράμματα *a* και *b*, τον αγωγό δοκιμής *c* (που χρησιμοποιείται κατά τον έλεγχο ή τη δοκιμή όπως λέμε μιάς γραμμής για να διαπιστωθεί αν είναι ελεύθερη ή κατειλημένη), αγωγούς καθοδηγήσεως κυκλωμάτων κ.ο.κ. Έτσι ο επιλογέας συνδέει ταυτόχρονα δύο ή περισσότερους αγωγούς μιάς εισερχόμενης γραμμής με ισάριθμους αγωγούς μιάς εξερχόμενης γραμμής.

Για τη σύνδεση ενός εισερχόμενου με έναν εξερχόμενο αγωγό έχουν εφαρμοστεί μέχρι σήμερα δύο βασικές τεχνικές λύσεις:

Στην **πρώτη λύση** ο εισερχόμενος αγωγός είναι συνδεμένος στο άκρο ενός κινούμενου βραχίονα, ενώ οι εξερχόμενοι αγωγοί ξεκινούν από επαφικές θέσεις μονωμένες μεταξύ τους και ταξινομημένες σε ορισμένη απόσταση από το βραχίονα. Με τη βοήθεια ενός ηλεκτρομαγνητικού μηχανισμού καθοδηγείται ο βραχίονας στην κατάλληλη θέση επαφής και πραγματοποιεί τη σύνδεση των δύο αγωγών. Το σχήμα 1.3α δείχνει τη λύση αυτή για ένα **περιστροφικό επιλογέα**. Ο βραχίονας περιστρέφεται στην κατεύθυνση του βέλους και μπορεί να φθάσει οποιονδήποτε εξερχόμενο αγωνό.

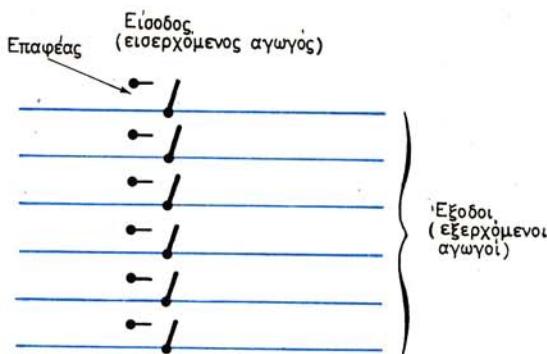


Σχ. 1.3α.
Αρχή λειτουργίας περιστροφικού επιλογέα.

Στη **δεύτερη λύση** ο εισερχόμενος αγωγός διασταυρώνεται με τους εξερχόμενους αγωγούς (σχ. 1.3β). Στα σημεία διασταυρώσεως υπάρχουν επαφείς, καθένας απ' τους οποίους μπορεί να ενεργοποιηθεί χωριστά από κατάλληλους μηχανισμούς. Ανάλογα με τον επαφέα που ενεργοποιείται συνδέεται ο εισερχόμενος με έναν εξερχόμενο αγωγό.

Σύμφωνα με την πρώτη λύση έχουν κατασκευαστεί οι **βηματοπορικοί** και οι **κινητηριακοί επιλογείς**, ενώ σύμφωνα με τη δεύτερη λύση οι **ραβδεπαφικοί επιλογείς**, που θα γνωρίσουμε πιο κάτω. Και στις δύο κατηγορίες επιλογέων μπορούμε να διακρίνουμε τρία βασικά τμήματα: την **επαφική έδρα**, το **ζευκτικό μέλος** και τον **κινητήριο μηχανισμό**.

Η **επαφική έδρα** ή **τράπεζα επαφών** περιλαμβάνει τις μονωμένες μεταξύ τους επαφικές θέσεις, στις οποίες συνδέονται οι εξερχόμενες γραμμές και ορισμένες



Σχ. 1.3ε.

Περιστροφικός επιλογέας με τρεις βραχίονες.

επαφικές θέσεις που χρησιμοποιούνται για τη λειτουργία του επιλογέα. Οι επαφικές θέσεις των εξερχομένων γραμμών ονομάζονται **έξοδοι** του επιλογέα.

Το **ζευκτικό μέλος** είναι το κινούμενο τμήμα του επιλογέα. Αποτελείται βασικά είτε από κινούμενους βραχίονες στους οποίους είναι συνδεμένοι οι αγωγοί της εισερχόμενης γραμμής (πρώτη κατηγορία επιλογέων), είτε από επαφείς και στελέχη που στρέφονται ελαφρά και τους ενεργοποιούν (δεύτερη κατηγορία επιλογέων). Η θέση, στην οποία σύνδεται η εισερχόμενη γραμμή, ονομάζεται **είσοδος** του επιλογέα.

Ο **κινητήριος μηχανισμός** μεταφέρει τους βραχίονες του ζευκτικού μέλους στην απαιτούμενη έξοδο ή κινεί τα στελέχη που ενεργοποιούν τους επαφείς.

Τα τρία βασικά τμήματα, επαφική έδρα, ζευκτικό μέλος και κινητήριος μηχανισμός, διαφέρουν σημαντικά στους διάφορους τύπους επιλογέων και χρησιμεύουν για τη διάκρισή τους. Έτσι ανάλογα με το **μέγεθος** της επαφικής έδρας ξεχωρίζομε επιλογείς με 10, 15, 25, 50, 100, 200 μέχρι και 500 εξόδους, που τους ονομάζομε ιδιαίτερα **δεκαμερείς, δεκαπενταμερείς, εικοσιπενταμερείς** κ.ο.κ.

Ανάλογα με την **τροχιά** που διαγράφει το ζευκτικό μέλος ξεχωρίζομε **περιστροφικούς επιλογείς**, που εκτελούν μια καθαρά κυκλική κίνηση σε μια κατεύθυνση, **υψοστροφικούς επιλογείς** με μια ευθύγραμμη κίνηση ανυψώσεως και μια κυκλική κίνηση περιστροφής, δηλαδή με δύο κατευθύνσεις κινήσεως και **ραβδεπαφικούς επιλογείς** χωρίς αξιόλογη κίνηση. Γενικά η κίνηση των επιλογέων μπορεί να είναι μεγάλης ή πολύ μικρής εκτάσεως, ευθύγραμμη ή κυκλική κίνηση ή συνδυασμός των δύο και να πραγματοποιείται σε ένα ή δύο επίπεδα.

Ανάλογα με τον **τρόπο κινήσεως** του επιλογέα ξεχωρίζομε επιλογείς με **ατομική κινησιδότηση** και επιλογείς με **κεντρική κινησιδότηση**. Στην πρώτη περίπτωση ο κάθε επιλογέας έχει αποκλειστικά δικό του ένα κινητήριο μηχανισμό (οι κινητηριακοί επιλογείς π.χ. ένα ατομικό ηλεκτροκινητήρα). Στη δεύτερη περίπτωση ορισμένος αριθμός επιλογέων παίρνει την κίνηση από ένα κεντρικό αξόνα κινητήρα, που περιστρέφεται συνεχώς. Με τον άξονα αυτόν συνδέεται το ζευκτικό μέλος του επιλογέα όσο διάστημα χρειάζεται για την καθοδήγησή του και κατόπιν αποσύνδεται.

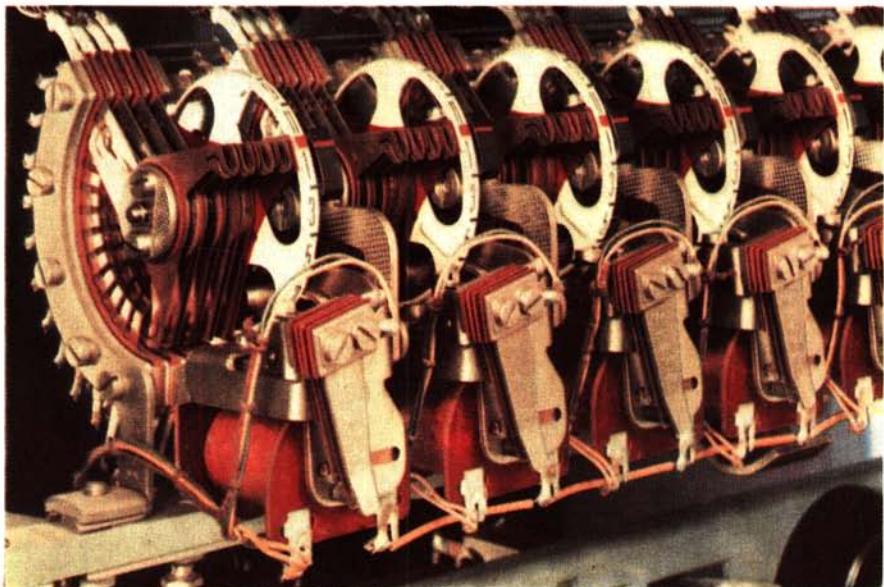
Η κίνηση τέλος, των βραχιόνων, διακρίνει τις δύο μεγάλες κατηγορίες των βηματοπορικών και κινητηριακών επιλογέων. Στους **βηματοπορικούς επιλογείς** η κίνηση πραγματοποιείται βήμα προς βήμα, είναι δηλαδή διακοπόμενη. Στους **κινητηριακούς επιλογείς**, αντίθετα, η κίνηση είναι σχεδόν συνεχής και ομαλή.

1.3.2 **Βηματοπορικοί επιλογείς.**

Στην Ελλάδα έχουν εισαχθεί δύο τύποι βηματοπορικών επιλογέων: ο **περιστροφικός** και ο **υψοστροφικός επιλογέας**.

— Περιστροφικός επιλογέας.

Ο βηματοπορικός περιστροφικός επιλογέας (σχ. 1.3γ) εκτελεί μία μόνο κυκλική κίνηση σε μια κατεύθυνση, βήμα προς βήμα. Το ζευκτικό μέλος και ο κινητήριος

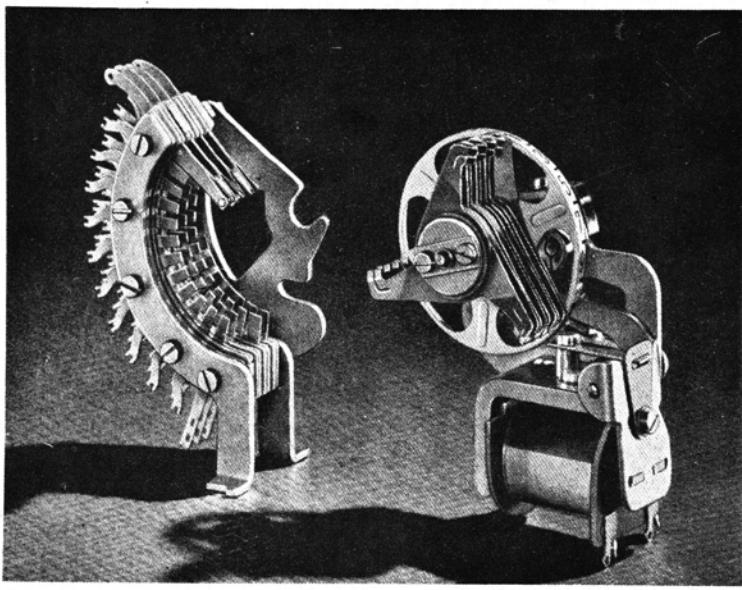


Σχ. 1.3γ.
Περιστροφικός επιλογέας.

μηχανισμός αποτελούν μια κατασκευαστική μονάδα, το **ζευκτικό μηχανισμό**, που μπορεί εύκολα να αποχωριστεί απ' την επαφική έδρα και να αντικατασταθεί, όταν ο επιλογέας είναι συναρμολογημένος στο τηλεφωνικό κέντρο (σχ. 1.3δ).

Η επαφική έδρα.

Η επαφική έδρα αποτελείται από **επαφικά ελάσματα** μονωμένα μεταξύ τους και τοποθετημένα σε τμήμα της περιφέρειας κύκλου το ένα δίπλα στο άλλο και σε περισσότερα επίπεδα, όπως φαίνεται παραστατικά στο σχήμα 1.3ε. Τα ελάσματα ενός επιπέδου σχηματίζουν ένα **τομέα επαφών**.

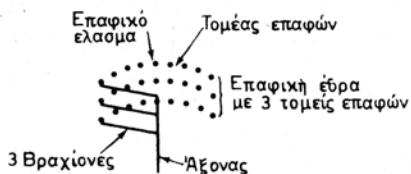


(a)

(b)

Σχ. 1.36.

Επαφική έδρα (a) και ζευκτικός μηχανισμός (β) περιστροφικού επιλογέα.



Σχ. 1.3a.

Περιστροφικός επιλογέας με τρεις βραχίονες.

Κάθε τομέας περιλαμβάνει ανάλογα με το μέγεθός του 10, 15 ή 25 εξόδους, στις οποίες συνδέονται με κόλληση οι εξερχόμενοι αγωγοί. Με κολλήσεις επίσης τοποθετούνται τα σύρματα, που συνδέουν τις αντίστοιχες εξόδους ορισμένου αριθμού επιλογέων, δηλαδή όλες τις εξόδους 1, όλες τις 2, τις 3 κ.ο.κ. των επιλογέων αυτών, σχηματίζοντας το λεγόμενο **πολλαπλασιαστικό πεδίο** (τη χρήση του πολλαπλασιαστικού πεδίου θα γνωρίσομε αργότερα).

Εκτός από τα ελάσματα των εξόδων υπάρχει σε κάθε τομέα επαφών ένα έλασμα στην αρχή, στο οποίο εφάπτονται οι βραχίονες, όταν δεν εργάζεται ο επιλογέας – ή **Θέση ηρεμίας** ή **μηδενική θέση** – και ένα έλασμα στο τέλος, στο οποίο φθάνουν οι βραχίονες, όταν δεν βρουν μια ελεύθερη γραμμή εξόδου για να συνδεθεί η είσοδος – ή **Θέση εκστροφής** – με τη βοήθεια του οποίου αποστέλλεται το σήμα κατειλημένου.

To ζευκτικό μέλος.

Το ζευκτικό μέλος περιλαμβάνει τους **βραχίονες** για τη σύνδεση των αγωγών εισόδου - εξόδου, τον **οδοντωτό τροχό** για τη μετάδοση της κινήσεως απ' τον κινη-

τήριο μηχανισμό στους βραχίονες και το **αριθμημένο τύμπανο**, που δείχνει, σε συνδυασμό με ένα δείκτη, την έξοδο στην οποία έχουν σταματήσει οι βραχίονες [σχ. 1.3δ (β) και 1.3θ].

Ο επιλογέας κατασκευάζεται συνήθως με **τρεις** βραχίονες στερεωμένους στον άξονα του οδοντωτού τροχού. Οι δύο βραχίονες συνδέουν τους αγωγούς ομιλίας a και b, ο τρίτος τον αγωγό δοκιμής c. Οι βραχίονες είναι μονωμένοι μεταξύ τους και συναρμολογημένοι ο ένας κάτω απ' τον άλλο. Σε κάθε βραχίονα αντιστοιχεί ένας τομέας επαφικών ελασμάτων (σχ. 1.3γ και 1.3ε). Επιλογέας δηλαδή με τρεις βραχίονες έχει τρεις τομείς ελασμάτων. Όι αγωγοί a, b και c μιάς εξερχόμενης γραμμής συνδέονται σε τρία κατακόρυφα ελάσματα των τριών τομέων με την ίδια οειρά που συνδέονται οι αγωγοί a, b και c της γραμμής εισόδου στους τρεις βραχίονες. Έτσι, όταν περιστρέφεται ο άξονας του επιλογέα ολισθαίνουν ταυτόχρονα οι βραχίονες επάνω στα επαφικά ελάσματα μιάς γραμμής και στη θέση που σταματούν αποκαθιστούν τη σύνδεση της γραμμής εισόδου με τη γραμμή εξόδου. Τους βραχίονες χαρακτηρίζομε με τα μικρά λατινικά γράμματα a, b, c κ.ο.κ. των αγωγών που συνδέουν.

Επειδή οι βραχίονες κινούνται σε μια μόνο κατεύθυνση, δεν μπορούν δηλαδή να κινηθούν και προς τα πίσω, για να επιστρέψουν στη θέση ηρεμίας από μία θέση εργασίας πρέπει να στραφούν στην ίδια κατεύθυνση. Για να μειωθεί ο δρόμος της επιστροφής και ο χρόνος που ο επιλογέας θα είναι έτοιμος να εξυπηρετήσει μια νέα σύνδεση, κατασκευάζονται οι βραχίονες με δύο ή τρία **σκέλη**. Αν η επαφική έδρα σχηματίζει ημικύκλιο (15/μερείς επιλογέις και άνω), χρησιμοποιούνται βραχίονες με δύο σκέλη, που απέχουν μεταξύ τους 180° [σχ. 1.3στ (α)]. Αν η επαφική έδρα κατέχει το 1/3 της περιφέρειας κύκλου (10/μερείς επιλογέις), χρησιμοποιούνται βραχίονες με τρία σκέλη μετατοπισμένα κατά 120° [σχ. 1.3στ (β)]. Έτσι όταν ένα σκέλος έχει φθάσει στη θέση εκστροφής, ένα άλλο σκέλος βρίσκεται ακριβώς εμπρός στη θέση πρεμίας, στην οποία φθάνει με το επόμενο βήμα.

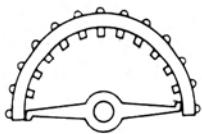
Ο αριθμός των εξόδων ενός ημικυκλικού περιστροφικού επιλογέα μπορεί να διπλασιαστεί τοποθετώντας μια δεύτερη επαφική έδρα χαμηλότερα απ' την πρώτη και μια δεύτερη ομάδα βραχιόνων. Η δεύτερη αυτή ομάδα βραχίονων είναι μετατοπισμένη κατά 180° σχετικά με την πρώτη ομάδα και βρίσκεται στο ίδιο ύψος με τη δεύτερη επαφική έδρα. Η γραμμή εισόδου είναι αγώγιμα συνδεμένη και με τις δύο ομάδες βραχιόνων. Στην αρχή ολισθαίνει η επάνω ομάδα βραχίονων στην επάνω επαφική έδρα, στην οποία είναι συνδεμένες π.χ. οι γραμμές εξόδου 1 ως 25. Κατόπιν ολισθαίνει η κάτω ομάδα βραχίονων στην κάτω επαφική έδρα, στην οποία βρίσκονται οι γραμμές εξόδου 26 ως 50. Το σχήμα 1.3ζ δείχνει τη διάταξη των βραχιόνων θεωρητικά και στην πράξη.

Οι βραχίονες του περιστροφικού επιλογέα κατασκευάζονται από μπρούντζο, ενώ τα ελάσματα της επαφικής έδρας από σκληρό χαλκό. Για να εξασφαλιστεί καλή επαφοδότηση, οι βραχίονες είναι σχισμένοι στο άκρο τους σχηματίζοντας δύο θέσεις επαφής (διπλή επαφή). Η επαφή αυτή περιβάλλει και απ' τις δύο πλευρές τους τα επαφικά ελάσματα (σχ. 1.3η). Όταν περιστρέφονται οι βραχίονες, τα επαφικά ελάσματα περνούν μέσα από τις σχισμές με αποτέλεσμα να πραγματοποιείται επαφή και στις δύο πλευρές κάθε ελάσματος.

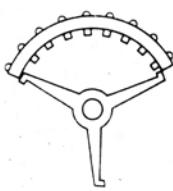
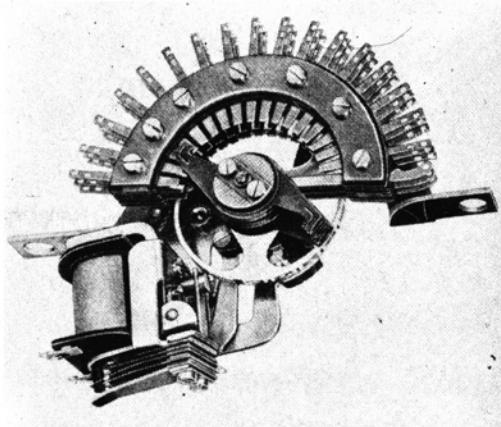
Ο κινητήριος μηχανισμός.

Ο κινητήριος μηχανισμός αποτελείται βασικά από τον **ηλεκτρομαγνήτη περι-**

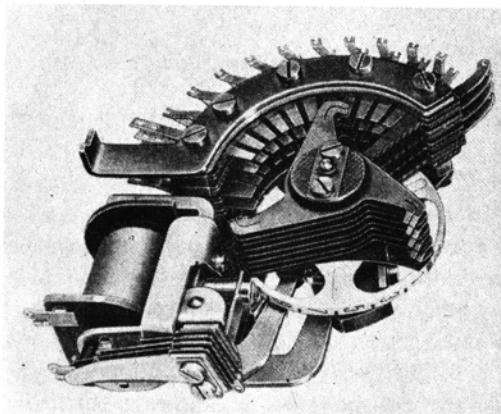




(a)



(β)

**Σχ. 1.3στ.**

Περιστροφικοί επιλογείς με βραχίονες δύο σκελών (α) και τριών σκελών (β).



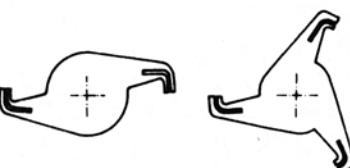
Θεωρητικά



Στην πράξη

Σχ. 1.3ζ.

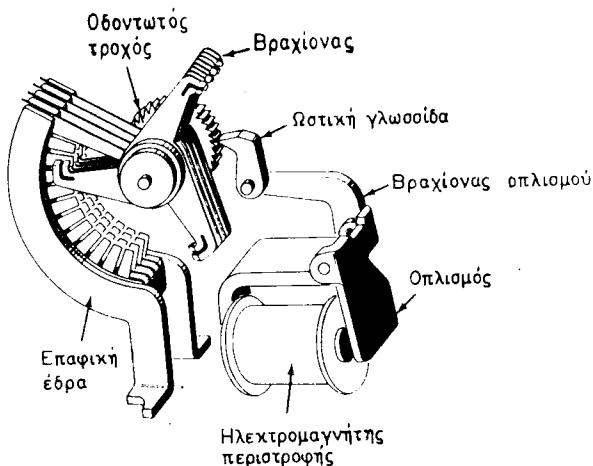
Διπλασιασμός των εξόδων ενός περιστροφικού επιλογέα με τρεις βραχίονες.

**Σχ. 1.3η.**

Βραχίονες με δύο θέσεις επαφής (διπλή επαφή).

στροφής με κύρια μέρη το μαγνητικό τύλιγμα επάνω σε πυρήνα, το ζύγωμα και τον οπλισμό. Ο οπλισμός επιμηκύνεται σε ένα βραχίονα προς την πλευρά του άξονα του ζευκτικού μέλους και φέρει στο άκρο του μια ωστική γλωσσίδα (σχ. 1.3θ).

Ο περιστροφικός επιλογέας καθοδηγείται με **παλμούς ρεύματος**. Ένας παλμός είναι ρεύμα πολύ μικρής διάρκειας, π.χ. 40 ms. Με κάθε παλμό πραγματοποιούν οι βραχίονες ένα βήμα. Έτσι, μετά από επτά π.χ. παλμούς βρίσκονται στην έβδομη έ-



Σχ. 1.30.

Μετάδοση της κινήσεως στον περιστροφικό επιλογέα.

ξόδο. Συγκεκριμένα, οι διαδοχικοί παλμοί σχηματίζουν **μία παλμοσειρά** που οδηγείται στο τύλιγμα του ηλεκτρομαγνήτη. Ο ηλεκτρομαγνήτης διεγείρεται με κάθε παλμό, έλκει τον οπλισμό του και αμέσως μετά αποδιεγείρεται. Η κίνηση του οπλισμού μεταδίδεται με τη βοήθεια του βραχίονα και της ωστικής γλωσσίδας στον οδοντωτό τροχό του ζευκτικού μέλους, με αποτέλεσμα να προχωρούν οι βραχίονες κατά ένα βήμα. Ένα φρακτικό ελατήριο (καστάνια), στερεωμένο στη βάση του ζευκτικού μηχανισμού, πέφτει διαδοχικά στις εσοχές του οδοντωτού τροχού και εμποδίζει μια στροφή του προς τα πίσω, όταν ο οπλισμός επιστρέφει στη θέση ηρεμίας.

Ο περιστροφικός επιλογέας μπορεί να πραγματοποιήσει 50 βήματα κατά μέγιστο το δευτερόλεπτο. Η ταχύτητα αυτή συνδυασμένη με τις σημαντικές τριβές των βραχιόνων στα επαφικά ελάσματα απαιτεί μεγάλη κατανάλωση ενέργειας για την κίνηση του επιλογέα. Γι' αυτό το λόγο το τύλιγμα του ηλεκτρομαγνήτη κατασκευάζεται με χαμηλή αντίσταση ($60\ \Omega$), συνδέεται κατ' ευθείαν σε τάση 60 V και διεγείρεται με 1 A . Η απορροφούμενη ισχύς είναι επομένως $60 \times 1 = 60\text{ W}$ και κατά πολύ μεγαλύτερη από την ισχύ ενός ρωστήρα, που δεν ξεπερνά τα 6 W . Ενώ όμως η φόρτιση του ρωστήρα είναι συνεχής, ο επιλογέας φορτίζεται για μικρό μόνο διάστημα, όσο διαρκεί η καθοδηγησή του στη θέση εργασίας (οδοθέτηση) και κατόπιν η επιστροφή του στη θέση ηρεμίας. Μετά την αποκατάσταση της συνδέσεως ο επιλογέας δεν απορροφά ισχύ.

Οι επαφείς του επιλογέα.

Η λειτουργία του επιλογέα εξυπηρετείται από ορισμένους επαφείς που ενεργοποιούνται μηχανικά από τον ίδιο τον επιλογέα. Οι σπουδαιότεροι από αυτούς είναι:

- Οι **επαφείς περιστροφής**, που μπαίνουν σε λειτουργία με τον οπλισμό του μαγνήτη σε κάθε βήμα του επιλογέα και χρησιμεύουν για να ανοίγουν και να κλείνουν διάφορα κυκλώματα.
- Οι **μηδενικοί επαφείς**, που κατευθύνονται από έκκεντρα και δείχνουν αν ο επιλογέας είναι στη θέση ηρεμίας ή έχει μπει σε λειτουργία.

Χρήση του επιλογέα.

Ο περιστροφικός επιλογέας χρησιμοποιείται βασικά σαν **προεπιλογέας**. Κάθε συνδρομητής έχει αποκλειστικά δικό του ένα προεπιλογέα, όπως θα γνωρίσομε λεπτομερειακά αργότερα, που τον συνδέει με ένα ελεύθερο οδικό επιλογέα.

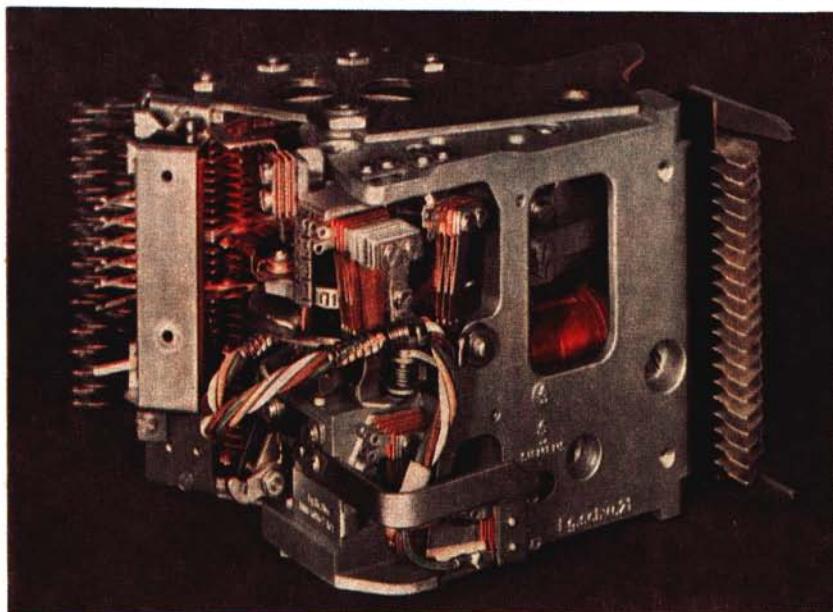
Μια άλλη χρήση του είναι η **ενταμίευση ψηφίων**, δηλαδή η συγκράτηση για όσο χρονικό διάστημα απαιτεί η επεξεργασία τους, των ψηφίων ενός αριθμού. Η έξοδος, στην οποία οδηγείται ο επιλογέας, χαρακτηρίζει το ψηφίο που έχει ενταμιεύτει.

— Υψοστροφικός επιλογέας.

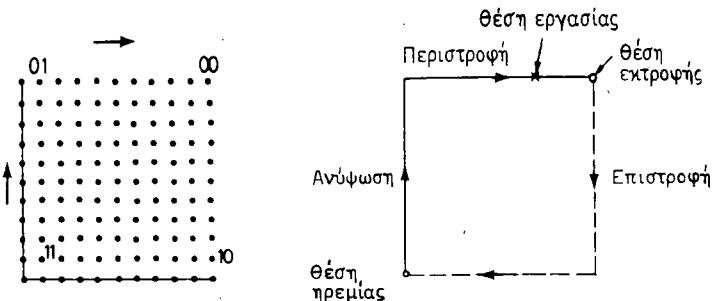
Οι βραχίονες του υψοστροφικού επιλογέα εκτελούν δύο διαφορετικές κινήσεις για να φθάσουν από τη θέση ηρεμίας στη θέση εργασίας: **ανυψώνονται** (ευθύγραμμη κίνηση) και **περιστρέφονται** (κυκλική κίνηση). Το ζευκτικό μέλος και ο κινητήριος μηχανισμός αποτελούν, όπως στον περιστροφικό επιλογέα, μια κατασκευαστική μονάδα (ζευκτικός μηχανισμός), που εύκολα μπορεί να αποχωριστεί από τον υπόλοιπο επιλογέα.

Η επαφική έδρα.

Ο υψοστροφικός επιλογέας είναι κατά κανόνα 100/μερής. Η επαφική του έδρα έχει 100 εξόδους, ταξινομημένες σε 10 επίπεδα των 10 εξόδων (δεκάδες). Μετά τη 10η έξοδο υπάρχει συνήθως μια 11η επαφική θέση, η θέση εκστροφής. Έτσι ο επιλογέας έχει συνολικά $10 \times 11 = 110$ επαφικά ελάσματα. Τα ελάσματα αυτά κατέχουν το 1/4 περίπου (90°) της επιφάνειας ορθού κυλίνδρου και είναι τοποθετημένα ακτινωτά (σχ. 1.3ι). Το εσωτερικό τους άκρο, στο οποίο πραγματοποιείται η



Σχ. 1.3ι.
Υψοστροφικός επιλογέας 100/μερής.



Σχ. 1.3ia.

100/μερής επαφική έδρα και κινήσεις των βραχιόνων του υψοστροφικού επιλογέα.

επαφή με τους βραχίονες, δείχνει προς τον άξονα του ζευκτικού μέλους, ενώ το εξωτερικό τους άκρο εξέχει πίσω από την επαφική έδρα και καταλήγει σε δύο ελασμάτια συγκολλήσεως (όρια συγκολλήσεως). Στο ένα ελασμάτιο συγκολλούνται οι εξερχόμενοι αγωγοί, στο άλλο οι αγωγοί του πολλαπλασιαστικού πεδίου.

Για την καθοδήγηση του υψοστροφικού επιλογέα σε μια συγκεκριμένη έξοδο απαιτούνται **δύο παλμοσειρές**. Η πρώτη σειρά ανυψώνει τους βραχίονες στην αντίστοιχη δεκάδα, ενώ η δεύτερη τους περιστρέφει στη δεκάδα αυτή και τους φέρνει στην αντίστοιχη έξοδο (θέση εργασίας) (σχ. 1.3ia). Αν π.χ. η πρώτη παλμοσειρά έχει 7 παλμούς και η δεύτερη 4, εκτελούν οι βραχίονες 7 βήματα ανυψώσεως και έρχονται στην αρχή της έβδομης δεκάδας, κατόπιν 4 βήματα περιστροφής στο επίπεδο της δεκάδας αυτής και φθάνουν στην έξοδο 4.

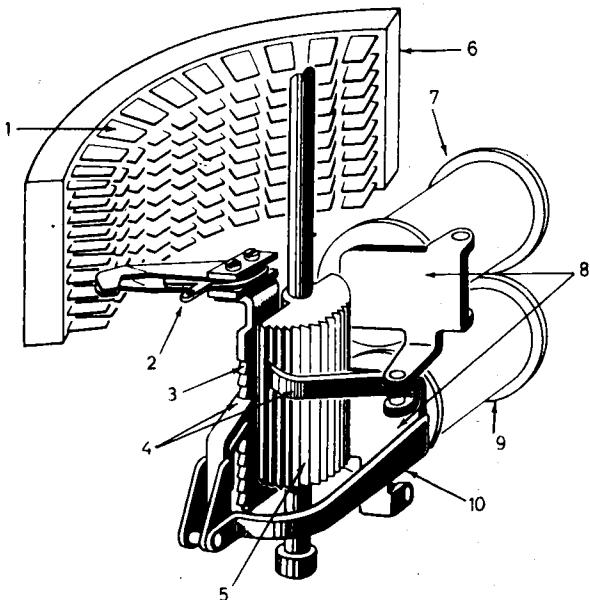
Για την επιστροφή στη θέση ηρεμίας κατά την απόλυση της συνδέσεως, περιστρέφονται οι βραχίονες συνέχεια επάνω στη δεκάδα, ξεπερνούν την τελευταία επαφική θέση (θέση εκστροφής) και πέφτουν κατακόρυφα, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.3ia. Αμέσως μετά επιστρέφουν με τη βοήθεια ενός ελατηρίου, που είχε τεντωθεί κατά την περιστροφική κίνηση, στη θέση ηρεμίας. Στη θέση αυτή βρίσκονται οι βραχίονες έξω από την επαφική έδρα.

Το ζευκτικό μέλος.

Το ζευκτικό μέλος περιλαμβάνει τους **βραχίονες** ή **ψήκτρες**, ένα **οδοντωτό κανόνια** για την ανύψωση και ένα **οδοντωτό τύμπανο** για την περιστροφή των βραχιόνων (σχ. 1.3ib). Ο επιλογέας έχει συνήθως τρεις βραχίονες κατασκευασμένους από διπλά μπρούντζινα ελάσματα. Σε κάθε βραχίονα, με τον οποίο είναι συνδεμένος ένας αγωγός της γραμμής εισόδου, αντιστοιχεί συνήθως μια επαφική έδρα με $10 \times 11 = 110$ επαφικά ελάσματα. Όπως οι βραχίονες είναι συναρμολογημένοι κατακόρυφα, έτσι και οι έδρες βρίσκονται η μια κάτω από την άλλη.

Ο κινητήριος μηχανισμός.

Για την κίνηση του επιλογέα χρησιμοποιούνται δύο ηλεκτρομαγνήτες (σχ. 1.3ib). Ο **μαγνήτης ανυψώσεως** ανυψώνει με τη βοήθεια του οδοντωτού κανόνα, στον οποίο μεταδίδεται η κίνηση του οπλισμού μέσω του βραχίονά του και της ωστικής γλωσσίδας, βήμα προς βήμα τους βραχίονες. Ο **μαγνήτης περιστροφής**



Σχ. 1.3ιβ.

Ζευκτικός μηχανισμός υψοστροφικού επιλογέα:

- 1) Επαφικό έλασμα.
- 2) Βραχίονας.
- 3) Οδοντωτός κανόνας.
- 4) Ωστική γλωσσίδα.
- 5) Οδοντωτό τύμπανο.
- 6) Επαφική έδρα.
- 7) Μαγνήτης περιστροφής.
- 8) Οπλισμός.
- 9) Μάγνητης ανυψώσεως.
- 10) Βραχίονες μαγνήτη.

μεταδίδει τις έλξεις του οπλισμού του στο οδοντωτό τύμπανο και εξαναγκάζει τους βραχίονες να περιστρέφονται βήμα προς βήμα.

Ο υψοστροφικός επιλογέας μπορεί να πραγματοποιήσει 40 βήματα περιστροφής κατά μέγιστο το δευτερόλεπτο. Η ταχύτητα ανυψώσεώς του είναι σημαντικά μικρότερη (10 βήματα περίπου ανά δευτερόλεπτο).

Οι επαφείς του επιλογέα.

Η λειτουργία του επιλογέα εξυπηρετείται από μια σειρά μηχανικών επαφέων, που ενεργοποιούνται από τον ίδιο στις διάφορες φάσεις της κινήσεώς του. Οι σπουδαιότεροι είναι:

- **Κεφαλικοί επαφείς:** Χαρακτηρίζουν την παραμονή του επιλογέα στη θέση ηρεμίας και την απομάκρυνσή του από αυτήν. Ενεργοποιούνται με το πρώτο βήμα ανυψώσεως.
- **Αξονικοί επαφείς:** Χαρακτηρίζουν την έναρξη της περιστροφικής κινήσεως του επιλογέα. Ενεργοποιούνται με το πρώτο βήμα περιστροφής.
- **Επαφείς εκστροφής:** Χαρακτηρίζουν το τέλος της περιστροφικής κινήσεως, όταν ο επιλογέας δεν έχει βρει ελεύθερη έξοδο. Ενεργοποιούνται με την άφιξη των βραχιόνων στη θέση εκστροφής.

Χρήση του επιλογέα.

Ο υψοστροφικός επιλογέας χρησιμοποιείται βασικά σαν **οδικός** και σαν **τελικός**.

επιλογέας στην αποκατάσταση μιάς συνδέσεως.

Σαν **οδικός επιλογέας** καθοδογείται στην ανύψωσή του από το συνδρομητή. Επιλέγει ο συνδρομητής το ψηφίο 7 με το δίσκο του, αποστέλλονται στον επιλογέα 7 παλμοί, που τον ανυψώνουν στην έβδομη δεκάδα. Η κίνησή του αυτή ονομάζεται **εξαναγκασμένη κίνηση** και η επιλογή **εξαναγκασμένη επιλογή**. Στη δεκάδα που έχει ανυψωθεί περιστρέφεται ο επιλογέας ώσπου να βρει μια ελεύθερη έξοδο, χωρίς να κατευθύνεται από το συνδρομητή, με τη βοήθεια παλμών, που δημιουργούνται από ένα ειδικό κύκλωμα. Η κίνησή του αυτή ονομάζεται **ελεύθερη κίνηση** και η επιλογή **ελεύθερη επιλογή**.

Σαν **τελικός επιλογέας** καθοδηγείται από το συνδρομητή, εκτός από την ανύψωση, και στην περιστροφική του κίνηση. Αφού ανυψωθεί με την επιλογή ενός ψηφίου στην αντίστοιχη δεκάδα, π.χ. την 7, επιλέγει ο συνδρομητής το επόμενο ψηφίο π.χ. το 3, που δημιουργεί τρεις παλμούς και τον καθοδηγεί στην αντίστοιχη έξοδο, δηλαδή την 3 της δεκάδας 7, ή την 73 του επιλογέα.

1.3.3 Κινητηριακός περιστροφικός επιλογέας με ευγενή μέταλλα (επιλογέας EMD)*.

Ο κινητηριακός επιλογέας εκτελεί μια μόνο περιστροφική κίνηση, όπως ο περιστροφικός επιλογέας που περιγράφαμε. Αντίθετα όμως μ' αυτόν, η κίνησή του δεν πραγματοποιείται βήμα προς βήμα με τη βοήθεια ηλεκτρομαγνήτη, βραχίονα και ωστικής γλωσσίδας, αλλά ομαλά και χωρίς διακοπές μέσω ενός ηλεκτροκινητήρα.

Το ζευκτικό μέλος και ο κινητήριος μηχανισμός αποτελούν και στον κινητηριακό επιλογέα μια κατασκευαστική μονάδα, τον **πορειακό μηχανισμό**, που εύκολα συναρμολογείται στην επαφική έδρα.

Η ονομασία «επιλογέας με ευγενή μέταλλα» προέρχεται από το ότι ορισμένες επαφικές θέσεις του επιλογέα είναι επιστρωμένες με ευγενές μέταλλο.

Η επαφική έδρα.

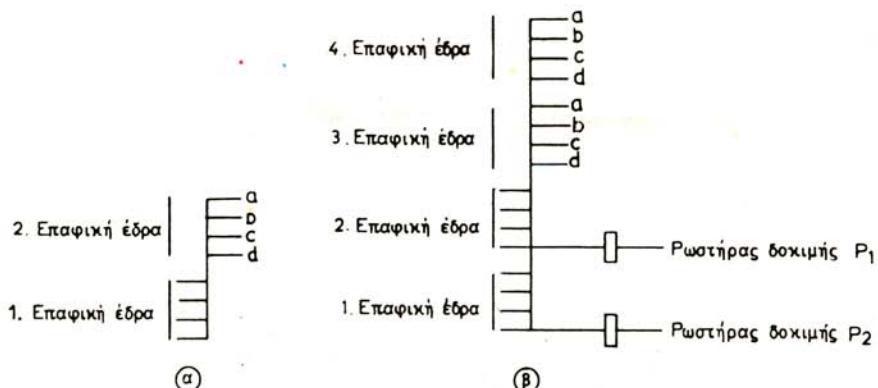
Η επαφική έδρα κατασκευάζεται με 57×4 επαφικές θέσεις τοποθετημένες ημικυκλικά σε 4 επίπεδα των 57 θέσεων. Από τις θέσεις αυτές 56×4 μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη σύνδεση 56 εξερχομένων γραμμών. Σε κάθε γραμμή αντιστοιχούν 4 κατακόρυφες επαφικές θέσεις που εξυπηρετούνται από μια ομάδα τεσσάρων κατακόρυφα συναρμολογημένων βραχιόνων.

Μια δεύτερη επαφική έδρα επάνω από την πρώτη, με την ομάδα των βραχιόνων της μετατοπισμένη κατά 180° σχετικά με τους βραχίονες της κάτω έδρας, δίνει ένα επιλογέα με $2 \times 56 = 112$ εξόδους. Στην πρώτη έδρα συνδέονται οι γραμμές 1 ως 56, τις οποίες ελέγχει η κάτω ομάδα βραχιόνων, στη δεύτερη έδρα οι γραμμές 57 ως 112, οι οποίες ελέγχονται αιμέσως μετά από την επάνω ομάδα βραχιόνων [σχ. 1.3ιγ (α)].

Τέσσερις επαφικές έδρες με τέσσερις ομάδες βραχιόνων σχηματίζουν ένα επιλογέα $56 \times 4 = 224$ εξόδων. Στην περίπτωση αυτή δύο ομάδες βραχιόνων ελέγχουν **ταυτόχρονα** δύο εξερχόμενες γραμμές για να διαπιστώσουν αν είναι ελεύθερες ή κατειλημμένες [σχ. 1.3ιγ (β)]. Ο ρωστήρας δοκιμής P_1 ή P_2 της ομάδας που

*EMD από τα αρχικά των γερμανικών λέξεων Edelmetall — Motor — Drehwähler.

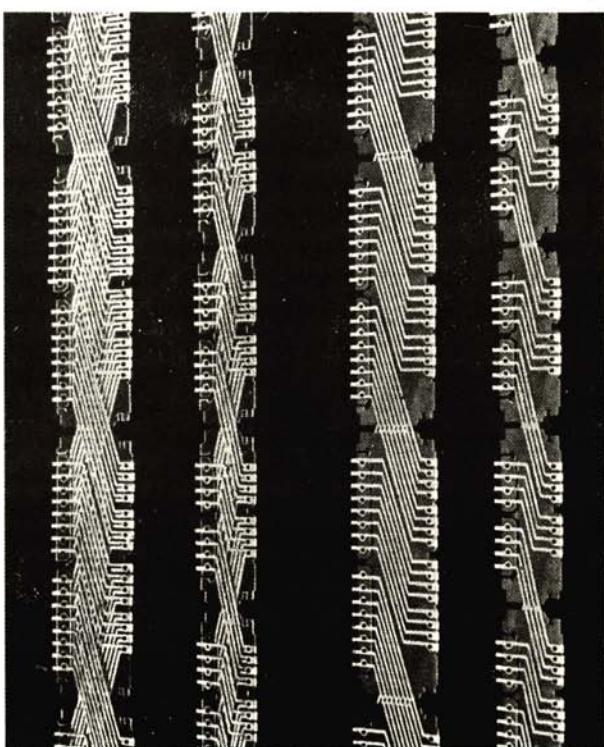


**Σχ. 1.3ιγ.**

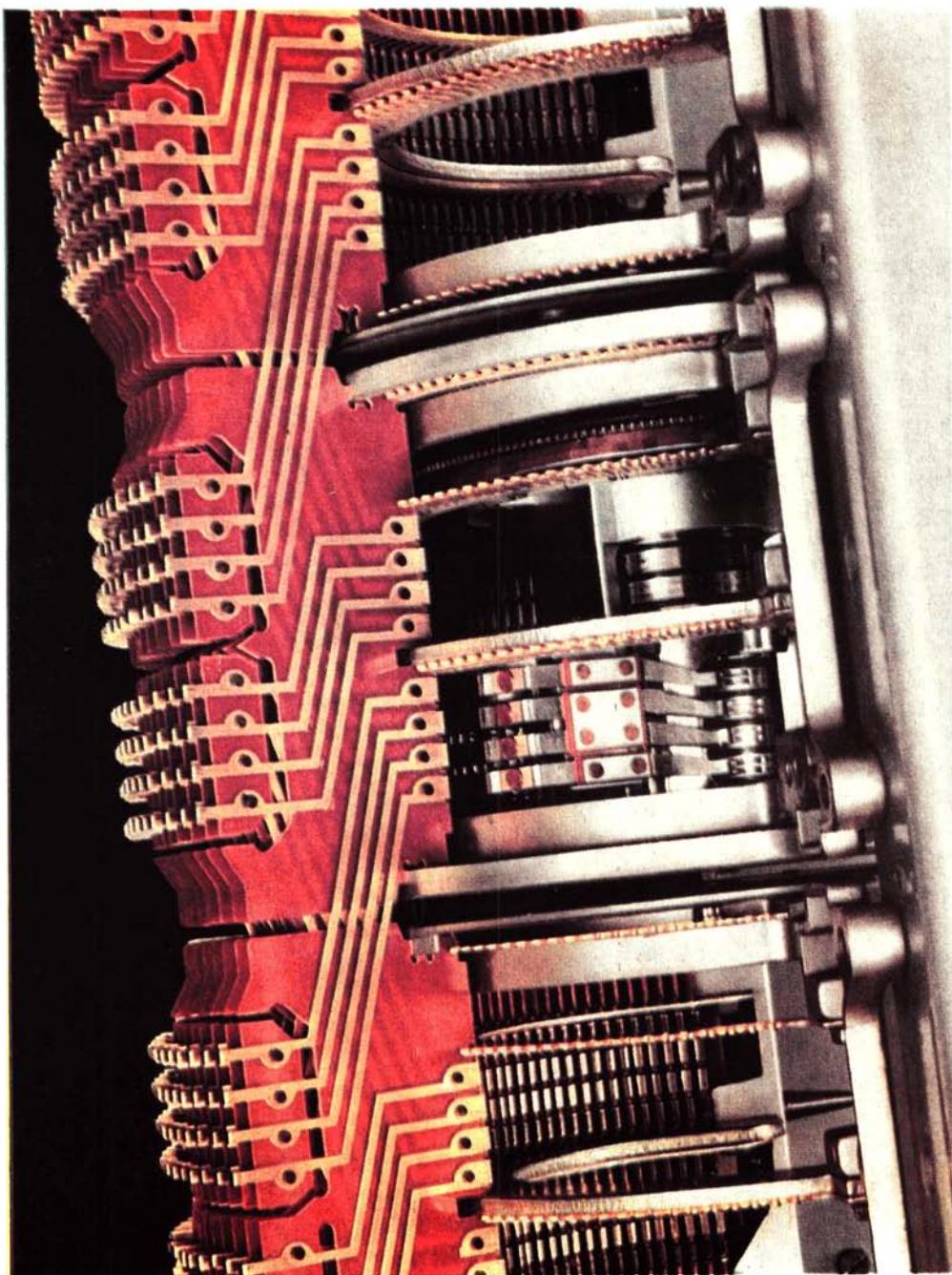
Διάταξη των βραχιόνων στον επιλογέα EMD:

- α) Επιλογέας 112 εξόδων. β) Επιλογέας 224 εξόδων.

συναντά πρώτη μια ελεύθερη γραμμή, διεγέρεται και προκαλεί το σταμάτημα του επιλογέα. Μέσω της ομάδας αυτής των βραχιόνων συνδέεται η εισερχόμενη με την εξερχόμενη γραμμή. Αν ταυτόχρονα και οι δύο ομάδες βραχιόνων συναντή-

**Σχ. 1.3ιδ.**

Λουρίδες πολλαπλασιαστικού πεδίου του επιλογέα EMD.



Σχ. 1.31ε.
Επαφική έδρα του επιλογέα ΕΜΔ.

σουν δύο ελεύθερες γραμμές, διεγέρονται και οι δύο ρωστήρες P_1 , P_2 . Ο ένας όμως ρωστήρας έχει προτεραιότητα και αμέσως μετά αποσυνδέει τον άλλο. Όταν τελειώσει ο έλεγχος των γραμμών των εδρών 1 και 2, αρχίζει ο έλεγχος των γραμμών των εδρών 3 και 4 από τις άλλες δύο ομάδες βραχιόνων, που είναι μετατοπισμένες σχετικά με τις πρώτες κατά 180° .

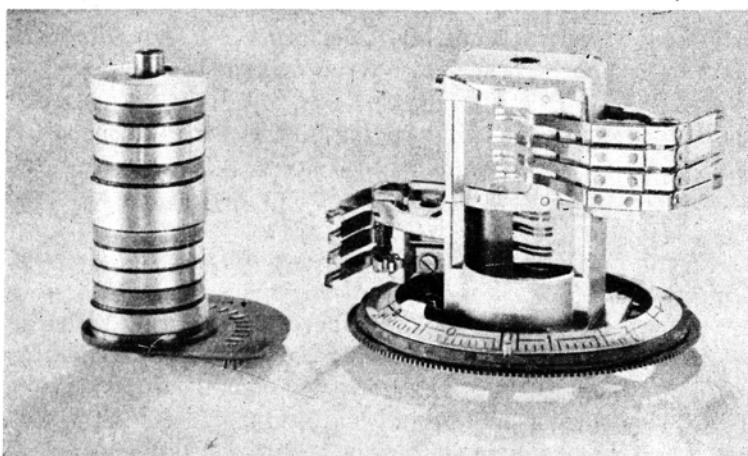
Η επαφική έδρα του κινητηριακού επιλογέα με ευγενή μέταλλα διαφέρει σημαντικά από την έδρα του κοινού περιστροφικού επιλογέα. Συγκεκριμένα, δεν αποτελείται από ελάσματα τοποθετημένα σε στρώσεις, στα οποία συγκολλούνται τα σύρματα του πολλαπλασιαστικού πεδίου, αλλά από **πλάκες** μονωτικού υλικού, επάνω στις οποίες είναι στερεωμένες λεπτές ορειχάλκινες λουρίδες (σχ. 1.3ιδ).

Για τη συναρμολόγηση των πλακών χρησιμοποιούνται πλαίσια από αλουμίνιο (σχ. 1.3ιε). Κάθε πλαίσιο περιλαμβάνει ημικυκλικούς οδοντωτούς τομείς. Οι πλάκες στερεώνονται ακτινωτά στις εσοχές των τομέων και σχηματίζουν την **επαφική έδρα** των επιλογέων με τις επαφικές θέσεις στο εσωτερικό του πλαισίου και το **πολλαπλασιαστικό πεδίο** στο εξωτερικό. Ο χώρος μεταξύ δύο μεγάλων οδοντωτών τομέων ανήκει σε ένα επιλογέα.

To ζευκτικό μέλος.

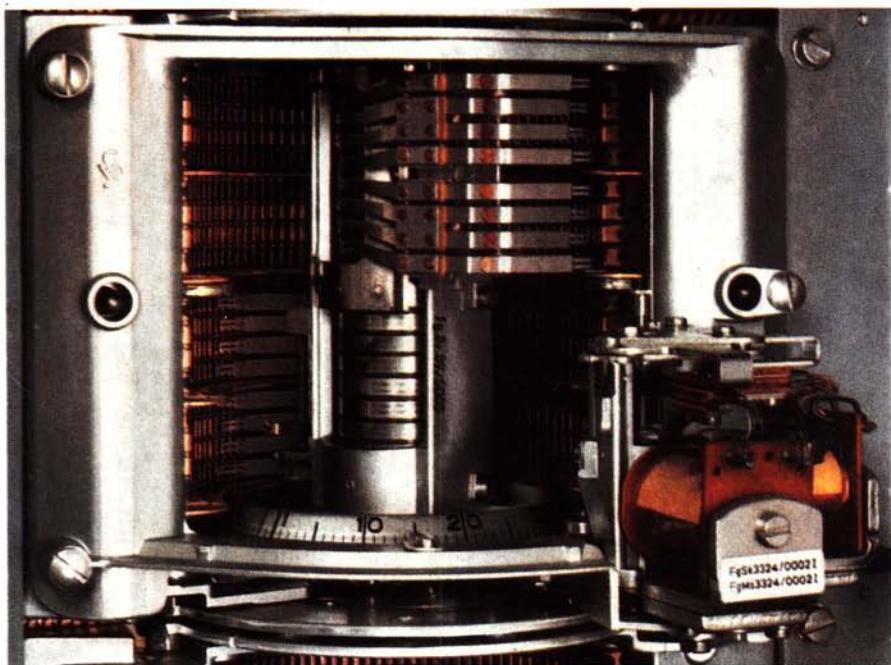
Το σχήμα 1.3ιστ δείχνει αναλυτικά το ζευκτικό μέλος ενός επιλογέα 112 εξόδων. Οι δύο ομάδες βραχιόνων είναι στερεωμένες επάνω σ' ένα φορέα από αλουμίνιο. Στη βάση του φορέα βρίσκεται ο μεγάλος οδοντωτός τροχός, μέσω του οποίου μεταβιβάζεται η κίνηση από τον κινητήριο μηχανισμό στους βραχίονες. Επάνω από τον τροχό είναι τοποθετημένος ένας δακτύλιος με τους αριθμούς των εξόδων, ώστε να μπορεί να διαπιστωθεί σε ποιά έξοδο έχουν τοποθετηθεί οι βραχίονες. Στη βάση του φορέα βρίσκονται επίσης, χωρίς να φαίνονται στο σχήμα, δύο εκκεντροφόροι δίσκοι που κατευθύνουν τη λειτουργία ειδικών επαφέων του επιλογέα (μηδενικοί επαφείς, επαφείς εκστροφής κλπ.).

Στον άξονα του φορέα των βραχιόνων εφαρμόζεται σταθερά ένας κύλινδρος



Σχ. 1.3ιστ.

Ζευκτικό μέλος επιλογέα EMD τεσσάρων βραχιόνων.



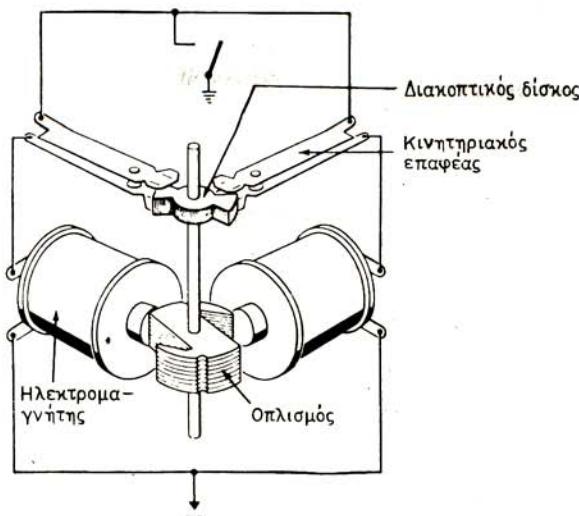
Σχ. 1.3ιζ.

Σευκτικό μέλος και επαφική έδρα του επιλογέα EMD τεσσάρων βραχιόνων.

από μονωτικό υλικό, επάνω στον οποίο είναι τοποθετημένα μεταλλικά δακτυλίδια. Τα δακτυλίδια συνδέονται στους αγωγούς της γραμμής εισόδου και χρησιμεύουν για την προσαγωγή των ρευμάτων των αγωγών αυτών στους βραχίονες. Όταν περιστρέφεται ο φορέας των βραχιόνων γύρω στον άξονά του, ολισθαίνουν οι βραχίονες με το ένα άκρο τους επάνω στα δακτυλίδια και με το άλλο άκρο επάνω στις επαφικές θέσεις της επαφικής έδρας (σχ. 1.3ιστ και 1.3ιζ). Για να εξασφαλιστεί καλή επαφοδότηση, οι βραχίονες είναι σχισμένοι στο άκρο τους σχηματίζοντας **θέση διπλής επαφής**.

Από τους τέσσερις βραχίονες μιας ομάδας οι δύο μεσαίοι συνδέονται στους αγωγούς ομιλίας a και b. Οι βραχίονες αυτοί είναι επιστρωμένοι στα άκρα τους με ευγενές μέταλλο και δεν εφάπτονται στην κατάσταση ηρεμίας και κατά τη διάρκεια της κινήσεως του επιλογέα στα δακτυλίδια και στις επαφικές θέσεις της έδρας. Έτσι αποφεύγεται η φθορά των βραχιόνων και η μεταβίβαση παρασίτων στους αγωγούς ομιλίας. Όταν φθάσει η ομάδα των βραχιόνων στη θέση εργασίας, έλκονται οι βραχίονες με τη βοήθεια ηλεκτρομαγνήτη και πραγματοποιείται η επαφή των βραχιόνων με τα δακτυλίδια και τις επαφικές θέσεις. Κάθε ομάδα βραχιόνων έχει δικό της ηλεκτρομαγγήτη τοποθετημένο στο εσωτερικό του κυλίνδρου με τα δακτυλίδια.

Οι δύο εξωτερικοί βραχίονες των αγωγών δοκιμής και καθοδηγήσεως δεν είναι επιστρωμένοι με ευγενές μέταλλο και ολισθαίνουν συνεχώς στην εσωτερική επιφάνεια της επαφικής έδρας και επάνω στα δακτυλίδια.

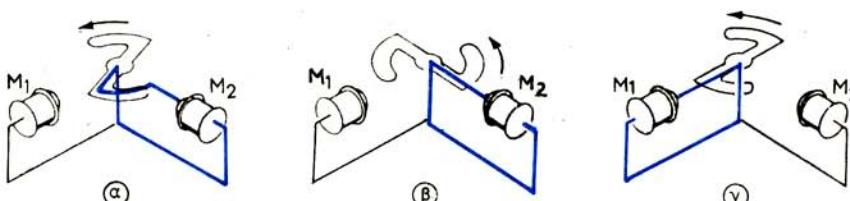


Σχ. 1.3ιη.
Αρχή λειτουργίας του ηλεκτροκινητήρα του επιλογέα EMD.

Ο κινητήριος μηχανισμός

Βασικό στοιχείο του κινητήριου μηχανισμού είναι ο **ηλεκτροκινητήρας** (σχ. 1.3ιη). Ο κινητήρας τροφοδοτείται με συνεχές ρεύμα και αποτελείται από δύο ηλεκτρομαγνήτες τοποθετημένους σε άξονες κάθετους ο ένας στον άλλο, που σχηματίζουν το στάτη, και από ένα οπλισμό χωρίς τύλιγμα, που χρησιμεύει σαν ρότορας. Η περιστροφή του οπλισμού κατευθύνεται από τον ίδιο τον επιλογέα με δύο επαφέις, τους **κινητηριακούς επαφέις**, που λειτουργούν με τη βοήθεια διακοπτικού δίσκου τοποθετημένου στον άξονα οπλισμού.

Οι επαφέις συνδέουν διαδοχικά τους ηλεκτρομαγνήτες στο κύκλωμα τροφοδοτήσεως, ώστε ο οπλισμός έλκεται στην αρχή από τον ένα μαγνήτη, κατόπιν από τον άλλο, μετά πάλι από τον πρώτο κ.ο.κ. με αποτέλεσμα να περιστρέφεται. Για να εξασφαλιστεί ομαλή κίνηση του οπλισμού στην ίδια πάντοτε φορά, κάθε κύριος πόλος του έχει ένα βοηθητικό πόλο προς την κατεύθυνση της περιστροφής. Όταν περάσει ρεύμα από ένα πηνίο, π.χ. το M_2 , η μαγνητική ροή κλείνει όπως φαίνεται στο σχήμα 1.3ιθ (α). Για να μειωθεί όσο είναι δυνατόν η αντίσταση του μαγνητικού κυκλώματος, έλκεται ο κύριος πόλος και ο οπλισμός έρχεται στη θέση του

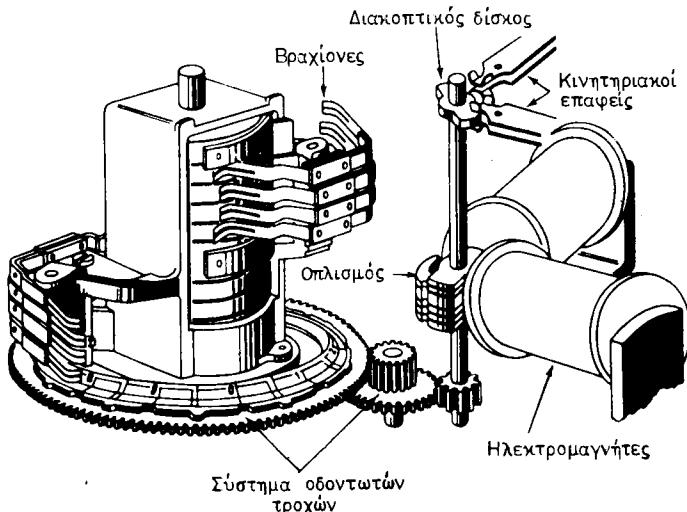


Σχ. 1.3ιθ.
Ερμηνεία της κινήσεως του οπλισμού του επιλογέα EMD.

σχήματος 1.3ιθ (β) στην οποία οι μαγνητικές γραμμές έχουν τη μικρότερη δυνατή διαδρομή και η μαγνητική ροή τη μεγαλύτερη τιμή (κάθε μαγνητικό κύκλωμα έχει την τάση να μειώνει κατά το δυνατόν την αντίστασή του). Την επόμενη στιγμή διακόπτεται το κύκλωμα του M_2 και κλείνει το κύκλωμα του M_1 . Ο μαγνήτης M_1 , έλκει τώρα τον οπλισμό του, όπως προηγουμένως ο μαγνήτης M_2 , και έρχεται στη θέση του σχήματος 1.3ιθ (γ). Έτσι από την αρχική του θέση ο οπλισμός στράφηκε κατά 90°.

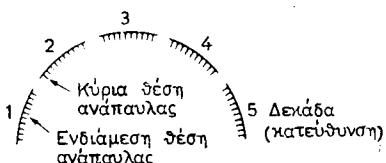
Η ταχύτητα περιστροφής του οπλισμού ανέρχεται σε 3000 στροφές το λεπτό. Η ταχύτητα αυτή μειώνεται σε 160 ως 180 βήματα των βραχιόνων το λεπτό, μέσω ενός συστήματος οδοντωτών τροχών, που μεταβιβάζει την κίνηση από τον άξονα του κινητήρα στο ζευκτικό μέλος (σχ. 1.3κ) (160 ως 180 βήματα εκτελεί ο επιλογέας στη **δεκαδοπορεία**, που θα γνωρίσουμε στη συνέχεια, ενώ στη **μοναδοπορεία** εκτελεί 130 ως 150 βήματα το λεπτό). Στροφή του οπλισμού κατά 90° αντιστοιχεί σε ένα βήμα των βραχιόνων από επαφική θέση σε επαφική θέση της επαφικής έδρας. Για να σταματήσει ο επιλογέας, διοχετεύεται ρεύμα **ταυτόχρονα** και στους δύο ηλεκτρομαγνήτες.

Η οδοθέτηση του επιλογέα από το συνδρομητή κατά την επιλογή με **εξαναγκασμένη κίνηση** πραγματοποιείται με τον εξής τρόπο: Το σχήμα 1.3κα δείχνει ένα τομέα επαφικών θέσεων της επαφικής έδρας του κινητηριακού επιλογέα με τις δεκάδες 1 ως 5. Οι δεκάδες 6 ως 10 βρίσκονται στη δεύτερη επάνω έδρα και εξυπηρε-



Σχ. 1.3κ.

Μετάδοση της κινήσεως στους βραχίονες του επιλογέα EMD.



Σχ. 1.3κα.
Τομέας επαφικών θέσεων
της επαφικής έδρας του επιλογέα EMD.

τούνται από τη δεύτερη ομάδα βραχίονων. Αν κατά την επιλογή της δεκάδας επιλέξει ο συνδρομητής π.χ. το ψηφίο 4, θα πρέπει οι βραχίονες να βρίσκονται μετά το τέλος του τέταρτου παλμού στην αρχή της τέταρτης δεκάδας. Αυτό επιτυγχάνεται με ειδική κίνηση του επιλογέα, τη **δεκαδοπορεία**, στην οποία οι βραχίονες διανύουν με ένα παλμό **δέκα** επαφικές θέσεις. Επειδή ένας παλμός διαρκεί περισσότερο από όσο χρειάζεται για να διανυθεί μια δεκάδα, έχει προβλεφτεί να σταματούν οι βραχίονες σε μια ενδιάμεση επαφική θέση της προηγούμενης δεκάδας (κατά κανόνα στο έκτο βήμα), που ονομάζεται **ενδιάμεση θέση ανάπαυλας**, και να περιμένουν εδώ το τέλος του παλμού. Αμέσως μετά και μέχρι να φθάσει ο επόμενος παλμός συνεχίζουν την πορεία τους και φθάνουν στην αρχή της δεκάδας που έχει επιλεγεί, π.χ. της τέταρτης δεκάδας, που χαρακτηρίζεται **κύρια θέση ανάπαυλας**.

Μετά την επιλογή της δεκάδας αναζητεί ο επιλογέας μια ελεύθερη γραμμή μέσα στη δεκάδα (ελεύθερη επιλογή) ή καθοδηγείται με ένα δεύτερο ψηφίο, π.χ. το ψηφίο 3, με εξαναγκασμένη κίνηση, στην τρίτη επαφική θέση της δεκάδας αυτής. Η κίνησή του αυτή ονομάζεται **μοναδοπορεία**. Αμέσως μετά τη δεκαδοπορεία ρυθμίζονται οι ρωστήρες του επιλογέα για τη μοναδοπορεία. Η **ελεύθερη κίνηση** του επιλογέα επιτυγχάνεται διοχετεύοντας στον κινητήρα συνεχώς ρεύμα μέχρι να βρουν οι βραχίονες μια ελεύθερη γραμμή εξόδου ή να φθάσουν στη θέση εκστροφής.

Οι επαφείς του επιλογέα.

Οι σπουδαιότεροι επαφείς του κινητηριακού επιλογέα είναι:

- **Οι κινητηριακοί επαφείς m_1 και m_2** για την καθοδήγηση των ηλεκτρομαγνητών του κινητήρα που γνωρίσαμε πιο πάνω.
- **Οι μηδενικοί επαφείς m_0** που ενεργοποιούνται μόλις εγκαταλείψει ο επιλογέας τη μηδενική του θέση. Η κατάστασή τους δείχνει αν ο επιλογέας βρίσκεται σε θέση ηρεμίας ή εργασίας.

Χαρακτηριστικά και χρήση του κινητηριακού επιλογέα.

Ο επιλογέας οδοθετείται σε ελάχιστο χρόνο χάρη στη μεγάλη του ταχύτητα. Κινείται ομαλά, χωρίς κραδασμούς και γι' αυτό φθείρεται πολύ λίγο. Απαιτεί ελάχιστη συντήρηση. Έχει μεγάλο αριθμό εξόδων με δυνατότητα συνδέσεως πλήθους εξερχομένων γραμμών. Έχει μεγάλο αριθμό βραχίονων (μέχρι 8 βραχίονες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη σύνδεση δύο γραμμών). Το πολλαπλασιαστικό του πεδίο δεν απαιτεί κολλήσεις.

Στον υψοστροφικό επιλογέα η διαίρεση των «δεκάδων» είναι προκαθορισμένη από την κατασκευή του. Έχει δέκα επίπεδα με δέκα εξόδους το καθένα (δεκάδες). Στον κινητηριακό επιλογέα, αντίθετα, μπορούμε να ρυθμίσουμε κατά βούληση τον αριθμό των «δεκάδων» και των επαφικών θέσεων κάθε μιάς «δεκάδας» και ακόμα εύκολα να τον μεταβάλλουμε με αλλαγή της ηλεκτρικής σημαδεύσεως, όπως θα γνωρίσουμε αργότερα. (Πρέπει να σημειωθεί, ότι με τον όρο «δεκάδα» χαρακτηρίζεται εδώ μια **κατεύθυνση** του επιλογέα, που μπορεί να περιλαμβάνει λιγότερες ή περισσότερες από δέκα γραμμές).

Ο κινητηριακός επιλογέας εκτελεί όλες τις εργασίες του περιστροφικού και υψοστροφικού επιλογέα. Έτσι χρησιμοποιείται σαν κλησιθήρας, οδικός και τελικός

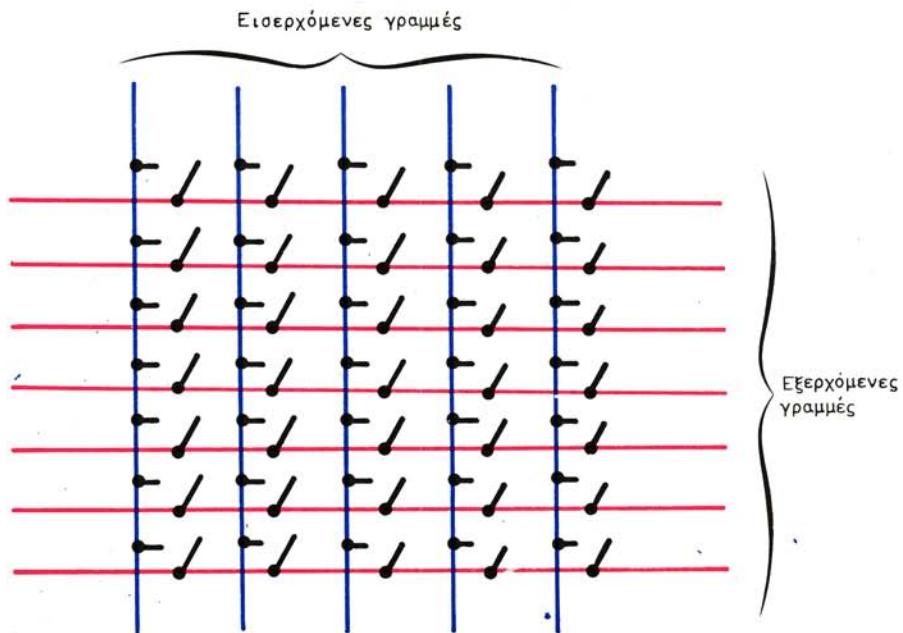
επιλογέας. Επίσης χρησιμοποιείται λόγω των δυνατοτήτων του σε πιο ειδικές περιπτώσεις, όπως σαν κατευθυντικός επιλογέας στην υπεραστική τηλεπιλογή.

1.3.4 Ραβδεπαφικός επιλογέας.

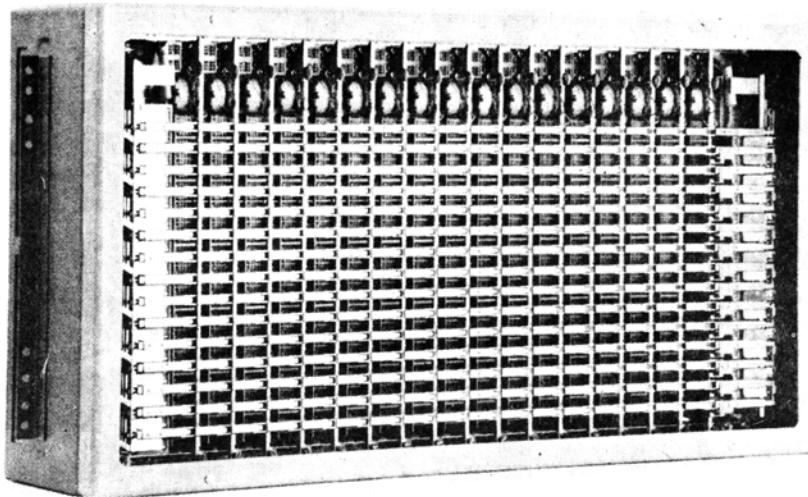
Ο ραβδεπαφικός επιλογέας διαφέρει βασικά στην κατασκευή του από το βηματοπορικό και κινητηριακό επιλογέα. Η λειτουργία του στρέβεται στην αρχή που δείχνει το σχήμα 1.3κβ και που περιγράψαμε σύντομα στα γενικά περί επιλογέων στην αρχή του κεφαλαίου. Η εισερχόμενη γραμμή δεν είναι συνδεμένη στο άκρο ενός κινούμενου βραχίονα, που καθοδηγείται στην κατάλληλη έξοδο, αλλά διασταυρώνεται με τις εξερχόμενες γραμμές. Οι επαφείς, που βρίσκονται σε κάθε σημείο διασταυρώσεως, συνδέουν, όταν ενεργοποιηθούν, τους αγωγούς μιάς εισόδου με τους αντίστοιχους αγωγούς μιάς εξόδου. Η διάταξη αυτή ισοδυναμεί με ένα περιστροφικό επιλογέα ίσου αριθμού εξόδων.

Στην πράξη τοποθετούνται περισσότερες εισερχόμενες γραμμές παράλληλα μεταξύ τους και κάθε μια μπορεί να συνδεθεί με οποιαδήποτε εξερχόμενη γραμμή μέσω του αντίστοιχου επαφέα, στο σημείο διασταυρώσεως, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.3κβ. Έτσι σχηματίζεται μια διάταξη που ονομάζεται γενικά **ζευκτικό πεδίο** ή **ζευκτική μήτρα**. Ένα ζευκτικό πεδίο με 10 π.χ. εισερχόμενες γραμμές αντιστοιχεί σε 10 περιστροφικούς επιλογέας. Ο ραβδεπαφικός επιλογέας δεν είναι, επομένως, ένας ανεξάρτητος επιλογέας αλλά μια ομάδα επιλογέων. Γι αυτό και μια κατασκευαστική μονάδα του επιλογέα αυτού ονομάζεται **ραβδεπαφικό πλαίσιο**.

Το σχήμα 1.3κγ δείχνει ένα ραβδεπαφικό πλαίσιο με 17 εισόδους και 56 εξόδους. Η ενεργοποίηση των επαφέων πραγματοποιείται με οριζόντιες και κάθετες



Σχ. 1.3κβ.
Ζευκτικό πεδίο.



Σχ. 1.3κγ.

Ραβδεπαφικό πλαίσιο με 17 εισόδους και 56 εξόδους.

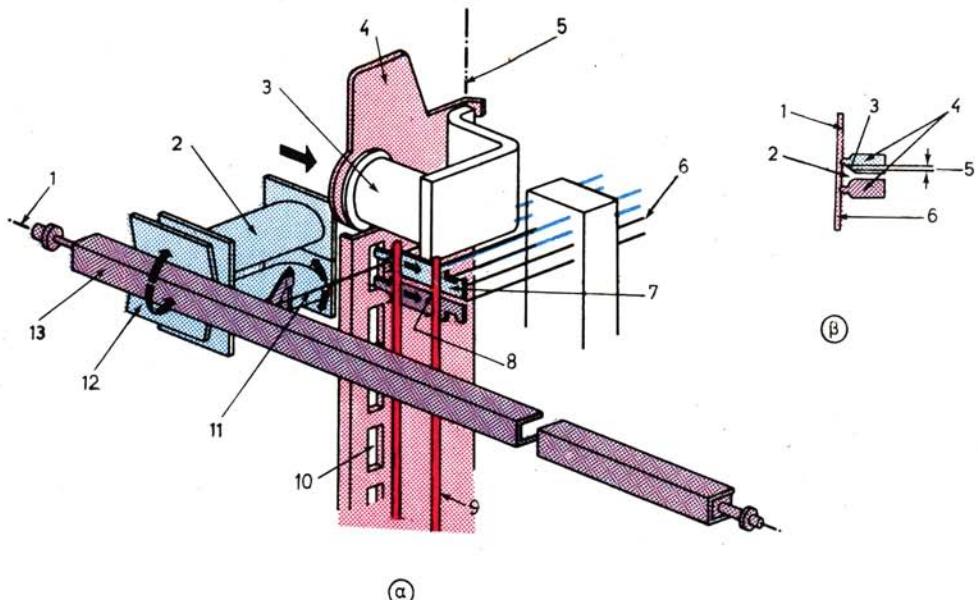
ράβδους, που στρέφονται ελάχιστα γύρω από τον άξονά τους με τη βοήθεια ηλεκτρομαγνητών τοποθετημένων στα άκρα τους και ωθούν ζευκτικά στελέχη. Στο σχήμα 1.3κγ διακρίνονται 17 κάθετες ράβδοι, που ονομάζονται πιο ειδικά **γέφυρες** και 15 οριζόντιες ράβδοι. Οι οπλισμοί των ηλεκτρομαγνητών, που κινούν τις γέφυρες, φαίνονται καθαρά στο επάνω μέρος του πλαισίου, ενώ οι οπλισμοί των οριζόντιων ράβδων διακρίνονται στα άκρα του πλαισίου (οι μαγνήτες 8 ράβδων από τις 15 είναι τοποθετημένοι αριστερά, οι υπόλοιποι 7 στα δεξιά του πλαισίου). Κάθε γέφυρα έχει ένα μαγνήτη και μπορεί να στραφεί σε μια μόνο κατεύθυνση, ενώ κάθε οριζόντια ράβδος έχει δύο μαγνήτες και μπορεί να στραφεί σε δύο κατεύθυνσεις.

Η ενεργοποίηση των επαφών.

Για την ενεργοποίηση ενός επαφέα σ' ένα σήμειο διασταυρώσεως στρέφεται πρώτα η ράβδος και αμέσως μετά η γέφυρα του σήμειού αυτού (σχ. 1.3κδ). Ανάλογα με τη στροφή της ράβδου προς τα επάνω ή προς τα κάτω, ένα σύρμα από ελατηριακό υλικό, που ονομάζεται **ελατήριο σημαδεύσεως**, φθάνει στην εγκοπή του επάνω ή κάτω ζευκτικού στελέχους. Στο στέλεχος, που είναι φτιαγμένο από μονωτικό υλικό, είναι στερεωμένοι αγωγοί επίσης από ελατηριακό υλικό, τα **επαφικά ελατήρια**, με τα οποία συνδέονται οι αγωγοί της γραμμής εξόδου. Τα άκρα των επαφικών ελατηρίων απέχουν ελάχιστα από τα κατακόρυφα **επαφικά σύρματα**, στα οποία είναι συνδεμένοι οι αγωγοί της γραμμής εισόδου.

Η γέφυρα, που στρέφεται αμέσως μετά τη ράβδο, ωθεί με τον οπλισμό της το ελατήριο σημαδεύσεως προς τα δεξιά. Το ελατήριο με τη σειρά του, εγκλωβισμένο στην εγκοπή, ωθεί το στέλεχος προς τα δεξιά με αποτέλεσμα να έλθουν σε επαφή τα επαφικά σύρματα με τα επαφικά ελατήρια και να πραγματοποιηθεί η σύνδεση των γραμμών εισόδου - εξόδου.

Η γέφυρα παραμένει στραμμένη σ' όλη τη διάρκεια της συνδέσεως. Η οριζόντια



Σχ. 1.3κδ.

- α) Ενεργοποίηση των επαφέων ραβδεπαφικού επιλογέα: 1) Άξονας περιστροφής οριζόντιας ράβδου. 2) Μαγνήτης οριζόντιας ράβδου. 3) Μαγνήτης γέφυρας. 4) Οπλισμός γέφυρας. 5) Άξονας οπλισμού γέφυρας. 6) Επαφικό ελατήριο. 7) Ζευκτικό στέλεχος. 8) Επαφικό ελατήριο. 9) Επαφικό σύρμα. 10) Άνοιγμα γέφυρας. 11) Ελατήριο σημαδεύσεως. 12) Οπλισμός οριζόντιας ράβδου. 13) Οριζόντια ράβδος. β) Ζευκτικό στέλεχος ραβδεπαφικού επιλογέα: 1) Οπλισμός γέφυρας. 2) Ελατήριο σημαδεύσεως (θέση ηρεμίας). 3) Εγκοπή. 4) Ζευκτικό στέλεχος. 5) Ζώνη εγκλωβισμού. 6) Κατεύθυνση κινήσεως οπλισμού.

ράβδος αντίθετα επιστρέφει μετά τη σύνδεση των δύο γραμμών στην αρχική της θέση, ενώ το ελατήριο σημαδεύσεως κάμπτεται αλλά παραμένει εγκλωβισμένο στο στέλεχος, όσο είναι τραβηγμένη η γέφυρα. Η ίδια ράβδος μπορεί να εξυπηρετήσει με τα υπόλοιπα ελατήρια σημαδεύσεώς της, που βρίσκονται στα σημεία διασταυρώσεως με τις υπόλοιπες γέφυρες, άλλες συνδέσεις. Στο πλαίσιο π.χ. με 17 γέφυρες, μία ράβδος μπορεί να εξυπηρετεί ταυτόχρονα μέχρι 17 συνδέσεις.

Η οδοθέτηση του ραβδεπαφικού επιλογέα.

Η οδοθέτηση του ραβδεπαφικού επιλογέα δεν επιτυγχάνεται, όπως στους βηματοπορικούς και κινητηριακούς επιλογείς, με ελεύθερη και εξαναγκασμένη επιλογή, αλλά με **σημάδευση**, δηλαδή προσδιορισμό του επαφέα ο οποίος πρέπει να ενεργοποιηθεί. Ειδικά κυκλώματα επεξεργάζονται τις παλμοσειρές που καταφθάνουν στον επιλογέα και, σε συνάρτηση με τις ελεύθερες εξόδους που υπάρχουν εκείνη τη στιγμή, προσδιορίζουν την οριζόντια ράβδο και τη γέφυρα, στις οποίες πρέπει να διοχετεύεται ρεύμα για να λειτουργήσει ο αντίστοιχος επαφέας. Η οδοθέτηση αυτή ονομάζεται **έμεση οδοθέτηση** σε αντιδιαστολή με την **άμεση οδοθέτηση**, που πραγματοποιείται κατ' ευθείαν από τους παλμούς των παλμοσειρών.

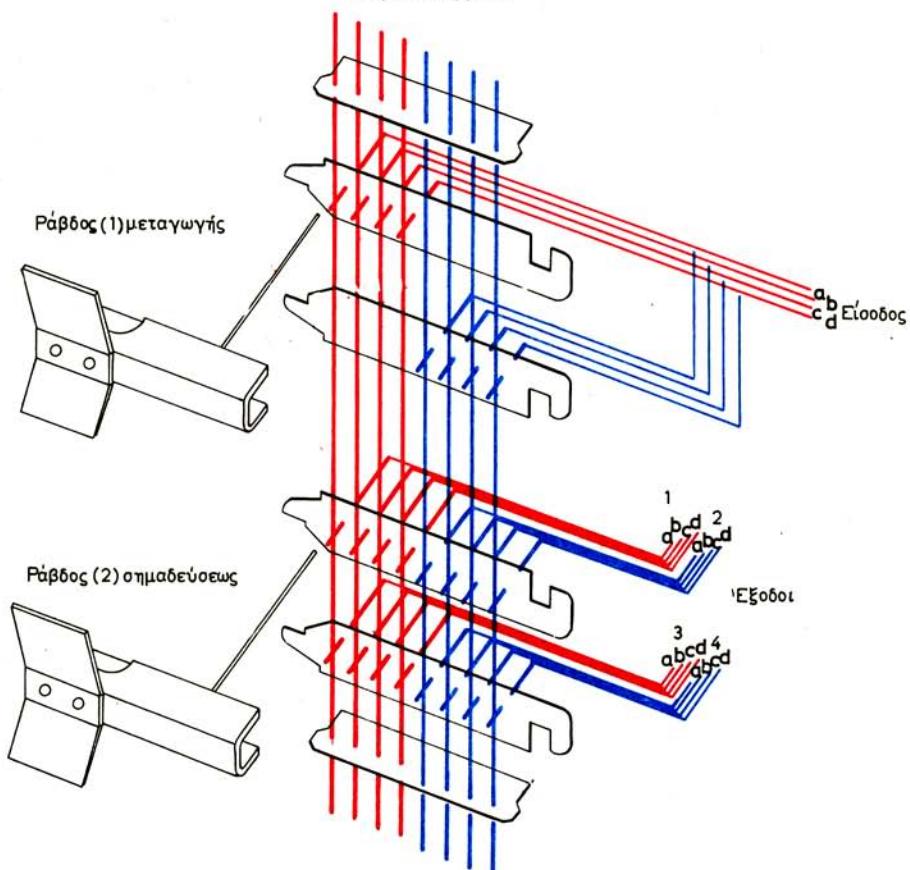
To ραβδεπαφικό πλαίσιο.

Στην πράξη με ένα ζευκτικό στέλεχος δεν συνδέονται ταυτόχρονα δύο μόνο αγωγοί, αλλά τρεις, τέσσερις ή οκτώ αγωγοί **δύο** γραμμών. Έτσι ένας επαφέας σχηματίζεται από τρία, τέσσερα ή οκτώ κατακόρυφα επαφικά σύρματα με ισάριθμα επαφικά ελατήρια και κάθε γέφυρα του πλαισίου αντιστοιχεί σε ένα περιστροφικό επιλογέα με τρεις, τέσσερις ή οκτώ βραχίονες.

Κάθε οριζόντια ράβδος εξυπηρετεί, όπως είδαμε, **δύο** εξόδους σε κάθε σημείο διασταυρώσεως. Άρα ένα πλαίσιο με 15 ράβδους και 17 γέφυρες μπορεί να εξυπηρετήσει 30 εξόδους ανά γέφυρα. Για να αυξηθεί ο αριθμός των εξόδων, χωρίς να αυξηθεί ο αριθμός των οριζοντίων ράβδων, εφαρμόζεται η κατασκευή του σχήματος 1.3κε.

Ένα πλαίσιο 15 ράβδων και επαφέων με δυνατότητα συνδέσεως 8 αγωγών χρησιμοποιείται για τη σύνδεση γραμμών εισόδου με 4 αγωγούς. Οι γραμμές εισ-

Επαφικά σύρματα



Σχ. 1.3κε.

Διάταξη των αγωγών σε ένα ραβδεπαφικό πλαίσιο 56 εξόδων.

όδου δεν συνδέονται **μόνιμα** στα κατακόρυφα επαφικά σύρματα. Τα 8 επαφικά σύρματα χωρίζονται σε δύο ομάδες των 4 συρμάτων και οι 4 αγωγοί μιάς γραμμής εισόδου συνδέονται είτε στη μια, είτε στην άλλη ομάδα κατά την αποκατάσταση μιάς συνδέσεως. Για τη σύνδεση αυτή χρησιμοποιείται η επάνω οριζόντια ράβδος 1 σαν διακόπτης μεταγωγής. Ανάλογα με την κλίση της προς τα επάνω ή προς τα κάτω συνδέει τους 4 αγωγούς εισόδου με 4 από τα 8 επαφικά σύρματα. Στη συνέχεια συνδέονται μέσω μιάς από τις υπόλοιπες οριζόντιες ράβδους (2 ως 15) και της γέφυρας και τα 8 επαφικά σύρματα στους 8 εξερχόμενους αγωγούς δύο γραμμών εξόδου. Η είσοδος είναι όμως συνδεμένη με 4 επαφικά σύρματα και έτσι συνδέεται μόνο στους 4 αγωγούς της γραμμής εξόδου, που είναι συνδεμένοι στα ίδια επαφικά σύρματα. Με τον τρόπο αυτό μια τετρασύρματη είσοδος μπορεί να συνδεθεί με μια από 4 τετρασύρματες εξόδους σε κάθε σημείο διασταυρώσεως και το πλαίσιο παρουσιάζει γέφυρες με $14 \times 4 = 56$ εξόδους η καθεμιά.

Χαρακτηριστικά και χρήση του ραβδεπαφικού επιλογέα.

Επειδή η σύνδεση των γραμμών επιτυγχάνεται με απλές κινήσεις οπλισμών, όπως στους ρωστήρες, δεν χρειάζονται οι ραβδεπαφικοί επιλογείς λίπανση ή συχνές ρυθμίσεις, όπως είναι απαραίτητο κατά διαστήματα στους επιλογείς με στρεφόμενους βραχίονες. Οι επαφείς τους φθείρονται ελάχιστα, επειδή δεν ολισθαίνουν αλλά μόνο πιέζονται, και με το ευγενές τους μέταλλο εξασφαλίζουν πολύ καλή επαφή. Η λειτουργία τους είναι αθόρυβη και χωρίς κραδασμούς.

Ο ραβδεπαφικός επιλογέας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες τις εργασίες, που εκτελούν οι βιηματοπορικοί και κινητηριακοί επιλογείς, δηλαδή σαν κλησιθήρας, οδικός, τελικός, κατευθυντικός επιλογέας κλπ. Ένα ραβδεπαφικό πλαίσιο με 14 γέφυρες χωρίζεται π.χ. σε ένα συνδρομητικό κέντρο ως εξής:

Γέφυρα 1 ως 5 = Τελικός επιλογέας 1 ως 5.

Γέφυρα 6 ως 10 = Κλησιθήρας 1 ως 5.

Γέφυρα 11 ως 14 = Επιλογέας κέντρου 1 ως 4.

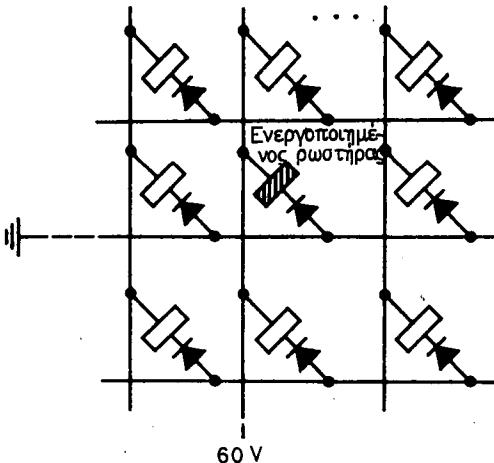
1.3.5 Ζευκτικά πεδία με ρωστήρες και ηλεκτρονικά στοιχεία.

Στην προηγούμενη παράγραφο είδαμε ότι οι εισερχόμενες και εξερχόμενες γραμμές ενός ραβδεπαφικού πλαισίου σχηματίζουν ένα πεδίο διασταυρουμένων γραμμών που ονομάζεται **ζευκτικό πεδίο ή ζευκτική μήτρα**. Σε κάθε σημείο διασταυρώσεως δύο γραμμών υπάρχει ένας επαφέας ο οποίος ενεργοποιείται μέσω μιας γέφυρας και μιας ράβδου του πλαισίου. Γι' αυτό τα σημεία διασταυρώσεως των γραμμών ονομάζονται **επαφικά σημεία**.

Εκτός από τους ραβδεπαφικούς επιλογείς έχουν χρησιμοποιηθεί και άλλα κατασκευαστικά στοιχεία για τη δημιουργία ζευκτικών πεδίων. Σε σύγχρονα τηλεφωνικά κέντρα χρησιμοποιούνται ζευκτικά πεδία με ρωστήρες πολύ μικρού μεγέθους (μίνι - ρωστήρες) και ζευκτικά πεδία με ηλεκτρονικά στοιχεία.

– Ζευκτικά πεδία με ρωστήρες.

Στα ζευκτικά πεδία με ρωστήρες υπάρχει σε κάθε επαφικό σημείο το μαγνητικό τύλιγμα και ένας επαφέας ενός ρωστήρα (σχ. 1.3κστ). Για την ενεργοποίηση του επαφέα στη διασταύρωση δύο γραμμών γειώνεται η οριζόντια γραμμή και εφαρ-



Σχ. 1.3κοτ.
Ζευκτικό πεδίο με ρωστήρες.

μόζεται ορισμένο δυναμικό (π.χ. -60V) στην εγκάρσια γραμμή. Έτσι περνά μέσα από το τύλιγμα του επαφικού σημείου ρεύμα, που διεγείρει το ρωστήρα. Οι δίοδοι σε σειρά με τους ρωστήρες επιτρέπουν τη διέλευση ρεύματος μόνο από το τύλιγμα του επαφικού σημείου που έχει επιλεγεί, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.3κοτ.

Στα επαφικά σημεία τοποθετούνται μικροί σε όγκο ρωστήρες (μίνι - ρωστήρες), που εργάζονται με μεγάλη ταχύτητα, π.χ. ρωστήρες με ερμητόκλειστους επαφέις. Σε σύγχρονα κέντρα οι ρωστήρες είναι συναρμολογημένοι πάνω σε πλάκες τυπωμένων κυκλωμάτων, όπως δείχνει το σχήμα 1.3κζ για ρωστήρες με ερμητόκλειστους επαφέις. Ολοκληρωμένα κυκλώματα, που είναι τοποθετημένα επίσης στις πλάκες, φροντίζουν για τη διέγερση και τη συγκράτηση των ρωστήρων.

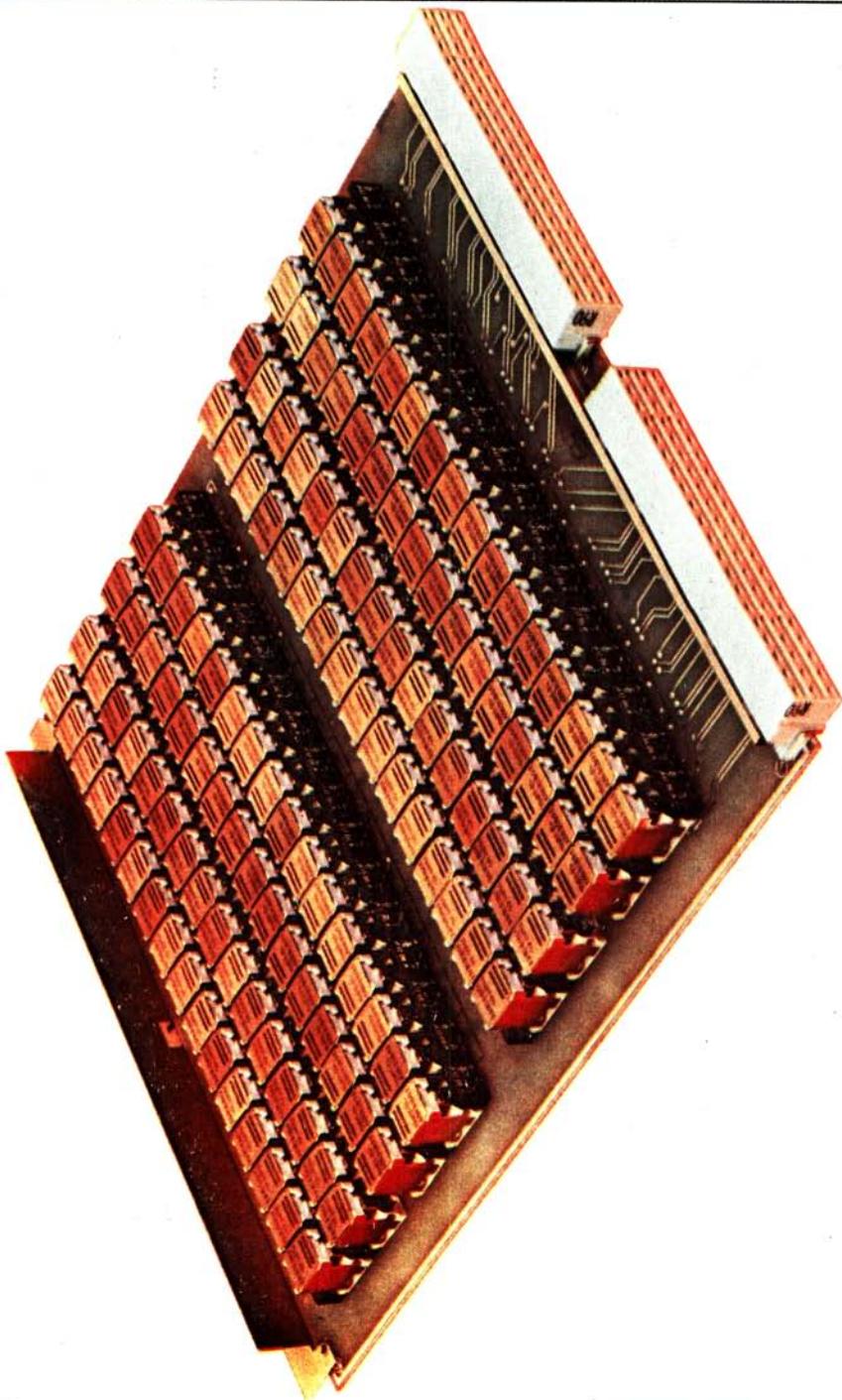
Τα ζευκτικά πεδία με ρωστήρες πλεονεκτούν συγκριτικά με τα ραβδεπαφικά πλαίσια γιατί είναι πιο μικρά σε όγκο. Το μέγεθός τους δεν περιορίζεται από την κατασκευή σε ορισμένα επαφικά σημεία, όπως στα ραβδεπαφικά πλαίσια, αλλά μπορεί να προσαρμόζεται στο συγκεκριμένο σκοπό που εξυπηρετούν. Η σύνδεση των γραμμών γίνεται επίσης πιο γρήγορα, γιατί οι κινούμενες μάζες είναι πολύ μικρότερες στους σύγχρονους ρωστήρες απ' ό,τι στους ραβδεπαφικούς επιλογείς.

Ζευκτικά πεδία με ρωστήρες χρησιμοποιούνται σε ημιηλεκτρονικά κέντρα για τη σύνδεση των γραμμών ομιλίας των συνδρομητών.

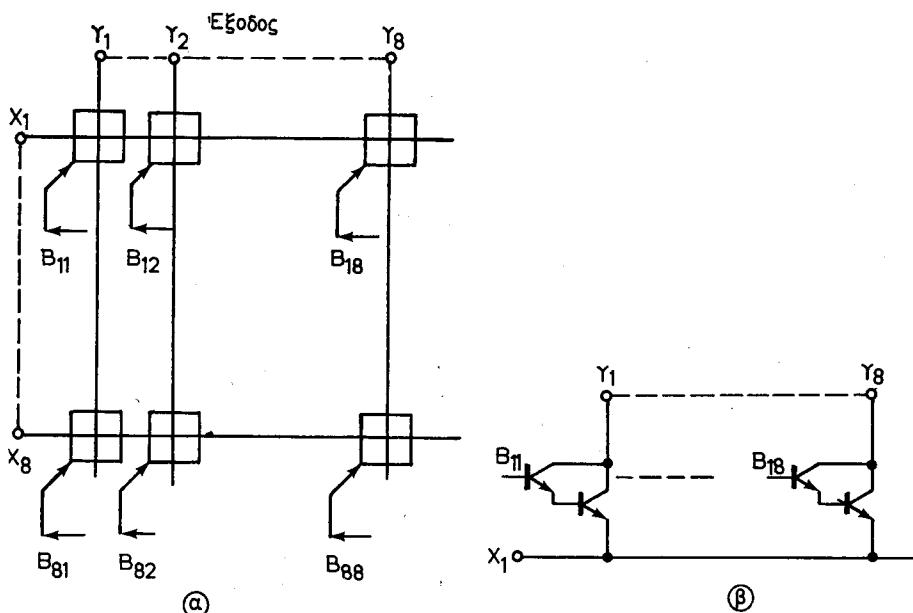
- Ζευκτικά πεδία με ηλεκτρονικά στοιχεία.

Σε ζευκτικά πεδία με ηλεκτρονικά στοιχεία χρησιμοποιούνται στα επαφικά σημεία ηλεκτρονικοί διακόπτες για τη σύνδεση των γραμμών, όπως δίοδοι, τρανζίστορες, θυρίστορες κ.ά. Ορισμένος αριθμός διακοπών εγσωματώνεται σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα.

Το σχήμα 1.3κη δείχνει σαν παράδειγμα την αρχή λειτουργίας ενός πεδίου με τρανζίστορες. Σε κάθε επαφικό σημείο υπάρχει ένας τρανζίστορας με τον εκπομπό του Ε συνδεμένο σε ένα οριζόντιο αγωγό X και το συλλέκτη Σ σε ένα εγκάρσιο



Σχ. 1.3κζ.
Ζευκτικό πεδίο με ρωστήρες εργητόκλειστων επάφων σε τυπωμένο κύκλωμα.



Σχ. 1.3κη.

α) Ζευκτικό πεδίο με τρανζίστορες, β) Σύνδεση των τρανζίστορων στους οριζόντιους και εγκάρσιους αγωγούς του πεδίου.

αγωγό Y . Ανάλογα με το δυναμικό της βάσεως B επιτρέπεται ή όχι να περάσει ρεύμα από τον εκπομπό στο συλλέκτη.

Για να συνδεθούν δύο αγωγοί, π.χ. οι X_1 , Y_2 , εφαρμόζεται σήμα (ρεύμα) στον οριζόντιο αγωγό X_1 , και ρυθμίζεται το δυναμικό της βάσεως B_{12} , ώστε να περάσει ρεύμα στον αγωγό Y_2 . Από τους υπόλοιπους τρανζίστορες, που είναι συνδεμένοι με τον αγωγό X_1 , δεν περνά ρεύμα.

Τα ηλεκτρονικά ζευκτικά πεδία πλεονεκτούν συγκριτικά με τα ηλεκτρομηχανικά πεδία των ρωστήρων ως προς το χώρο που καταλαμβάνουν, την ταχύτητα λειτουργίας και τη διάρκεια ζωής. Σε ένα πλακίδιο 16 mm π.χ. είναι δυνατή η δημιουργία με ολοκλήρωση 50 θυριστόρων για τη σύνδεση των κυκλωμάτων ομιλίας. Επίσης, οι ηλεκτρονικοί διακόπτες είναι 1000 φορές τουλάχιστο ταχύτεροι από τους ηλεκτρομηχανικούς, ενώ δεν φθείρονται και ούτε χρειάζονται συντήρηση.

Τα ηλεκτρομηχανικά ζευκτικά πεδία αντίθετα πλεονεκτούν στα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά. Οι ηλεκτρομηχανικοί διακόπτες, όταν είναι ανοικτοί, παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερη αντίσταση από τους ηλεκτρονικούς και δεν επιτρέπουν τη διέλευση ρεύματος ομιλίας σε γειτονικά κυκλώματα. Έτσι αποφεύγεται πρακτικά η εμφάνιση **διαφωνίας**. Επίσης όταν είναι κλειστοί παρουσιάζουν πολύ μικρότερη αντίσταση (επαφής) από τους ηλεκτρονικούς διακόπτες με αποτέλεσμα να καταναλώνεται λιγότερη ενέργεια κατά τη διέλευση του σήματος ομιλίας και η **απόσβεση** να είναι μικρότερη.

Ζευκτικά πεδία με ηλεκτρονικά στοιχεία χρησιμοποιούνται σε πλήρως ηλεκτρονικά κέντρα για τη σύνδεση των γραμμών ομιλίας των συνδρομητών.

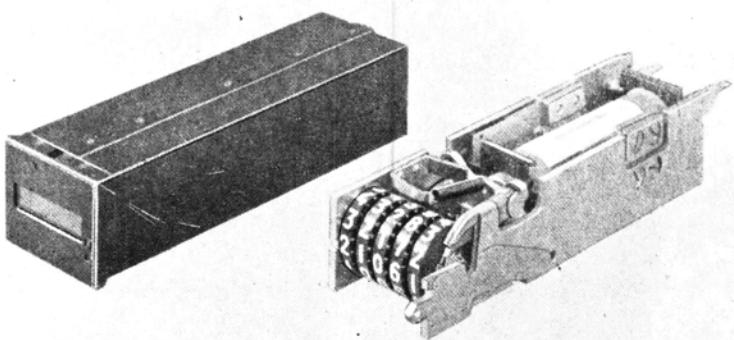
1.4 Μετρητής συνδιαλέξεων και δείκτης τελών.

1.4.1 Μετρητής συνδιαλέξεων.

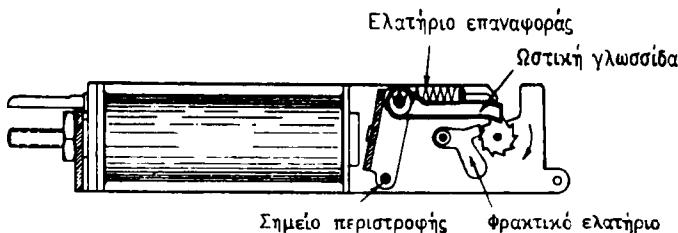
Οι αστικές και υπεραστικές συνδιαλέξεις, που πραγματοποιούν οι συνδρομητές, χρεώνονται σε πολλά τηλεφωνικά συστήματα και στη χώρα μας με μονάδες, που κάθε μιά τους αντιπροσωπεύει ένα ορισμένο τέλος, π.χ. 1 δραχμή. Η μέτρηση των μονάδων πραγματοποιείται με ηλεκτρικούς μετρητές, εγκαταστημένους στο τηλεφωνικό κέντρο. Κάθε συνδρομητής έχει αποκλειστικά δικό του ένα **μετρητή συνδιαλέξεων** συνδεμένο στη συνδρομητική του γραμμή, ο οποίος εργάζεται με παλμούς ρεύματος.

Ο μετρητής αποτελείται από ένα **ηλεκτρομαγνήτη με οπλισμό** όπως ένας κυλινδρικός ρωστήρας συνεχούς ρεύματος, και επί πλέον από το **μηχανισμό μετρήσεως**. Με κάθε παλμό που καταφθάνει στο μετρητή, έλκεται ο οπλισμός του και ο μηχανισμός μετρήσεως καταγράφει μια μονάδα. Ο μηχανισμός αυτός περιλαμβάνει πέντε τύμπανα αριθμημένα από 0 ως 9, ανά ένα για τις μονάδες, δεκάδες, εκατοντάδες, χιλιάδες και δεκάδες χιλιάδες, με τη βοήθεια των οποίων πραγματοποιείται αριθμηση χρεωστικών μονάδων από 00000 ως 99999 (σχ. 1.4a). Η κίνηση του οπλισμού μεταδίδεται μέσω της ωστικής γνωστίδας σε οδοντωτό τροχό σταθερά συνδεμένο με το τύμπανο των μονάδων. Κάθε ένα από τα υπόλοιπα τύμπανα κινείται από το προηγούμενό του κατά τον εξής τρόπο. Μετά από μια πλήρη περιστροφή ενός τυμπάνου πραγματοποιείται σύζευξη του τυμπάνου αυτού με το επόμενο τύμπανο, το οποίο στρέφεται κατά ένα βήμα ή μια μονάδα. Με το 100.000ό βήμα συμπληρώνει το τύμπανο των δεκάδων χιλιάδων μια πλήρη περιστροφή και ο μετρητής έρχεται απ' τη θέση 99999 στην αρχική θέση 00000.

Το σχήμα 1.4β δείχνει την αρχή λειτουργίας ενός σύγχρονου μετρητή. Με την έλξη του οπλισμού κινείται η ωστική γλωσσίδα προς τα κάτω και έρχεται στην προηγούμενη εγκοπή του οδοντωτού τροχού. Μετά την αποδιέγερση του ρωστήρα, το ελατήριο επαναφέρει τον οπλισμό στη θέση ηρεμίας, ενώ η γλωσσίδα αθεί τον τροχό στην κατεύθυνση του βέλους. Με την άθηση αυτή προχωρεί ο τροχός κατά ένα δόντι, με αποτέλεσμα να στραφεί το τύμπανο των μονάδων κατά μία μονάδα. Ένα φρακτικό ελατήριο εμποδίζει τον τροχό να κινηθεί προς τα πίσω.



Σχ. 1.4a.
Μετρητής συνδιαλέξεων.



Σχ. 1.4β.
Βασική δομή σύγχρονου μετρητή.

1.4.2 Δείκτης τελών.

Ο δείκτης τελών συνδέεται στη συνδρομητική τηλεφωνική συσκευή και δίνει τη δυνατότητα στο συνδρομητή να διαπιστώνει και το συνολικό αριθμό μονάδων, που έχει πραγματοποιήσει σ' ένα χρονικό διάστημα, και τις μονάδες με τις οποίες χρεώνεται σε κάθε αυτόματη υπεραστική συνδιάλεξη.

Οι δείκτες τελών, που χρησιμοποιούνται στη χώρα μας, περιλαμβάνουν ένα σύστημα από δύο ηλεκτρομηχανικούς μετρητές, όμοιους βασικά στη λειτουργία τους με το μετρητή συνδιαλέξεων, που περιγράψαμε. Ο ένας μετρητής είναι τριψήφιος και έχει τη δυνατότητα να μηδενίζεται μετά από κάθε συνδιάλεξη με πίεση ενός κομβίου, ώστε να καταγράφει απ' την αρχή τις μονάδες που χρεώνονται στην επόμενη συνδιάλεξη. Ο δεύτερος μετρητής είναι πενταψήφιος και καταγράφει αθροιστικά τις μονάδες των συνδιαλέξεων, που πραγματοποιούνται διαδοχικά. Έτσι απ' την ένδειξή του μπορεί να διαπιστώσει κανείς πόσες μονάδες έχουν χρεωθεί συνολικά σε ορισμένο διάστημα.

Οι χρεωστικοί παλμοί, που διεγείρουν το σύστημα των μετρητών, μεταβιβάζονται στο δείκτη των τελών απ' το τηλεφωνικό κέντρο μέσω της συνδρομητικής γραμμής με συχνότητα 16 kHz. Για τη μεταβίβαση αυτή είναι απαραίτητο να τοποθετηθεί ειδική διάταξη στη γραμμή του συνδρομητή στο κέντρο. Η συχνότητα 16 kHz βρίσκεται έξω απ' την περιοχή συχνοτήτων της ανθρώπινης ομιλίας και εύκολα διαχωρίζεται απ' αυτήν με τη βοήθεια φίλτρου, που την εμποδίζει να φθάσει στο ακουστικό της τηλεφωνικής συσκευής και να παρενοχλήσει τη συνδιάλεξη.

Οι χρεωστικοί παλμοί των 16 kHz αποστέλλονται ταυτόχρονα με τους παλμούς συνεχούς ρεύματος, που διεγείρουν το μετρητή συνδιαλέξεων του συνδρομητή. Πριν οδηγηθούν στο σύστημα του δείκτη τελών, ανορθώνονται και ενισχύονται με κατάλληλες διατάξεις.

1.5 Διάφορα βοηθητικά εξαρτήματα.

1.5.1 Λυχνίες σηματοδοτήσεως.

Οι λυχνίες σηματοδοτήσεως χρησιμεύουν στην οπτική σηματοδότηση βλαβών και διαφόρων καταστάσεων λειτουργίας ενός συστήματος. Στα τηλεφωνικά κυκλώματα χρησιμοποιούνται τριών ειδών λυχνίες: Λυχνίες πυρακτώσεως, λυχνίες αντιστάσεως και λυχνίες αίγλης.

Λυχνίες πυρακτώσεως.

Οι **λυχνίες πυρακτώσεως** κατασκευάζονται με μεταλλικό νήμα και δείχνουν τη λειτουργική κατάσταση των επιλογέων, όπως και κάθε είδους βλάβες στο τηλεφωνικό κέντρο. Λυχνίες με διαφορετικά χρώματα — μπλε, κόκκινο, πράσινο κ.ο.κ. — κάνουν γνωστό, όταν λειτουργήσουν, ότι κάηκε π.χ. μια ασφάλεια, ότι ένας αγωγός έχει γειωθεί κλπ. Οι λυχνίες πυρακτώσεως λειτουργούν με τάση 60 V ή 48 V στα δημόσια τηλεφωνικά κέντρα (24 V στα συνδρομητικά κέντρα) και παρουσιάζουν αντίσταση σε θερμή κατάσταση 1000 Ω περίπου (300 ως 500 Ω σε συνδρομητικά κέντρα).

Λυχνίες αντιστάσεως.

Οι **λυχνίες αντιστάσεως** κατασκευάζονται με νήμα από ταντάλιο, που έχει την ιδιότητα να μεταβάλλει πάρα πολύ την αντίστασή του με τη θερμοκρασία. (Ενώ σε ψυχρή κατάσταση η αντίστασή του είναι 1000 Ω περίπου, στην κατάσταση πυρακτώσεως φθάνει σε τριπλάσια ως τετραπλάσια τιμή). Οι λυχνίες αυτές χρησιμοποιούνται για την προστασία οργάνων από υπερφόρτιση και ταυτόχρονα για τη σηματοδότηση της βλάβης.

Σε κανονική λειτουργία η λυχνία διαρρέεται από μικρό ρεύμα, που θερμαίνει λίγο το νήμα. Όταν αυξηθεί το ρεύμα λόγω βραχυκυκλώματος, αυξάνει η θερμοκρασία του νήματος, η λυχνία αρχίζει να ακτινοβολεί και ειδοποιεί για τη βλάβη. Παράλληλα αυξάνει σημαντικά η αντίσταση του νήματος και εμποδίζει τη διέλευση περισσότερου ρεύματος.

Λυχνίες αίγλης.

Οι **λυχνίες αίγλης** αποτελούνται από δυο ηλεκτρόδια τοποθετημένα το ένα απέναντι στο άλλο. σε γυάλινο σωλήνα γεμάτο με ευγενές αέριο. Κάτω από μια ορισμένη τιμή τάσεως στα ηλεκτρόδια — της τάσεως εναύσεως — η λυχνία αποτελεί φραγμό στη διέλευση του ρεύματος. Όταν υπερβαίνει η τάση την τιμή αυτή, δημιουργείται εκκένωση αίγλης στη λυχνία και από το αέριο διέρχεται ρεύμα. Όταν κατόπιν μειωθεί η τάση κάτω από μια ορισμένη τιμή — την τάση σβέσεως — σταματά η εκκένωση και η διέλευση ρεύματος. Η λυχνία αίγλης χρησιμοποιείται σα διακόπτης για να κλείσει π.χ. το κύκλωμα ενός ρωστήρα, όταν η τάση υπερβεί μια συγκεκριμένη τιμή.

1.5.2 Ασφάλειες και διακόπτες.

Στις τηλεφωνικές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται ασφάλειες ρεύματος και ασφάλειες τάσεως καθώς και διακόπτες, που έχουν προορισμό την προστασία των γραμμών, των ηλεκτρικών πηγών και των συσκευών από βλάβες λόγω υπερφορτίσεων.

Ασφάλειες ρεύματος.

Οι **ασφάλειες ρεύματος** προστατεύουν την εγκατάσταση απ' τις συνέπειες υπερβολικών ρευμάτων (υπερθέρμανση, επικίνδυνη υπερφόρτιση). Στη βασική τους μορφή είναι **συντηκτικές ασφάλειες**. Περιλαμβάνουν ένα σύρμα, που διαρ-

ρέεται απ' το ρεύμα του προστατευόμενου κυκλώματος. Το σύρμα είναι υπολογισμένο να διαρρέεται συνεχώς από ορισμένο ρεύμα υπό ορισμένη τάση, χωρίς να του προξενείται βλάβη. Το ρεύμα αυτό αποτελεί την **ονομαστική ένταση** και η τάση την **ονομαστική τάση** της ασφάλειας. Όταν το ρεύμα υπερβεί την ονομαστική ένταση, το σύρμα της ασφάλειας υπερθερμαίνεται με αποτέλεσμα, εφ' όσον η υπέρβαση συνεχίζεται, να λειώσει μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα και να διακόψει το κύκλωμα. Η τήξη του σύρματος πραγματοποιείται τόσο συντομότερα, όσο μεγαλύτερο είναι το επί πλέον ρεύμα. Το ρεύμα, στο οποίο λειτουργεί η ασφάλεια μετά προκαθορισμένο χρόνο ονομάζεται **ρεύμα διακοπής** και αποτελεί επίσης ένα χαρακτηριστικό μέγεθος της ασφάλειας.

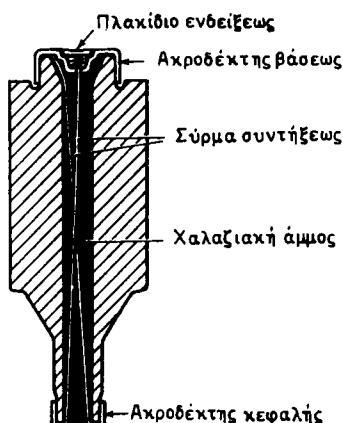
Στην τηλεφωνική τεχνική διακρίνομε τις ασφάλειες ρεύματος σε **ασφάλειες γραμμών** και **ασφάλειες συσκευών**.

Οι **ασφάλειες γραμμών** χρησιμεύουν στην προστασία των ηλεκτρικών γραμμών της εγκαταστάσεως. Οι ασφάλειες αυτές είναι όμοιες με τις ασφάλειες των δικτύων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας και τοποθετούνται σε κάθε διακλάδωση του δικτύου, όπου μειώνεται η διατομή του αγωγού και η μέγιστη τιμή του επιτρεπόμενου ρεύματος. Κατασκευάζονται για ονομαστικές εντάσεις πάνω από 10 A και αποτελούνται από ένα πορσελάνινο σώμα (φύσιγγα) γεμάτο με χαλαζιακή άμμο (σχ. 1.5a). Το σύρμα συντήξεως από άργυρο είναι τεντωμένο κατά μήκος του σώματος, μέσα στην άμμο μεταξύ ενός πλακιδίου ενδείξεως στον ακροδέκτη της βάσεως και στον ακροδέκτη της κεφαλής.

Όταν το ρεύμα υπερβεί την ονομαστική του τιμή, λειώνει το σύρμα και το ηλεκτρικό τόξο, που δημιουργείται στο σημείο της διακοπής, σβήνεται απ' την άμμο. Το πλακίδιο στη βάση δεν συγκρατείται πια απ' το σύρμα, πιέζεται προς τα επάνω από ένα μικρό ελατήριο και δείχνει ότι η ασφάλεια έχει καεί.

Ο χρόνος τήξεως της ασφάλειας προδιαγράφεται ανάλογα με την ένταση του επί πλέον ρεύματος που περνά μέσα από αυτήν. Ασφάλεια π.χ. 6 A (ονομαστική τιμή) πρέπει να αντέξει σε υπερφόρτιση με το 1,5/πλάσιο του ρεύματος αυτού επί μια ώρα. Σε υπερφόρτιση με το 10/πλάσιο ρεύμα θα πρέπει να λειώσει σε 20 ως 30 ms.

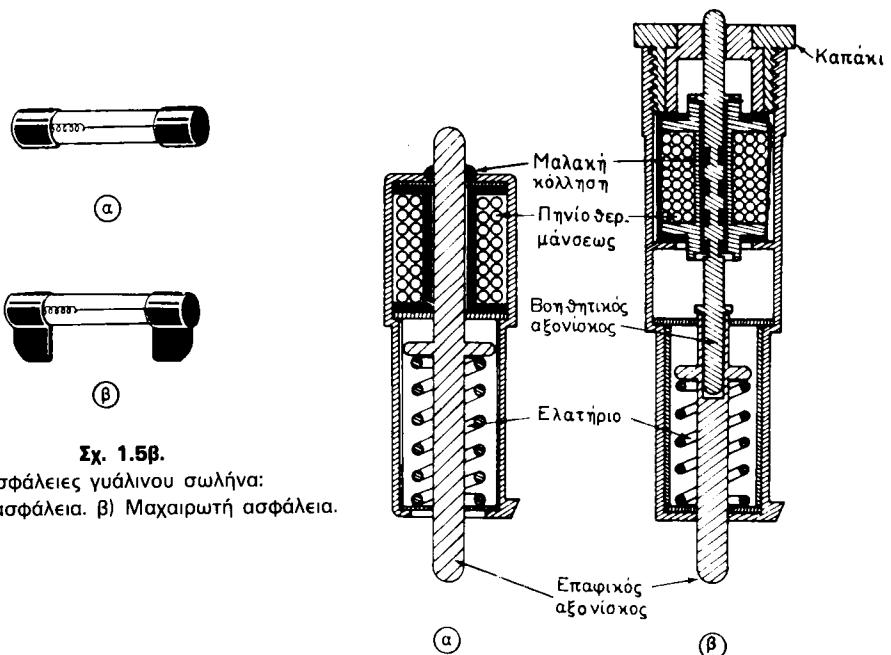
Οι **ασφάλειες συσκευών** προστατεύουν ξεχωριστές συσκευές της εγκαταστά-



Σχ. 1.5a.
Συντηκτική ασφάλεια γραμμής.

σεως. Κατασκευάζονται για ονομαστικές εντάσεις από 0,01 μέχρι 10 Α και δεν είναι δυνατόν να υπερφορτισθούν σε μεγάλο χρονικό διάστημα. Όταν το ρεύμα υπερβεί την ονομαστική τιμή, διακόπτεται το κύκλωμα, ανάλογα με την ένταση, μέσα σε 40 s το πολύ. Ορισμένη επιβράδυνση στη διακοπή του κυκλώματος είναι απαραίτητη στα τηλεφωνικά κέντρα, διότι εκεί εμφανίζονται παλμοί ρεύματος (π.χ. κατά την οδοιθέτηση των επλογέων) πολύ υψηλότεροι απ' την ονομαστική τιμή της ασφάλειας. Οι ασφάλειες συσκευών κατασκευάζονται σε δυο τύπους: σαν **ασφάλειες γυάλινου σωλήνα** και σαν **επανασυγκολλητές ασφάλειες**.

Η **ασφάλεια γυάλινου σωλήνα** αποτελείται από ένα γυάλινο σωλήνα με μεταλλικά καλύμματα στα δυο άκρα σαν ακροδέκτες και απ' το σύρμα συντήξεως. Ο σωλήνας είναι κενός ή περιέχει χαλαζιακή άμμο. Ανάλογα με τη διαμόρφωση των ακροδεκτών διακρίνομε απλές και μαχαιρωτές ασφάλειες του τύπου αυτού (σχ. 1.5β).



Σχ. 1.5β.

Ασφάλειες γυάλινου σωλήνα:

- α) Απλή ασφάλεια. β) Μαχαιρωτή ασφάλεια.

Σχ. 1.5γ.
Επανασυγκολλητή ασφάλεια (α) και αναστρεφόμενη ασφάλεια (β).

Η **επανασυγκολλητή ασφάλεια** περιλαμβάνει ένα πηνίο θερμάνσεως, που διαρέεται από το ρεύμα του προστατευόμενου κυκλώματος. Στο εσωτερικό του πηνίου είναι τοποθετημένος ένας αξονίσκος (επαφικός αξονίσκος), ο οποίος με το ένα του άκρο πιέζει ένα ελατήριο. Ο αξονίσκος συγκρατείται στη θέση του σε κανονική λειτουργία από μια μαλακή κόλληση [σχ. 1.5γ (α)].

Όταν περάσει απ' το πηνίο υπερβολικό ρεύμα λειώνει η κόλληση, απελευθερώνεται ο αξονίσκος και το ελατήριο τον ωθεί προς τα έξω. Εδώ βάζει σε λειτουργία

επαφείς, που διακόπτουν το προστατευόμενο κύκλωμα και κλείνουν ένα κύκλωμα σηματοδοτήσεως, που ειδοποιεί για τη βλάβη. Η ασφάλεια αυτή επανασυγκολλάται με τη βοήθεια ειδικής διατάξεως και χρησιμοποιείται και πάλι.

Στην ίδια κατηγορία με την επανασυγκολλητή ανήκει και η **αναστρεφόμενη ασφάλεια** [σχ. 1.5γ (β)], στην οποία ο επαφικός αξονίσκος πιέζεται από ένα δεύτερο βοηθητικό αξονίσκο, που συγκρατείται στη θέση του μέσα στο φυσίγγιο με μαλακή κόλληση.

Όταν υπερθερμανθεί από υπερβολικό ρεύμα το πηνίο θερμάνσεως, λειώνει η κόλληση και ο επαφικός αξονίσκος πιέζει το βοηθητικό αξονίσκο προς τα επάνω. Στη νέα του θέση συγκολλάται αυτόματα ο βοηθητικός αξονίσκος, μόλις κρυώσει η κόλληση μετά τη διακοπή του κυκλώματος. Για να ξαναχρησιμοποιηθεί η ασφάλεια, χρειάζεται απλώς να ξεβιδωθεί το καπάκι και να αναστραφεί το φυσίγγιο.

Με τις δυο τελευταίες ασφάλειες που περιγράψαμε επιτυγχάνεται η απαραίτητη επιβράδυνση στη διακοπή του κυκλώματος λόγω της έμμεσής τους λειτουργίας (το ρεύμα του κυκλώματος δεν περνά απ' το συντηκόμενο σύρμα, αλλά θερμαίνει το πηνίο που λειώνει την κόλληση). Μειονέκτημά τους είναι, ότι με τις επανειλημένες κολλήσεις και αποκολλήσεις μεταβάλλονται οι χαρακτηριστικές τους τιμές και μειώνεται η διάρκεια της ζωής τους. Επίσης υπάρχει κίνδυνος, αν αυξηθεί πολύ γρήγορα το ρεύμα σε περίπτωση βραχυκυκλώματος, να καταστραφεί το θερμικό πηνίο, πριν λειώσει η κόλληση και να μη λειτουργήσει η ασφάλεια. Για τους λόγους αυτούς χρησιμοποιούμε παράλληλα με τις ασφάλειες και **προστατευτικούς διακόπτες**, ειδικά σχεδιασμένους για τηλεφωνικά κυκλώματα.

Διακόπτες.

Ο διακόπτης είναι εφοδιασμένος με ένα μαγνητικό σύστημα για γρήγορη **ηλεκτρομαγνητική διακοπή**, όταν το ρεύμα υπερβεί κατά πολύ την ονομαστική τιμή, και μια διμεταλλική λουρίδα με θερμικό πηνίο για **θερμική διακοπή** μετά ορισμένο χρονικό διάστημα σε σχετικά μικρές αλλά συνεχείς υπερβάσεις της ονομαστικής τιμής (σχ. 1.5δ).

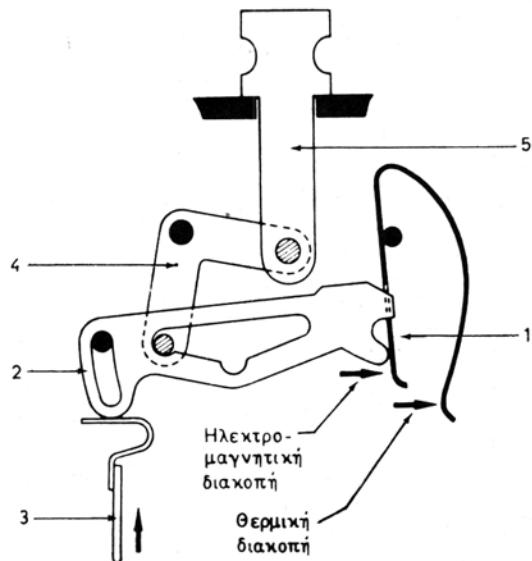
Τα δυο συστήματα δρουν παράλληλα επάνω στο φρακτικό ελατήριο 1 (διμεταλλική λουρίδα του θερμικού συστήματος), που αποδεσμεύεται και αφήνει ελεύθερο τον παλινδρομικό αξονίσκο 2 και την επαφική ράβδο 3. Κάτω απ' την επίδραση ενός ελατηρίου της επαφικής ράβδου αθείται ο παλινδρομικός αξονίσκος και μέσω του ορθογώνιου μοχλού 4 η ζευκτική ράβδος 5, η οποία εκτινάσσεται προς τα επάνω δείχνοντας έτσι την κατάσταση του διακόπτη. Με την κίνηση της επαφικής ράβδου προς τα επάνω ανοίγει ο κύριος επαφέας του διακόπτη και μέσω αυτού ο επαφέας διακοπής του προστατευόμενου κυκλώματος.

Το σχήμα 1.5ε δείχνει συναρμολογημένο τον προστατευτικό διακόπτη.

Ασφάλειες τάσεως.

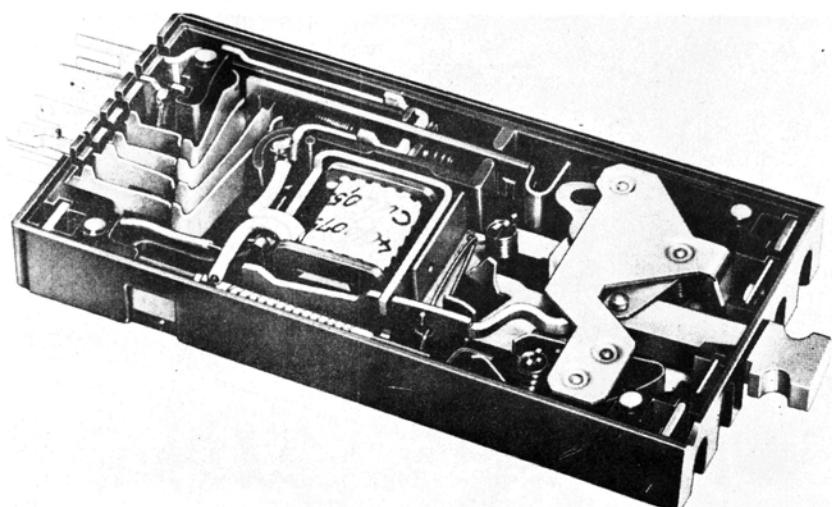
Οι **ασφάλειες τάσεως** προστατεύουν τις εγκαταστάσεις από υπερβολικές τάσεις, που εμφανίζονται σε εναέριες γραμμές για διάφορους λόγους, π.χ. από ατμοσφαιρικές εκκενώσεις, επαφή με δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας κλπ.

Η ασφάλεια **γυάλινου σωλήνα** αποτελείται συνήθως από δυο ηλεκτρόδια τοποθετημένα σε μικρή απόσταση τό ένα απ' τ' άλλο, μέσα σ' ένα γυάλινο σωλήνα γε-

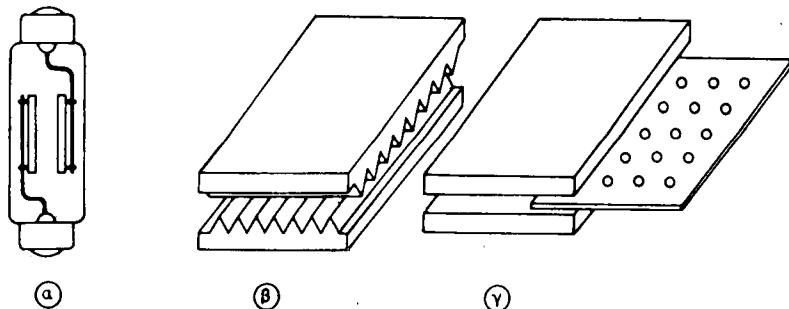
**Σχ. 1.56.**

Βασική δομή του τηλεφωνικού προστατευτικού διακόπτη:

- 1) Φρακτικό ελατήριο. 2) Παλινδρομικός αξονίσκος. 3) Επαφική ράβδος. 4) Ορθογώνιος μοχλός.
5) Ζευκτική ράβδος.

**1.5e.**

Προστατευτικός διακόπτης.



Σχ. 1.5στ.

Ασφάλειες τάσεως:

- α) Ασφάλεια γυάλινου σωλήνα. β) Ασφάλεια άνθρακα με πριονωτές επιφάνειες, γ) Ασφάλεια άνθρακα με λείες επιφάνειες και διαχωριστική πλάκα.

μάτο με ευγενές αέριο [σχ. 1.5στ (α)]. Το ένα ηλεκτρόδιο συνδέεται με την εναέρια γραμμή, το άλλο γειώνεται. Σε υπερβολικές τάσεις στη γραμμή (περισσότερο από 230 V περίπου) δημιουργείται ηλεκτρική εκκένωση στο σωλήνα και το ρεύμα ρέει στη γή παρακάμπτοντας τις εγκαταστάσεις του κέντρου.

Λιγότερη ευαισθησία και αξιοπιστία παρουσιάζουν οι **ασφάλειες άνθρακα**, που αποτελούνται από δύο απέναντι πλάκες άνθρακα με πριονωτή επιφάνεια [σχ. 1.5στ (β)] ή δύο λείες πλάκες άνθρακα χωρισμένες με μιά πλάκα από πλαστικό ή μαρμαρυγία [σχ. 1.5στ (γ)].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΖΕΥΣΗ ΕΝΣΥΡΜΑΤΩΝ ΑΣΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

2.1 Γενικά.

Η τηλεφωνική συσκευή κάθε συνδρομητή συνδέεται με το αστικό τηλεφωνικό κέντρο, στο οποίο ανήκει, με ένα ξεχωριστό ζεύγος αγωγών. Καθένα από τα ζεύγη αυτά είναι μια γραμμή. Για τη σύνδεση του πλήθους των συνδρομητών με τα κέντρα τους χρησιμοποιούνται καλώδια με μικρό ή μεγάλο αριθμό ζευγών που τοποθετούνται μέσα στο έδαφος ή σε σωληνώσεις και σε ειδικές περιπτώσεις είναι εναέρια. Η σύνδεση αυτή πραγματοποιείται με τα αστικά δίκτυα. Τα **αστικά δίκτυα** δηλαδή συνδέουν τις τηλεφωνικές συσκευές των συνδρομητών με τα αστικά κέντρα.

2.2 Δομή αστικού δίκτυου.

Το Αστικό Δίκτυο αποτελείται από:

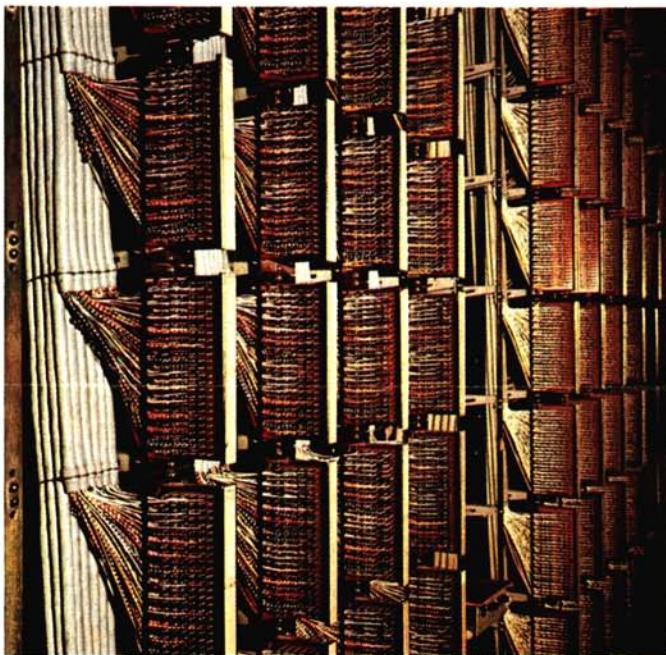
- Τον κεντρικό κατανεμητή.
- Τα τηλεφωνικά καλώδια.
- Τους κατανεμητές καλωδίων.
- Τους ακραίους διακλαδωτές.

Ο κεντρικός κατανεμητής (σχ. 2.2α) βρίσκεται στο κτίριο που είναι εγκατεστημένο το αστικό κέντρο και χρησιμεύει για να συνδέονται με τη βοήθεια μεγάλου αριθμού οριολωρίδων τα καλώδια του Αστικού Δίκτυου, με τα εσωτερικά καλώδια που κατευθύνονται προς τα μηχανήματα επιλογής του Αστικού Κέντρου.

Οι κατανεμητές καλωδίων είναι σιδερένια κιβώτια που περιέχουν οριολωρίδες με τις οποίες συνδέονται από την μια πλευρά τα καλώδια που έρχονται από τον κεντρικό κατανεμητή και από την άλλη τα καλώδια που κατευθύνονται στους ακραίους διακλαδωτές. Οι κατανεμητές καλωδίων τοποθετούνται στο ύπαιθρο μπροστά από τις οικοδομές, πάνω στα πεζοδρόμια (σχ. 2.2β).

Οι ακραίοι διακλαδωτές είναι μικρά κουτιά μέσα στα οποία συνδέονται οι γραμμές των καλωδίων που έρχονται από τους κατανεμητές καλωδίων με τις γραμμές που κατευθύνονται στις τηλεφωνικές συσκευές των συνδρομητών. Οι ακραίοι διακλαδωτές τοποθετούνται στους τοίχους των οικοδομών ή σε στύλους μπροστά από αυτές και μπορούν να συνδέουν 10 ζεύγη αγωγών, δηλαδή 10 γραμμές (σχ. 2.2γ).

Επειδή οι διάφοροι συνδρομητές είναι διεσπαρμένοι γύρω από το αστικό κέν-



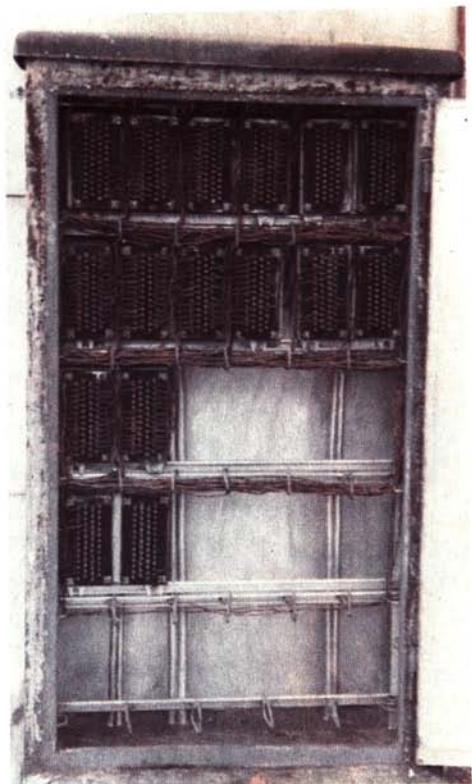
Σχ. 2.2α.

τρο για λόγους τεχνικούς αλλά και οικονομικούς το αστικό δίκτυο αποτελείται από δύο βασικά τμήματα: το **κύριο δίκτυο** και το **δίκτυο διανομής**.

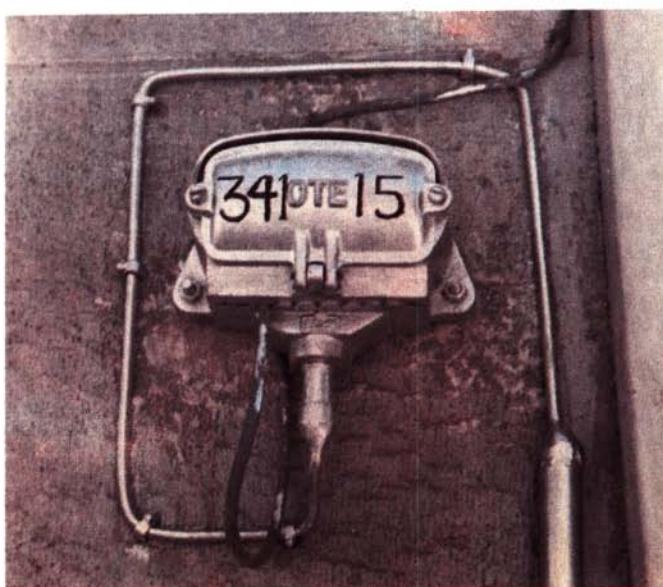
Στο **κύριο δίκτυο**, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2δ χρησιμοποιούνται καλώδια μεγάλης χωρητικότητας, δηλαδή με μεγάλο αριθμό ζευγών αγωγών που ξεκινούν από τον κεντρικό κατανεμητή και καταλήγουν σε διάφορους κατανεμητές καλωδίων· οι κατανεμητές αυτοί είναι διεσπαρμένοι στην περιοχή που πρόκειται να εξυπηρετήσει το αστικό κέντρο. Στην πράξη τα καλώδια που ξεκινούν από τον κεντρικό κατανεμητή δεν είναι ισάριθμα με τους κατανεμητές καλωδίων αλλά πολύ λιγότερα· έχουν όμως μεγάλη χωρητικότητα και διακλαδίζονται στη διαδρομή σε άλλα με μικρότερες χωρητικότητες που καταλήγουν στους κατανεμητές καλωδίων.

Το **δίκτυο διανομής**, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2ε, αρχίζει από τους κατανεμητές καλωδίων. Τα καλώδια του δικτύου διανομής συνδέουν τους κατανεμητές καλωδίων με τους ακραίους διακλαδώτες ή τους μικρούς κατανεμητές που υπάρχουν μέσα στις πολυκατοικίες. Όπως και στο κύριο δίκτυο έτσι και στο δίκτυο διανομής, τα καλώδια που ξεκινούν από τους κατανεμητές καλωδίων διακλαδίζονται στη διαδρομή σε άλλα μικρότερα και συνδέουν μεγάλο αριθμό ακραίων διακλαδωτών ή κατανεμητών πολυκατοικιών. Οι κατανεμητές στις πολυκατοικίες είναι συνήθως των 20, 30 κλπ. γραμμών.

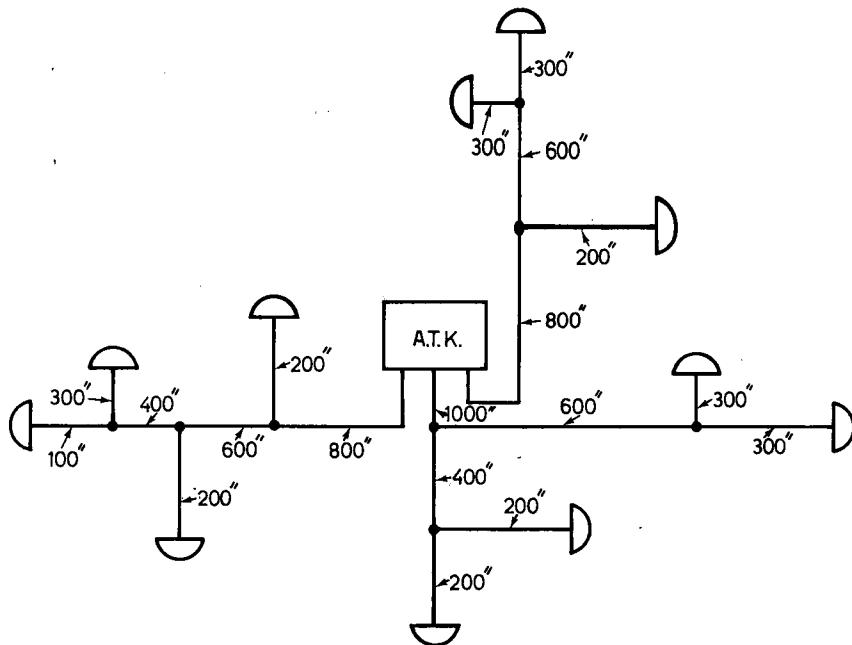
Ο αριθμός των γραμμών του δικτύου διανομής, που ξεκινούν από ένα κατανεμητή καλωδίων, είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό των γραμμών του κυρίου δικτύου που φθάνει στον κατανεμητή αυτόν, γιατί έχει παρατηρηθεί ότι ένα ποσοστό από τις γραμμές του δικτύου διανομής μένει αχρησιμοποίητο. Η συνηθισμένη



Σχ. 2.2β.
Κατανεμητής καλωδίων.



Σχ. 2.2γ.
Ακραίος διακλαδωτής.



Σχ. 2.2d.

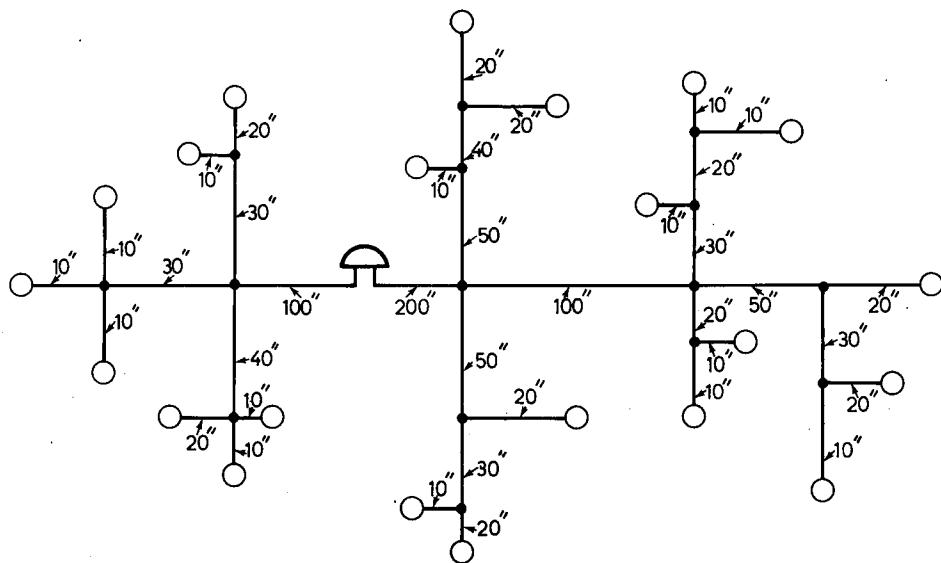
Κύριο Δίκτυο.

ATK = Αστικό Τηλεφωνικό Κέντρο.

= Κατανεμητής καλωδίων.

200'' = Καλώδιο 200 ζευγών.

600'' = Καλώδιο 600 ζευγών κλπ.



Σχ. 2.2e.

Δίκτυο Διανομής.

= Κατανεμητής καλωδίων.

O = Ακραίος διακλαδωτής.

10'' = Καλώδιο 10 ζευγών.

40'' = Καλώδιο 40 ζευγών.

σχέση γραμμών κυρίου δικτύου πρός τις γραμμές του δικτύου διανομής ενός κατενεμητή καλωδίων είναι 2:3. Δηλαδή αν ένας κατανεμητής έχει 300 γραμμές κύριου δικτύου, θα έχει 450 γραμμές δικτύου διανομής. Αν έχει 200 γραμμές κύριου δικτύου θα έχει 300 γραμμές δικτύου διανομής. Οι χωρητικότητες αυτές είναι συνηθισμένες στους κατανεμητές.

Η διάμετρος των αγωγών των τηλεφωνικών καλωδίων του Αστικού Δικτύου είναι συνήθως 0,4 και 0,6 mm. Ως προς τον αριθμό των ζευγών υπάρχει μεγάλη ποικιλία που αρχίζει από καλώδια των 10 ζευγών και φθάνει σε καλώδια των 2400 ζευγών. Τα καλώδια που κατασκευάζονται για τα υπόγεια δίκτυα είναι συνήθως των 10, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1800, 2400 ζευγών, αυτά όμως που χρησιμοποιούνται περισσότερο είναι μέχρι 1000 ζευγών.

Τα αστικά δίκτυα μεταβιβάζουν τα σήματα ακουστικής συχνότητας χωρίς καμιά ενίσχυση.

2.3 Κατασκευαστικά στοιχεία τηλεφωνικών καλωδίων.

Τα τηλεφωνικά καλώδια αποτελούνται από μεγάλο αριθμό αγωγών, που είναι μονωμένοι μεταξύ τους. Το υλικό των αγωγών είναι τις περισσότερες φορές ηλεκτρολυτικός χαλκός με μεγάλη ειδική αγωγιμότητα, που οφείλεται στη χημική του καθαρότητα.

Οι μονωτικό υλικό χρησιμοποιείται το καθαρό χαρτί χωρίς προσμίξεις και τα πλαστικά υλικά. Η μόνωση με χαρτί γίνεται με λουρίδες που περιτυλίγονται γύρω από τον αγωγό ελικωτά με επικάλυψη τουλάχιστον 25% σε ένα ή περισσότερα στρώματα. Για καλύτερη μόνωση τυλίγεται ορισμένες φορές γύρω από τον αγωγό πρώτα ένα χάρτινο κορδόνι και μετά οι χάρτινες λουρίδες. Έτσι δημιουργείται μόνωση χαρτιού και αέρα (σχ. 2.3α).

Τα πλαστικά υλικά που χρησιμοποιούνται για μόνωση των καλωδίων είναι πολυβινιλοχλωρίδιο (PVC), πολυαιθυλένιο και πολυστυρόλιο που λέγεται και στυροφλέξ (σχ. 2.3β).

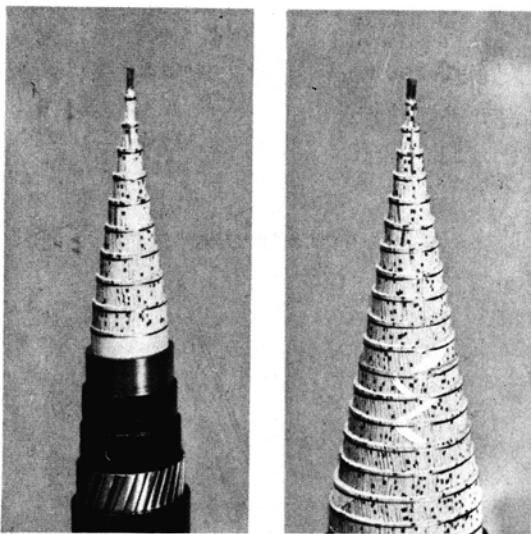
Προστατευτικός μανδύας περιβάλλει τους μονωμένους αγωγούς και τους προφυλάσσει από την υγρασία και τις εξωτερικές μηχανικές, ηλεκτρικές, θερμικές και χημικές επιδράσεις. Ο μανδύας αυτός κατασκευάζεται συνήθως από μόλυβδο ή πλαστικό.

Σε ορισμένες περιπτώσεις γύρω από τον μανδύα υπάρχει ειδικός οπλισμός που προστατεύει τους αγωγούς και τον μανδύα του καλωδίου από τις μεγάλες μηχανικές καταπονήσεις. Ο οπλισμός αποτελείται συνήθως από χαλύβδινες ταινίες και σε ειδικές περιπτώσεις από χαλύβδινα σύρματα.

Ο οπλισμός με χαλύβδινες ταινίες αποτελείται συνήθως από δύο ταινίες. Η μία ταινία τυλίγεται ελικωτά γύρω από το μανδύα του καλωδίου. Τα διάκενα που σχηματίζονται δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερα από το 1/3 του πλάτους της ταινίας. Το δεύτερο στρώμα της ταινίας τυλίγεται επίσης ελικωτά αλλά έτσι, ώστε να καλύπτει όλα τα διάκενα της πρώτης ταινίας.

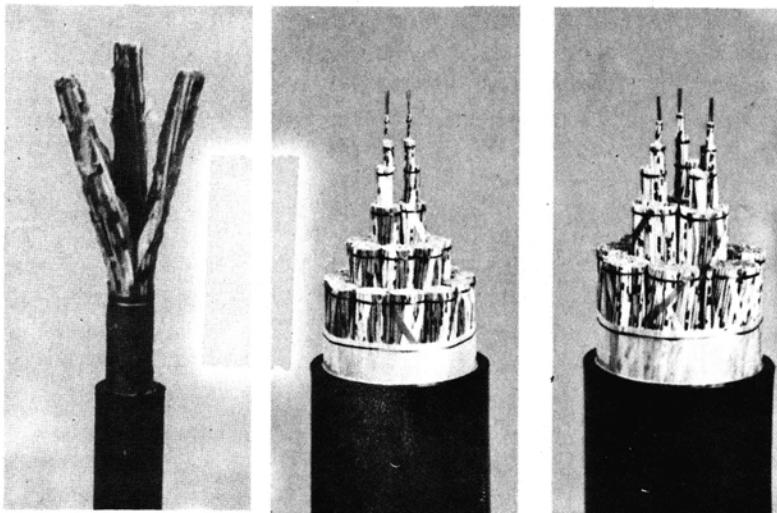
Επειδή οι χαλύβδινες ταινίες του μανδύα είναι πολύ σκληρότερες από το μανδύα του καλωδίου, μεταξύ μανδύα και οπλισμού τοποθετείται ένα περίβλημα από στρώματις γιούτας ή χαρτιού εμποτισμένου με πίσσα, ώστε να μη τραυματίζεται ο μανδύας.





Σχ. 2.3α.

Καλώδια με μόνωση από χαρτί και πλέξη κατά στρώσεις.



Σχ. 2.3β.

Καλώδια με πλαστική μόνωση και πλέξη κατά δέσμες.

Επίσης έχω από τον οπλισμό και για να προστατεύονται οι χαλύβδινες ταινίες από τη διάβρωση τοποθετείται ένα εξωτερικό προστατευτικό περίβλημα από πολλές στρώσεις υφασμάτινων ταινιών εμποτισμένων με πίσσα και από ένα εξωτερικό στρώμα ασβέστη.

Τα πλαστικά καλώδια συνήθως δεν έχουν οπλισμό αλλά μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις.

2.3.1 Πλέξεις καλωδίων.

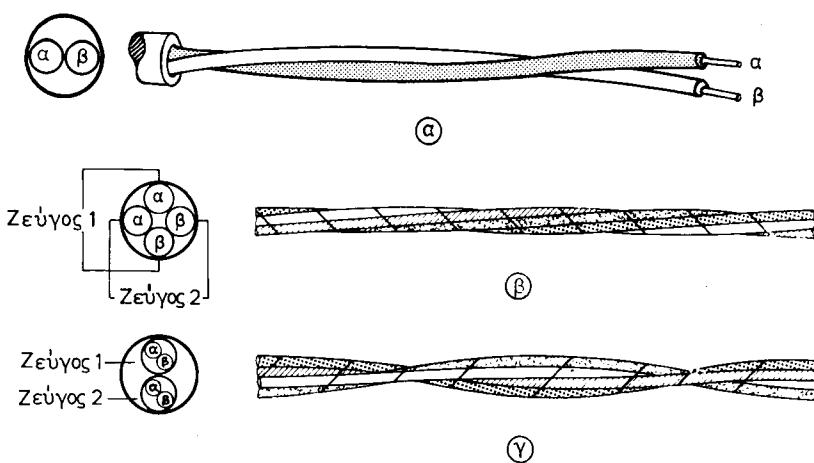
Επειδή οι αγωγοί ενός καλωδίου βρίσκονται πολύ κοντά ο ένας στον άλλο, μεταφέρεται εύκολα ενέργεια εξ επαγωγής από ένα κύκλωμα στα άλλα και αντίστροφα. Η μεταφορά αυτή ενέργειας είναι ενοχλητική και προκαλεί τη λεγόμενη **διαφωνία** (βλ. παράγρ. 4.1.5). Αυτό αποφεύγεται με ελικωτή συστροφή τών αγωγών ή πλέξη όπως ονομάζεται.

Τα περισσότερα συνηθισμένα είδη πλέξεως είναι:

α) **Πλέξη κατά ζεύγη.** Δύο αγωγοί συστρέφονται ελικωτά και σχηματίζουν ένα ζεύγος, σχήμα 2.3γ(α).

β) **Αστεροτετραδική πλέξη.** Τέσσερεις αγωγοί συστρέφονται ελικωτά με το ίδιο βήμα γύρω από τον ίδιο άξονα και αποτελούν δύο ζεύγη. Οι αγωγοί καθενός από τα ζεύγη, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.3γ(β), βρίσκονται συνεχώς ο ένας απέναντι από τον άλλο.

γ) **Πλέξη κατά διπλά ζεύγη ή διπλοζευγική πλέξη.** Τέσσερεις αγωγοί συστρέφονται πρώτα ανά δύο και σχηματίζουν δύο ζεύγη. Τα δύο αυτά ζεύγη συστρέφονται κατόπιν μεταξύ τους, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.3γ (γ).



Σχ. 2.3γ.

Πλέξεις αγωγών καλωδίων.

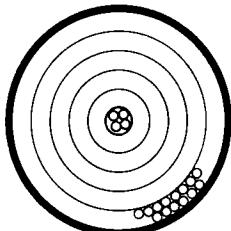
α) Πλέξη κατά ζεύγη. β) Αστεροτετραδική πλέξη. γ) Διπλοζευγική πλέξη.

Ένα καλώδιο περιλαμβάνει πολλά στοιχεία πλέξεως σαν τα α, β και γ που αναφέραμε προηγουμένως, τα οποία είναι τοποθετημένα κατά στρώσεις ή κατά δέσμες.

Η **πλέξη κατά στρώσεις** έχει στο κέντρο του καλωδίου ένα στοιχείο πλέξεως ή μια ομάδα στοιχείων η οποία έχει συστραφεί ελικωτά και αποτελεί την πρώτη στρώση. Γύρω από την πρώτη στρώση τοποθετείται η δεύτερη που έχει περισσότερα στοιχεία, γιατί η ακτίνα είναι μεγαλύτερη. Γύρω από τη δεύτερη τοποθετείται η τρίτη κ.ο.κ. όπως φαίνεται στο σχήμα 2.3δ.

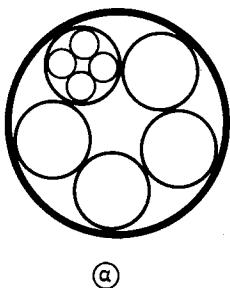
Οι στρώσεις χωρίζονται μεταξύ τους με λουρίδες από το χρησιμοποιούμενο μο-

νωτικό υλικό. Η φορά συστροφής των στοιχείων μιας στρώσεως είναι αντίθετη από τη φορά συστροφής των στοιχείων της προηγούμενης. Άλλα και κάθε στρώση συστρέφεται επίσης τόσο για να αποφεύγονται οι ηλεκτρικές επιδράσεις, όσο και για να είναι εύκαμπτο το καλώδιο (σχ. 2.3α).

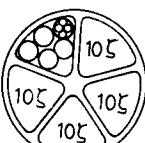


Σχ. 2.3α.

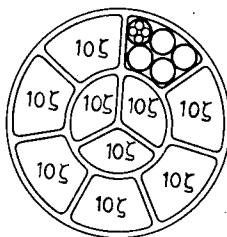
Πλέξη κατά στρώσεις.



(α)



(β)



(γ)

Σχ. 2.3ε.

Πλέξη κατά δέσμες.

α) Βασική δέσμη. β) Κύρια δέσμη με 50 ζεύγη. γ) Κύρια δέσμη με 100 ζεύγη.

Η πλέξη κατά δέσμες σχηματίζεται ως εξής:

Πέντε αστεροτετράδες (10 ζεύγη) συστρέφονται μεταξύ τους με το ίδιο βήμα και σχηματίζουν τη βασική δέσμη [σχ. 2.3ε (α)].

Πέντε ή δέκα βασικές δέσμες (δηλαδή 50 ή 100 ζεύγη) πλεγμένες σχηματίζουν την κύρια δέσμη.

Καλώδια με μεγαλύτερο αριθμό ζευγών αποτελούνται από πολλές κύριες δέσμες των πενήντα ή εκατό ζευγών. Σημειώνεται ότι κατά την κατασκευή οι δέσμες έχουν κατάλληλο σχήμα, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.3ε(β) και (γ) για να μη μένουν κενοί χώροι μέσα στο καλώδιο (σχ. 2.3β).

Για να συνδεθούν οι αγωγοί ενός καλωδίου με τους αγωγούς άλλου είναι απαραίτητο να εντοπίζεται εύκολα ο αγωγός και στα δύο άκρα του καλωδίου. Ο εντοπισμός αυτός γίνεται με διάφορα χρώματα στη μόνωση του αγωγού και με κατάλληλο κώδικα αριθμήσεως, που είναι διαφορετικός σε κάθε τύπο καλωδίου.

2.4 Τοποθέτηση καλωδίων.

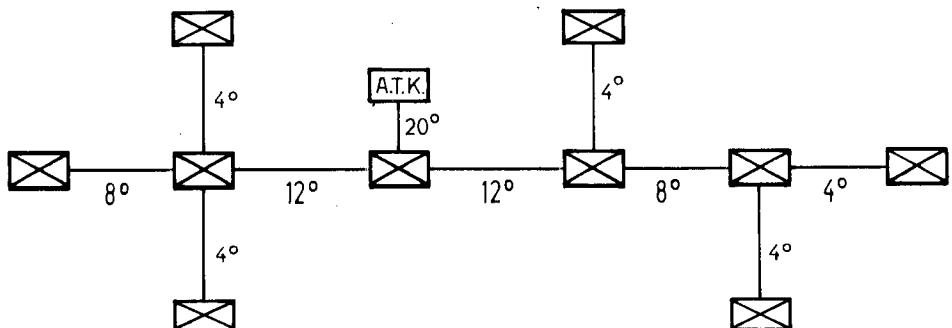
Τα καλώδια τόσο του Κύριου Δικτύου όσο και του Δικτύου Διανομής τοποθετούνται μέσα στο έδαφος σε χαντάκια που ανοίγονται κάτω από τα πεζοδρόμια με οπλισμό ή δίχως, ανάλογα με τη φύση του εδάφους.

2.4.1 Δίκτυο σωληνώσεων.

Στα κεντρικά σημεία των πόλεων και στα σημεία που περνούν πολλά καλώδια κατασκευάζεται δίκτυο σωληνώσεων.

Το δίκτυο αυτό γίνεται είτε από τσιμεντοσωλήνες στεγανούς με δύο ή περισσότερες οπές, είτε με πλαστικούς σωλήνες οι οποίοι καλύπτονται με σκυρόδεμα. Με την τοποθέτηση πολλών τσιμεντοσωλήνων ή πλαστικών σωλήνων κατασκευάζονται σωληνώσεις με μεγάλο αριθμό οπών.

Η σωλήνωση αποτελείται από ευθύγραμμα τμήματα. Τα τμήματα αυτά συνδέονται μεταξύ τους με τα φρεάτια, τα οποία είναι απαραίτητα για την αλλαγή κατεύθυνσεως, το τράβηγμα των καλωδίων και τη σύνδεση των διαφόρων καλωδίων που περνούν μέσα από τη σωλήνωση. Το σχήμα 2.4α παριστάνει μια σωλήνωση με τα φρεάτια της.



Σχ. 2.4α.

Σχηματική παράσταση σωληνώσεως με τα φρεάτια. ATK = Αστικό Τηλεφωνικό Κέντρο.

= Φρεάτιο: 12° = Τμήμα σωληνώσεως με 12 οπές.

Το φρεάτιο κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα. Στις πλευρές του καταλήγουν οι οπές από τη σωλήνωση και στο επάνω μέρος φέρει μεταλλικό κάλυμμα από το οποίο επισκεπτόμαστε το φρεάτιο κατά τη διάρκεια εργασιών.

Οι σωληνώσεις, όπως είπαμε, κατασκευάζονται κάτω από το πεζοδρόμιο ή κάτω από το δρόμο, αν το πεζοδρόμιο δεν έχει αρκετό πλάτος.

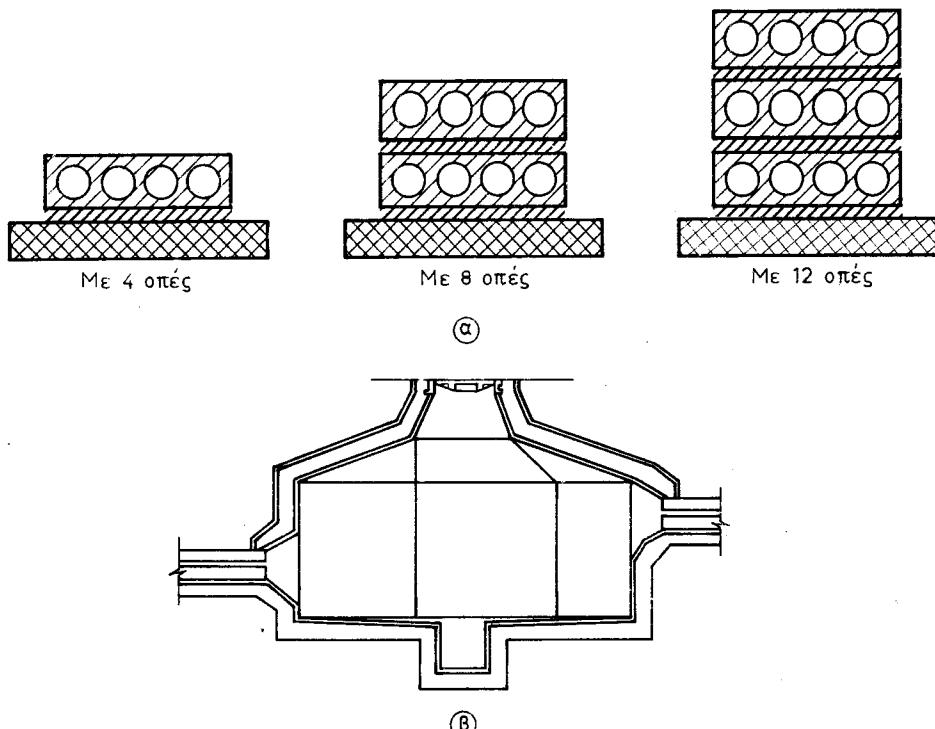
Όταν κατασκευάζονται οι σωληνώσεις προβλέπονται αρκετές οπές εφεδρικές για να τοποθετηθούν στο μέλλον και άλλα καλώδια χωρίς να γίνουν νέες εκσκαφές. Αυτό αποτελεί ένα πολύ μεγάλο πλεονέκτημα που αντισταθμίζει το μεγάλο κόστος του δικτύου σωληνώσεων.

Τα καλώδια που τοποθετούνται στις σωληνώσεις δεν χρειάζονται οπλισμό.

Το σχήμα 2.4β δείχνει τομές σωληνώσεως (α) και φρεατίου (β).

2.5 Ζευκτικά καλώδια.

Στις παλιύανθρωπες πόλεις, επειδή ο αριθμός των συνδρομητών είναι μεγάλος, δεν φθάνει συνήθως ένα αστικό τηλεφωνικό κέντρο. Γιατί το μοναδικό Κέντρο θα γινόταν μεγαθήριο αλλά κυρίως γιατί οι συνδρομητικές γραμμές θα ήσαν πολύ μακρές επομένως πολύ δαπανηρές ενώ ταυτόχρονα η αντίστασή τους θα ήταν μεγάλη και η συνεννόηση θα ήταν κακής ποιότητας. Γι' αυτό τοποθετούνται περισσό-



Σχ. 2.4β.
α) Τομές σωληνώσεως. β) Τομή φρεατίου.

τέρα, αστικά κέντρα σε διάφορα σημεία της πόλεως. Τα κέντρα αυτά συνδέονται μεταξύ τους με υπόγεια καλώδια μεγάλης χωρητικότητας που λέγονται **ζευκτικά καλώδια**.

Οι αγωγοί των καλωδίων αυτών έχουν διάμετρο 0,8 και 1,0 mm ή και μεγαλύτερη για να αποφεύγεται η μεγάλη απόσβεση. Έπειδή όμως τα κέντρα ενός μεγάλου αστικού συγκροτήματος μπορεί να είναι αρκετά, συμβαίνει πολλές φορές, όταν κάποιος καλεί συνδρομητή που βρίσκεται στο άλλο άκρο της πόλεως, για να πραγματοποιηθεί η σύνδεση που επιθυμεί να χρειάζεται να περάσει διαδοχικά από περισσότερα Κέντρα.

Έτσι χρησιμοποιούνται το ένα ύστερα από το άλλο περισσότερα ζευκτικά καλώδια και είναι φυσικό να παρουσιάζονται αποσβέσεις στις ζευκτικές γραμμές μεγαλύτερες από τις παραδεκτές. Οι αποσβέσεις αυτές μειώνονται τεχνικά με τον πουπινισμό των γραμμών του ζευκτικού δίκτυου. Ο πουπινισμός είναι τεχνητή αύξηση της αυτεπαγγής των γραμμών με την τοποθέτηση σε σειρά ανά διαστήματα μικρών αυτεπαγγικών πηνίων (Πουπέν).

Επίσης για τη μείωση της διαφωνίας γίνεται συχνά εξισορρόπηση των ζευκτικών καλωδίων.

Στα ζευκτικά δίκτυα κατά κανόνα δεν ενισχύονται τα σήματα ακουστικής συχνότητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΑΣΤΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ ΣΥΝΔΡΟΜΗΤΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ

3.1 Αυτόματα αστικά τηλεφωνικά κέντρα.

3.1.1 Γενικά.

Όπως είδαμε στο Πρώτο Μέρος, ο κάθε συνδρομητής ενός τηλεφωνικού δικτύου δεν μπορεί για λόγους οικονομικούς και τεχνικούς να είναι μόνιμα συνδεμένος με όλους τους άλλους συνδρομητές. Μόνιμα συνδεμένος είναι μόνο με μία κεντρική εγκατάσταση, το **αστικό τηλεφωνικό κέντρο**, μέσω της συνδρομητικής του γραμμής. Μέσα στο τηλεφωνικό αυτό κέντρο, το οποίο πολλές φορές συνεργάζεται με ένα δεύτερο ή και τρίτο αστικό τηλεφ. κέντρο, πραγματοποιείται η σύνδεση μεταξύ δύο συνδρομητών, του **καλούντος** και του **καλούμενου συνδρομητή**, για περιορισμένο χρονικό διάστημα, δύσος χρειάζεται για την πραγματοποίηση μιας συνδιαλέξεως. Μετά το τέλος της συνδιαλέξεως λύεται η σύνδεση.

Όταν οι δύο συνδρομητές είναι συνδεμένοι στο ίδιο αστικό τηλεφωνικό κέντρο, ή σε διαφορετικά κέντρα της ίδιας όμως αστικής περιοχής, που σχηματίζουν ένα αστικό τηλεφωνικό συγκρότημα, η σύνδεση που πραγματοποιείται, ονομάζεται **αστική σύνδεση**. Εκτός από τις αστικές πραγματοποιούνται και **υπεραστικές συνδέσεις** μεταξύ συνδρομητών συνδεμένων σε τηλεφωνικά κέντρα διαφορετικών αστικών περιοχών, π.χ. σε κέντρα δύο διαφορετικών πόλεων.

Οι αστικές συνδέσεις πραγματοποιούνται σήμερα εντελώς αυτόμata στα τηλεφωνικά κέντρα με τη βδήθεια κυρίως επιλογέων ή ζευκτικών πεδίων με ηλεκτρο-μηχανικά στοιχεία. Στις συνδέσεις με επιλογείς και με ζευκτικά πεδία χορηγείται σε δύο συνδρομητές που συνομιλούν ένα ζεύγος αγωγών (πιο γενικά ένα κύκλωμα) για αποκλειστική τους χρήση σ' όλη τη διάρκεια της συνδιαλέξεως. Μέσα απ' αυτή τη γραμμή (κύκλωμα) ρέουν τα ρεύματα ομιλίας μόνο των δύο συνδρομητών. Τα κυκλώματα των διαφόρων συνδρομητών που πραγματοποιούν **ταυτόχρονα** συνδιαλέξεις ξεχωρίζουν μεταξύ τους τοπικά με τις ξεχωριστές γραμμές των συνδρομητών. Γί' αυτό στην περίπτωση αυτή λέμε ότι έχομε **διάκριση των κυκλωμάτων στο χώρο ή επιμερισμό χώρου**.

Εκτός από τη διάκριση των κυκλωμάτων στο χώρο χρησιμοποιείται σε σύγχρονα ηλεκτρονικά τηλεφωνικά κέντρα η **διάκριση των κυκλωμάτων στο χρόνο** (επιμερισμός χρόνου), όπως θα γνωρίσουμε αργότερα. Κέντρα με διάκριση των κυκλωμάτων στο χρόνο, στα οποία τα σήματα είναι κατάλληλα κωδικοποιημένα, ονομάζονται **ψηφιακά κέντρα**. Ψηφιακά κέντρα έχουν αρχίσει να εισάγονται πρόσφατα

λόγω των πλεονεκτημάτων τους αντί ηλεκτρομηχανικών και ηλεκτρονικών κέντρων με διάκριση των κυκλωμάτων στο χώρο.

Το σύνολο των οργάνων ενός τηλεφωνικού κέντρου και των μεθόδων που εφαρμόζονται για να πραγματοποιηθούν οι συνδέσεις με τα όργανα αυτά, χαρακτηρίζεται **τηλεφωνικό σύστημα**. Τα τηλεφωνικά συστήματα διακρίνονται σύμφωνα με διάφορα κριτήρια, π.χ. κατά τη φίρμα του κατασκευαστή (σύστημα Bell, Siemens κ.ο.κ.), κατά την ονομασία της βασικής κατασκευαστικής του μονάδας (υψοστροφικό σύστημα, κινητηριακό σύστημα) κλπ. Ιδιαίτερη σημασία έχει η διάκριση των συστημάτων ανάλογα με τον τρόπο που καθοδηγούνται τα ζευκτικά όργανα του τηλεφωνικού κέντρου, σε συστήματα **άμεσης** και **έμμεσης καθοδηγήσεως** (ή επιλογής).

Στα συστήματα **άμεσης καθοδηγήσεως** καθοδηγούνται τα ζευκτικά όργανα κατ' ευθείαν με τις παλμοσειρές που αποστέλλονται από το συνδρομητή. Κάθε παλμός οδηγείται και δρα π.χ. στον κινητήριο μηχανισμό ενός βηματοπορικού ή κινητηριακού επιλογέα, με αποτέλεσμα να στρέφονται οι βραχίονες κατά ένα βήμα. Στα συστήματα **έμμεσης καθοδηγήσεως** οι παλμοσειρές οδηγούνται και ενταμιεύονται σε μια κεντρική διάταξη καθοδηγήσεως στο τηλεφωνικό κέντρο. Η διάταξη αυτή επεξεργάζεται την πληροφορία που περιέχουν οι παλμοσειρές σε συνάρτηση με την κατάσταση των οργάνων του κέντρου (ελεύθερα ή κατειλημμένα όργανα), προσδιορίζει τα όργανα και τις γραμμές που θα χρησιμοποιηθούν και δίνει τις κατάλληλες εντολές για να λειτουργήσουν τα όργανα αυτά και να πραγματοποιηθεί η σύνδεση. Σε ένα ραβδεπαφικό πλαίσιο π.χ. προσδιορίζεται ο επαφέας που πρέπει να ενεργοποιηθεί στο σημείο διασταυρώσεως δύο γραμμών και δίνεται η εντολή στην αντίστοιχη ράβδο και γέφυρα να λειτουργήσουν. Συστήματα με ζευκτικά πεδία είναι αποκλειστικά συστήματα άμεσης καθοδηγήσεως, ενώ συστήματα με επιλογείς είναι κατά κανόνα συστήματα άμεσης καθοδηγήσεως, αλλά κατασκευάζονται σε ορισμένες περιπτώσεις και σαν συστήματα έμμεσης καθοδηγήσεως.

Σε κάθε τηλεφωνικό σύστημα διακρίνομε γενικά δύο βασικά τμήματα:

α) Το **δίκτυο των γραμμών ομιλίας**. Περιλαμβάνει τις γραμμές, με τις οποίες πραγματοποιούνται οι συνδέσεις μεταξύ καλούντων και καλουμένων συνδρομητών. Μέσα από τις γραμμές αυτές ρέουν τα ρεύματα ομιλίας και διεξάγονται οι συνδιάλεξεις.

β) Τις **διατάξεις καθοδηγήσεως**. Επεξεργάζονται τις πληροφορίες, που αποστέλλει ο συνδρομητής με μορφή παλμοσειρών, προσδιορίζουν τη διαδρομή που πρέπει να ακολουθηθεί στο δίκτυο των γραμμών ομιλίας για να συνδεθεί αυτός που καλεί με τον καλούμενο συνδρομητή και αποκαθιστούν τη σύνδεση.

Τα δύο αυτά τμήματα διακρίνονται εύκολα στα συστήματα άμμεσης καθοδηγήσεως. Αντίθετα, στα συστήματα άμεσης καθοδηγήσεως η διάκριση είναι δύσκολη γιατί αποτελούν κατασκευαστικά ένα ενιαίο σύνολο.

Τα **τηλεφωνικά συστήματα** διακρίνομε ανάλογα με τα κατασκευαστικά στοιχεία που χρησιμοποιούν, σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

1) Τα **ηλεκτρομηχανικά συστήματα**, που χρησιμοποιούν αποκλειστικά ηλεκτρομηχανικά στοιχεία στις διατάξεις καθοδηγήσεως και στο δίκτυο των γραμμών ομιλίας για τη σύνδεση των γραμμών. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα συστήματα με επιλογείς και με ηλεκτρομηχανικά ζευκτικά πεδία (πεδία π.χ. με ραβδεπαφικούς επιλογείς ή ρωστήρες).

2) Τα **ημιηλεκτρονικά συστήματα**, που περιλαμβάνουν ηλεκτρονικές διατάξεις καθοδηγήσεως και ηλεκτρομηχανικά στοιχεία για τη σύνδεση των γραμμών (π.χ. ζευκτικά πεδία με ρωστήρες).

3) Τα **ηλεκτρονικά συστήματα**, που περιλαμβάνουν ηλεκτρονικές διατάξεις καθοδηγήσεως και ηλεκτρονικά στοιχεία για τη σύνδεση των γραμμών ή για τη διάκριση των κυκλωμάτων.

Στα επόμενα θα εξετάσομε τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιούνται οι συνδέσεις σε ηλεκτρομηχανικά συστήματα με επιλογείς, σε συστήματα με ζευκτικά πεδία που μπορεί να είναι ηλεκτρομηχανικά, ημιηλεκτρονικά ή ηλεκτρονικά και σε ηλεκτρονικά συστήματα με διάκριση των κυκλωμάτων στο χρόνο. Προηγουμένως, όμως, πρέπει να γνωρίσουμε τις βασικές λειτουργίες, που εκτελεί ένα οποιοδήποτε τηλεφωνικό κέντρο, για να πραγματοποιήσει μια σύνδεση.

3.1.2 Βασικές λειτουργίες αυτομάτων κέντρων.

Για την αποκατάσταση μιας τηλεφωνικής συνδέσεως απαιτείται «συνεννόηση» του καλούντος συνδρομητή με το τηλεφωνικό κέντρο. Ο συνδρομητής που καλεί πρέπει να **αναγγείλει** στο κέντρο τον αριθμό κλήσεως του καλούμενου συνδρομητή και να πάρει από το κέντρο σχετικές πληροφορίες, π.χ. ότι η σύνδεση πραγματοποιήθηκε αλλά ο καλούμενος δεν απαντά ή ότι ομιλεί με κάποιον άλλο συνδρομητή κ.ο.κ.

Στο χειροκίνητο σύστημα η συνεννόηση γινόταν προφορικά με την τηλεφωνήτρια του κέντρου, η οποία αποκαθιστούσε τη σύνδεση και επέβλεπε τη διεξαγωγή της συνδιαλέξεως. Στο αυτόματο όμως σύστημα η σύνδεση πραγματοποιείται από μηχανές, που δεν καταλαβαίνουν την ανθρώπινη γλώσσα. Έτσι η ανταλλαγή πληροφοριών γίνεται με δύο διαφορετικούς τρόπους. Ο συνδρομητής στέλνει στο κέντρο τις εντολές του μετασχηματισμένες σε **ηλεκτρικούς παλμούς** ή σε **συνδυασμούς συχνοτήτων** και το κέντρο απαντά με διάφορα ακουστικά σήματα ή **ηχοσήματα**, όπως λέμε, που το καθ' ένα έχει μια ξεχωριστή σημασία. Και στις δύο περιπτώσεις οι πληροφορίες αλλάζουν μορφή, δηλαδή **κωδικοποιούνται**. Για να τις ερμηνεύσει κανείς, πρέπει να γνωρίζει τον κώδικα που δίνει τη σημασία καθεμιάς. Ας δούμε, τώρα, πώς γίνεται αυτή η συνεννόηση και ποιες λειτουργίες εκτελεί το κέντρο για την αποκατάσταση μιας συνδέσεως.

'Όταν ο συνδρομητής που καλεί σηκώσει το μικροτηλέφωνό του, κλείνει, όπως γνωρίζομε, ο βρόχος της συνδρομητικής γραμμής, διέρχεται ρεύμα ηρεμίας απ' αυτήν και το κέντρο διαπιστώνει την επιθυμία του συνδρομητή να πραγματοποιήσει μια συνδιάλεξη. Σαν επιβεβαίωση της διαπιστώσεως αυτής, αποστέλλεται από το κέντρο, αμέσως μετά, το **ηχόσημα ενάρξεως επιλογής** (μια σειρά από α του μορσικού αλφαριθμητή — βραχύς και μακρύς τόνος —), που σημαίνει ειδικά ότι στο κέντρο υπάρχει ένα δργανό έτοιμο να δεχτεί τις εντολές του συνδρομητή κι ότι ο συνδρομητής μπορεί να αρχίσει την επιλογή. **Επιλογή** είναι ο σχηματισμός του αριθμού κλήσεως του καλούμενου με τον επιλογικό δίσκο ή το πληκτρολόγιο και η καθοδήγηση, με τις παλμοσειρές ή τους συνδυασμούς συχνοτήτων που αποστέλλονται, των ζευκτικών οργάνων (π.χ. επιλογέων) στο κέντρο, ώστε να πραγματοποιηθεί η σύνδεση.

Κάθε σύνδεση περιλαμβάνει ορισμένα τμήματα γραμμών, που ενώνονται μεταξύ τους μέσω των επιλογέων. Για να χρησιμοποιηθεί μια γραμμή και ένας επιλο-

γέας σε μια σύνδεση, πρέπει να είναι ελεύθεροι τη στιγμή που πραγματοποιείται η σύνδεση, δηλαδή να μην είναι απασχολημένοι σε άλλη σύνδεση. Η εύρεση μιας ελεύθερης γραμμής γίνεται με διαδοχικό έλεγχο των γραμμών, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη σύνδεση. Η λειτουργία αυτή ονομάζεται **δοκιμή**. Η πρώτη ελεύθερη γραμμή που βρίσκεται, καταλαμβάνεται (**κατάληψη**) και αμέσως μετά ακολουθεί η **φραγή**, δηλαδή μια λειτουργία με την οποία εμποδίζονται άλλα όργανα να καταλάβουν τη γραμμή αυτή.

Αν όλες οι γραμμές είναι ήδη κατειλημμένες από άλλες συνδιαλέξεις, η σύνδεση δεν μπορεί να προχωρήσει και ο συνδρομητής παίρνει το **ηχόσημα κατειλημμένου** (μια σειρά από ε – βραχύς τόνος – του αλφαβήτου Μορς). Το ίδιο σήμα στέλνεται στον καλούντα από το κέντρο, όταν η σύνδεση φθάσει στον καλούμενο συνδρομητή, αλλά αυτός μιλά με κάποιον άλλο συνδρομητή, είναι δηλαδή κατειλημμένος τη στιγμή αυτή. Αν ο καλούμενος είναι ελεύθερος, ο συνδρομητής που καλεί παίρνει το **σήμα ελεύθερου** (σειρά από τ – μακρύς τόνος – του αλφαβήτου Μορς). Με τον ίδιο ρυθμό στέλνεται στον καλούμενο το **κλητήριο ρεύμα**, που κάνει να ηχεί το ηλεκτρικό κουδούνι της συνδρομητικής του συσκευής. Όταν αυτός σηκώσει το μικρόφωνο, κλείνει ο συνδρομητικός του βρόχος, γεγονός που χαρακτηρίζει την **έναρξη της συνδιαλέξεως**. Αυτό αποτελεί το κριτήριο για τη **χρέωση** της συνδιαλέξεως. Το τέλος της συνδιαλέξεως και της χρεώσεως χαρακτηρίζεται με την απόθεση του μικροτηλεφώνου στο άγκιστρο και τη διακοπή του συνδρομητικού βρόχου του καλούντος συνδρομητή. Από τη στιγμή αυτή αρχίζει η **απόλυση** της συνδέσεως, δηλαδή η απελευθέρωση των διαφόρων οργάνων και γραμμών, που είχαν χρησιμοποιηθεί στη σύνδεση.

Όταν για την αποκατάσταση μιας συνδέσεως απαιτείται η συνεργασία περισσοτέρων τηλεφωνικών κέντρων, τα κέντρα αυτά **συνεννοούνται** μεταξύ τους επίσης με ηλεκτρικά σήματα, που μεταβιβάζονται με διάφορες μορφές τόσο προς την κατεύθυνση αποκαταστάσεως της συνδέσεως όσο και προς τα πίσω.

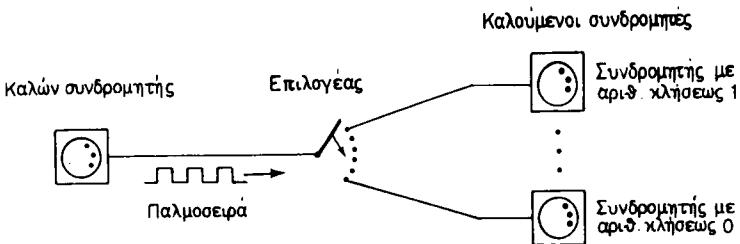
3.1.3 Αποκατάσταση συνδέσεως με επιλογείς.

Στη συνέχεια θα περιγράψουμε τον τρόπο αποκαταστάσεως συνδέσεων σε κέντρα με βηματοπορικούς και κινητηριακούς επιλογείς, δηλαδή με επιλογείς που περιλαμβάνουν στρεφόμενους βραχίονες. Τα κέντρα αυτά αποτελούν την πλειοψηφία των αστικών κέντρων στη χώρα μας και είναι ευρύτατα διαδεδομένα σε πολλές άλλες χώρες. Την αποκατάσταση συνδέσεως με ραβδεπαφικούς επιλογείς, θα γνωρίσουμε στις συνδέσεις με **ζευκτικά** πεδία.

Κέντρο 10 συνδρομητών.

Ας υποθέσουμε ότι ένας συνδρομητής είναι απαραίτητο να μπορεί να συνδέεται με κάθε ένα από 10 διαφορετικούς συνδρομητές. Αν συνδέσομε το συνδρομητή αυτόν (καλούντα συνδρομητή) στην είσοδο ενός περιστροφικού επιλογέα με 10 εξόδους και σε κάθε μια έξοδο ένα από τους 10 συνδρομητές, προκύπτει η διάταξη του σχήματος 3.1a.

Γνωρίζουμε πως οι βραχίονες του επιλογέα περιστρέφονται κατά ένα βήμα με κάθε παλμό, που φθάνει στον κινητήριο μηχανισμό του. Με ένα παλμό π.χ. σταματούν στην έξοδο 1, με τρεις παλμούς στην έξοδο 3 κ.ο.κ. Αν λοιπόν σε κάθε καλούμενο συνδρομητή διθεί σαν **αριθμός κλήσεώς** του ο αριθμός της εξόδου του επι-



Σχ. 3.1α.

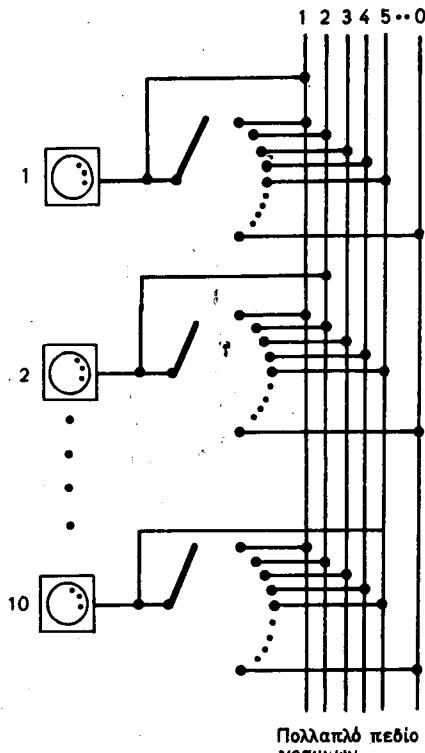
Σύνδεση ενός συνδρομητή με 10 άλλους συνδρομητές μέσω ενός δεκαμερούς περιστροφικού επιλογέα.

λογέα, στην οποία είναι συνδεμένος, θα μπορεί ο συνδρομητής που καλεί να συνδεθεί μαζί του επιλέγοντας τον αριθμόν αυτόν με τον επιλογικό του δίσκο και αποστέλλοντας, έτσι, ίσο αριθμό παλμών στον επιλογέα. Επειδή εδώ έχομε 10 συνδρομητές, οι αριθμοί κλήσεως είναι μονοψήφιοι από 1 ώς 0.

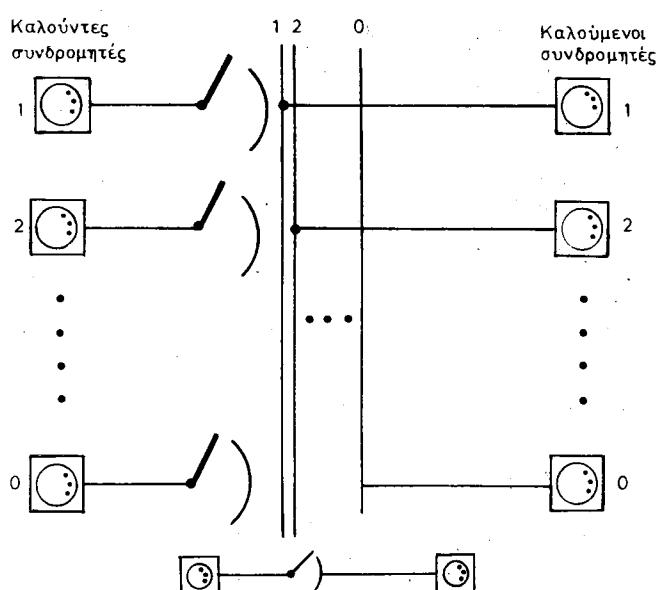
Αν προχωρήσουμε, τώρα, στην απαίτηση, ότι κάθε ένας από τους 10 καλούμενους συνδρομητές θα πρέπει να μπορεί να καλεί τους υπόλοιπους 9, να γίνεται δηλαδή όταν χρειάζεται και συνδρομητής που καλεί, θα πρέπει κάθε συνδρομητής να έχει στη διάθεσή του ένα επιλογέα και στις εξόδους του να είναι συνδεμένοι οι υπόλοιποι 9 συνδρομητές. Έτσι προκύπτει η διάταξη του σχήματος 3.1β. Βλέπομε, ότι όλες οι έξοδοι με τον ίδιο αριθμό είναι παράλληλα συνδεμένες και οδηγούν στο συνδρομητή με τον αντίστοιχο αριθμό κλήσεως. Οι έξοδοι 2 π.χ. είναι συνδεμένες μεταξύ τους και οδηγούν στο συνδρομητή 2, οι έξοδοι 7 στο συνδρομητή 7 κ.ο.κ. Η πολλαπλή αυτή σύνδεση των γραμμών σχηματίζει ένα πεδίο παραλλήλων γραμμών που ονομάζεται **πολλαπλό (ή πολλαπλασιαστικό) πεδίο γραμμών**. Και επειδή οι γραμμές ξεχωρίζουν μεταξύ τους στο χώρο, το πεδίο αυτό χαρακτηρίζεται **πολλαπλό πεδίο χώρου**. Για λόγους κατασκευαστικούς συνδέεται και η έξοδος τού επιλογέα, που αντιστοιχεί στον αριθμό κλήσεως του συνδρομητή, στον οποίο ανήκει ο επιλογέας αυτός, με το πολλαπλό πεδίο, πράγμα όχι απαραίτητο για την αποκατάσταση των συνδέσεων.

Οι συνδρομητές έχουν και εδώ μονοψήφιους αριθμούς κλήσεως 1 ώς 0. Επιλέγοντας ένας συνδρομητής τον αριθμό κλήσεως ενός άλλου συνδρομητή, π.χ. τον 9, κατευθύνει τους βραχίονες του επιλογέα του στην έξοδο 9, στην οποία είναι συνδεμένος ο συνδρομητής 9.

Στην πράξη έχει επικρατήσει να γίνεται στα διαγράμματα των τηλεφωνικών κέντρων διάκριση μεταξύ καλούντων και καλούμενών συνδρομητών, ώστε να φαίνεται καλύτερα η πορεία που ακολουθεί η σύνδεση κατά την αποκατάστασή της. Έτσι το κέντρο των 10 συνδρομητών που περιγράψαμε παριστάνεται με τον τρόπο που δείχνει το σχήμα 3.1γ (α) και όχι όπως φαίνεται στο σχήμα 3.1β. Αριστερά είναι σχεδιασμένοι οι καλούντες και δεξιά οι καλούμενοι συνδρομητές. Φυσικά, επειδή κάθε συνδρομητής μπορεί να είναι καλών και καλούμενος, οι συνδρομητές δεξιά είναι οι ίδιοι με τους συνδρομητές αριστερά. Έτσι δεν έχομε 20 συνδρομητές, όπως φαίνεται με την πρώτη ματιά, αλλά μόνο 10. Απλά, από κάθε έξοδο των επιλογέων αντί να επιστρέψουμε στον αντίστοιχο συνδρομητή αριστερά, όπως στο σχήμα 3.1β, σχεδιάζομε άλλη μια φορά τον ίδιο συνδρομητή δεξιά. Το διάγραμμα



Σχ. 3.1β.



Ex. 3.1v.

- α) Εποπτικό διάγραμμα κέντρου 10 συνδρομητών. β) Απλουστευμένο εποπτικό διάγραμμα κέντρο 10 συνδρομητών.

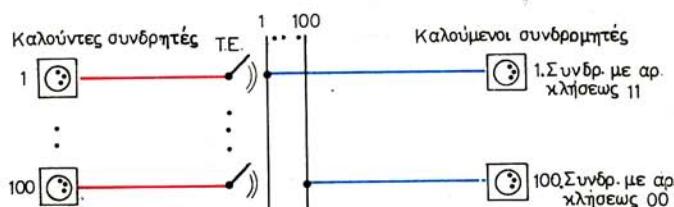
που παίρνεται μ' αυτό τον τρόπο ονομάζεται **εποπτικό διάγραμμα**. Το εποπτικό διάγραμμα δίνει τη γενική εικόνα της διατάξεως και συνδέσεως των επιλογικών οργάνων ενός ή περισσοτέρων κέντρων, χωρίς να παριστάνει ξεχωριστά τα διάφορα κατασκευαστικά τους στοιχεία (αντιστάτες, πηνία, ρωστήρες κλπ.). Μια ακόμα πιο απλή παρουσίαση ενός κέντρου 10 συνδρομητών δίνει το εποπτικό διάγραμμα του σχήματος 3.1γ.

Κέντρο 100 συνδρομητών.

Σύμφωνα μ' αυτά που αναφέραμε πιο πάνω, θα μπορούσαμε να συγκροτήσομε ένα κέντρο με 100 συνδρομητές, αν δίναμε σε κάθε συνδρομητή ένα επιλογέα με 100 εξόδους, στις οποίες να είναι πολλαπλά συνδεμένοι οι 100 συνδρομητές. Δηλαδή η κάθε έξοδος με τον ίδιο αριθμό από όλους τους επιλογείς, π.χ. η έξοδος 37, να είναι παράλληλα συνδεμένη σε μια γραμμή που θα οδηγεί στον αντίστοιχο συνδρομητή, δηλαδή στο συνδρομητή με αριθμό κλήσεως 37. Έτσι προκύπτει το διάγραμμα του σχήματος 3.1δ. Επειδή εδώ έχουμε 100 συνδρομητές, καθένας παίρνει ένα διψήφιο αριθμό κλήσεως 00 - 99 (ή 11 - 00 σύμφωνα με τη διάταξη των γραμμών στις εξόδους των Τ.Ε.).

Σαν επιλογείς θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε υψηστροφικούς επιλογείς ή κινητηριακούς επιλογείς με 100 εξόδους διαιρεμένες σε 10 δεκάδες. Και των δύο αυτών επιλογέων οι βραχίονες κατευθύνονται με την πρώτη παλμοσειρά, που φθάνει στον κινητήριο μηχανισμό τους, στην αντίστοιχη δεκάδα και με τη δεύτερη παλμοσειρά στην αντίστοιχη μονάδα μέσα στη δεκάδα. Οι 100 συνδρομητές είναι εδώ συνδεμένοι ανά 10 στις εξόδους των 10 δεκάδων και δύο οι συνδρομητές μιας δεκάδας έχουν το ίδιο πρώτο ψηφίο στον αριθμό κλήσεως τους. Π.χ. οι συνδρομητές, που είναι συνδεμένοι στην τρίτη δεκάδα των επιλογέων, το ψηφίο 3, οι συνδρομητές της έβδομης δεκάδας, το ψηφίο 7 κ.ο.κ. Μέσα στη δεκάδα κάθε συνδρομητής διακρίνεται από τον αριθμό 1 - 0 της εξόδου, στην οποία είναι συνδεμένος. Ο αριθμός αυτός αποτελεί το δεύτερο ψηφίο του αριθμού κλήσεώς του.

'Όταν ένας συνδρομητής θέλει να συνδεθεί με έναν άλλο συνδρομητή, π.χ. τον 86, επιλέγει στο δίσκο του τον αριθμό 8 και κατευθύνει με τους οκτώ παλμούς, που αποστέλλονται, τους βραχίονες του επιλογέα του στην όγδοη δεκάδα, στην οποία ανήκει ο συνδρομητής 86. Κατόπιν επιλέγει τον αριθμό 6 και κατευθύνει τους βραχίονες στην έξοδο 6, στην οποία είναι συνδεμένος ο συνδρομητής 86. Η αποκατάσταση της συνδέσεως πραγματοποιείται στην περίπτωση αυτή με τη βοή-



Σχ. 3.16.

Εποπτικό διάγραμμα κέντρου 100 συνδρομητών με 100/μερείς επιλογείς.

Θεια μιας μόνο σειράς επιλογέων με πολλαπλά συνδεμένες εξόδους ή μιας μόνο **επιλογικής βαθμίδας**, όπως λέμε. Οι επιλογείς της βαθμίδας αυτής, στους οποίους είναι συνδεμένοι οι συνδρομητές του κέντρου, ονομάζονται **τελικοί επιλογείς** (Τ.Ε.).

Η διάταξη με μια επιλογική βαθμίδα που περιγράφαμε λύνει τεχνικά το πρόβλημα της συνδέσεως 100 συνδρομητών μεταξύ τους, δεν χρησιμοποιείται όμως στην πράξη, γιατί παρουσιάζει δύο μεγάλα **οικονομικά μειονεκτήματα**:

Πρώτο: Κάθε συνδρομητής έχει αποκλειστικά δικό του ένα ακριβό εκατονταμερή υψοστροφικό ή κινητηριακό τελικό επιλογέα, ο οποίος χρησιμοποιείται μόνο όταν ο κάτοχός του καλεί έναν άλλο συνδρομητή, αξιοποιείται δηλαδή πολύ λίγο.

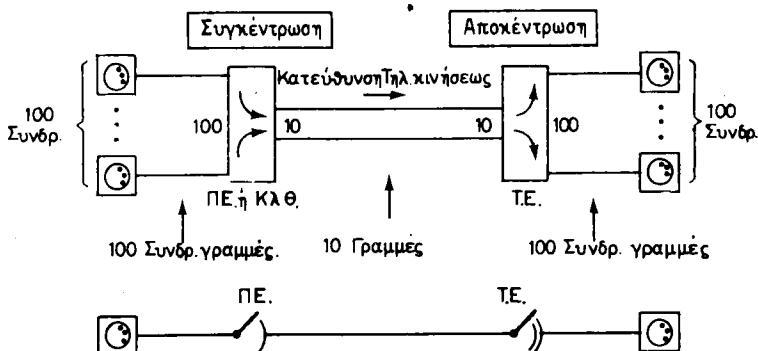
Δεύτερο: Υπάρχουν πολύ περισσότεροι Τ.Ε. στο κέντρο από ότι χρειάζεται, γιατί και αν ακόμα μιλούν ταυτόχρονα σε μια χρονική στιγμή και οι 100 συνδρομητές, θα απασχολούνται μόνο οι 50 επιλογείς των καλούντων συνδρομητών, δηλαδή οι μισοί επιλογείς.

Στην πραγματικότητα ποτέ δεν συνομιλούν ταυτόχρονα όλοι οι συνδρομητές. Εκτεταμένες παρατηρήσεις έχουν αποδείξει, ότι και στις ώρες αιχμής της τηλεφωνικής κινήσεως, δηλαδή στις ώρες που οι συνδρομητές πραγματοποιούν τις περισσότερες συνδέσεις, οι ταυτόχρονες συνδιαλέξεις δεν είναι περισσότερες από 10 ώς 15 ανά 100 συνδρομητές. Τις υπόλοιπες ώρες είναι πολύ λιγότερες. Αν λοιπόν οι ταυτόχρονες συνδιαλέξεις 100 συνδρομητών σπάνια ξεπερνούν τον αριθμό π.χ. 10, θα αρκούν για τη διεκπεραίωση της κινήσεως τους 10 μόνο εκατονταμερείς τελικοί επιλογείς, στις εξόδους των οποίων θα είναι συνδεμένοι πολλαπλά οι 100 συνδρομητές. Οι επιλογείς όμως αυτοί δε θα ανήκουν πια αποκλειστικά σε 10 συνδρομητές, αλλά θα βρίσκονται στη διάθεση και των 100 συνδρομητών, τους οποίους εξυπηρετούν ισότιμα.

Βέβαια, αν και οι 10 Τ.Ε. είναι κατειλημμένοι σε κάποια χρονική στιγμή από 10 καλούντες συνδρομητές, ένας ενδέκατος συνδρομητής, που θα προσπαθήσει να τηλεφωνήσει, δε θα μπορέσει να συνδεθεί και θα πάρει το ηχόσημα κατειλημμένου. Αυτό το χαρακτηρίζομε σαν **απώλεια τηλεφωνικής κινήσεως**. Η απώλεια αυτή στην πράξη, καθορίζεται στο 1% περίπου, δηλαδή στις 100 προσπάθειες αποκαταστάσεως συνδέσεως μία μόνο να μην επιτυγχάνει κατά μέσο όρο, επειδή όλοι οι Τ.Ε. θα είναι κατειλημμένοι.

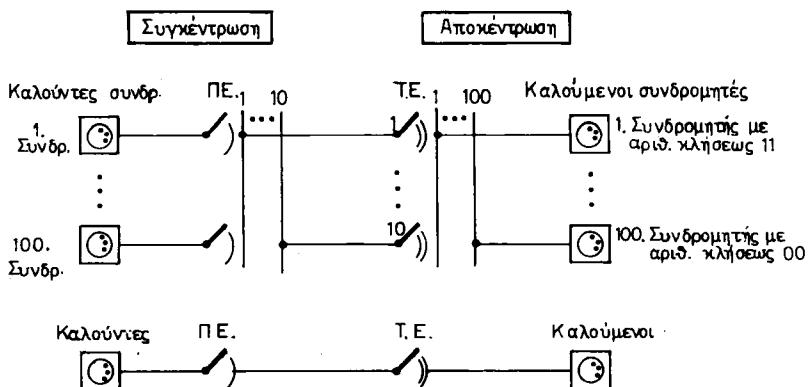
Είναι τώρα φανερό, πως οι 100 συνδρομητές δεν είναι δυνατόν να είναι μόνιμα συνδεμένοι με τους 10 Τ.Ε., όπως ήταν προηγουμένως με τους 100 Τ.Ε. Καθένας όμως από τους 100 συνδρομητές θα πρέπει να μπορεί να συνδεθεί με ένα Τ.Ε., αν αυτός βέβαια είναι ελεύθερος. Τη σύνδεση αυτή πραγματοποιούν άλλοι επιλογείς, που παρεμβάλλονται μεταξύ των συνδρομητικών γραμμών και των Τ.Ε. και σχηματίζουν μια ανεξάρτητη βαθμίδα επιλογέων. Η βαθμίδα αυτή ονομάζεται ανάλογα με το σύστημα **προεπιλογική βαθμίδα** (βαθμίδα Π.Ε.) ή **βαθμίδα συνδρομητικών παροχέων με κλησιθήρες** (βαθμίδα ΚΛΘ.).

Το σχήμα 3.1ε δείχνει παραστατικά τη διεκπεραίωση της κινήσεως σ' ένα κέντρο με βαθμίδα Π.Ε. ή ΚΛΘ. και βαθμίδα Τ.Ε. Στη βαθμίδα Π.Ε. ή ΚΛΘ. **συγκεντρώνεται** η κίνηση 100 εισερχομένων συνδρομητικών γραμμών στις 10 εξερχόμενες γραμμές, που οδηγούν στις εισόδους των 10 Τ.Ε. Στη βαθμίδα Τ.Ε. **αποκεντρώνεται** η κίνηση από τις 10 εισερχόμενες γραμμές στις 100 εξερχόμενες συνδρομητικές γραμμές.



Σχ. 3.1ε.

Συγκέντρωση και αποκέντρωση της τηλεφωνικής κινήσεως σε κέντρο 100 συνδρομητών.



Σχ. 3.1στ.

Εποπτικό διυγράμμα κέντρου 100 συνδρομητών με προεπιλογέις (Π.Ε.) και τελικούς επιλογέις (Τ.Ε.).

Υπάρχουν δύο διαφορετικοί τρόποι αποκαταστάσεως της συνδέσεως μεταξύ μιας συνδρομητικής γραμμής και ενός Τ.Ε. στη βαθμίδα συγκεντρώσεως της κινήσεως: α) με **προεπιλογέις** και β) με **κλησιθήρες**.

Κέντρο με προεπιλογέις.

Στο κέντρο αυτό κάθε συνδρομητής είναι συνδεμένος μόνιμα με ένα περιστροφικό επιλογέα 10 εξόδων, που ονομάζεται **προεπιλογέας** (Π.Ε.) και ανήκει αποκλειστικά στο συνδρομητή. Άρα σ' ένα κέντρο 100 συνδρομητών υπάρχουν 100 Π.Ε. Οι έξοδοι των 100 Π.Ε. είναι πολλαπλά συνδεμένες και καθεμιά οδηγεί σ' ένα Τ.Ε. (σχ. 3.1στ.).

Όταν ο συνδρομητής σηκώσει το μικροτηλέφωνό του, αρχίζει ο Π.Ε. να περιστρέφεται και **δοκιμάζει** μία προς μία τις εξερχόμενες γραμμές για να βρει ένα ελεύθερο Τ.Ε. ή να **επλέξει**, όπως λέμε, έναν Τ.Ε. Η κίνησή του αυτή δεν κατευθύνεται από το συνδρομητή, γι' αυτό ονομάζεται **ελεύθερη κίνηση** και η επιλογή **ελεύθερη επιλογή**. Στην πρώτη ελεύθερη γραμμή, που συναντά ο Π.Ε. κατά τη δο-

κιμή, σταματούν οι βραχίονές του και **καταλαμβάνεται** ο ελεύθερος Τ.Ε. στην άκρη της γραμμής. Ο συνδρομητής παίρνει τότε το **ηχόσημα ενάρξεως της επιλογής** και οι δύο παλμοσειρές, που αποστέλλει στη συνέχεια, κατευθύνουν όπως και προηγουμένως στο κέντρο με 100 Τ.Ε., τον Τ.Ε. στην αντίστοιχη έξοδο. Οι βραχίονές του κινούνται τώρα εξαναγκασμένα, γι' αυτό και η επιλογή που εκτελούν ονομάζεται **εξαναγκασμένη επιλογή**.

Συγκρίνοντας τη διάταξη του σχήματος 3.1δ με τη διάταξη του σχήματος 3.1 στο βλέπομε πως στο κέντρο με Π.Ε. χρησιμοποιούνται συνολικά 110 επιλογές αντί 100 επιλογέων στο κέντρο με 100/μερείς επιλογείς. Από τους 110 όμως αυτούς επιλογές οι 100 είναι 10/μερείς Π.Ε. και μόνο οι 10 Τ.Ε. είναι 100/μερείς. Κι' επειδή ένας Τ.Ε. είναι 7 φορές περίπου ακριβότερος από ένα Π.Ε., η διάταξη με Π.Ε. αντιστοιχεί από την άποψη κόστους σε μια διάταξη με 25 Τ.Ε. Έτσι επιτυγχάνεται μείωση του κόστους κατά 75% σχετικά με την προηγούμενη περίπτωση. Ενώ όμως εκεί δεν παρουσιάζονται απώλειες, δηλαδή καθένας συνδρομητής μπορεί να συνδεθεί οπωσδήποτε με κάθε άλλο συνδρομή που επιθυμεί (ανεξάρτητα αν δεν πραγματοποιηθεί τελικά συνδιάλεξη, γιατί ο καλούμενος συνδρομητής μιλά π.χ. με άλλο συνδρομητή ή απουσιάζει), στο κέντρο με Π.Ε. εμφανίζονται σποραδικά απώλειες, δηλαδή ο συνδρομητής που καλεί δεν μπορεί να συνδεθεί με έναν άλλο συνδρομητή γιατί δεν βρίσκει ελεύθερο Τ.Ε. Το μειονέκτημα όμως αυτό είναι μηδαμινό, εφόσον φυσικά διατηρούνται μικρές οι απώλειες, συγκριτικά με τη μεγάλη μείωση του κόστους που επιτυγχάνεται με τους Π.Ε.

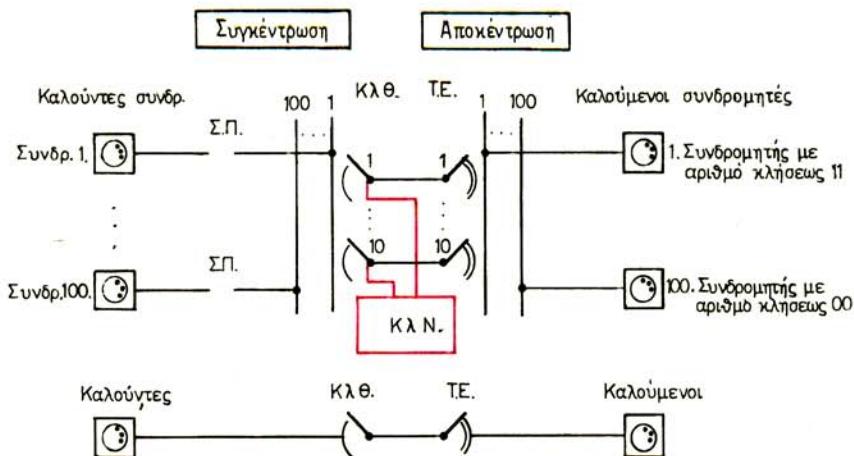
Στη διάταξη που περιγράψαμε, υποθέσαμε πως διεξάγονται ταυτόχρονα 10 συνδιαλέξεις, γι' αυτό προβλέψαμε 10 Τ.Ε. συνδεμένους στις 10 εξόδους των Π.Ε. Αν θέλομε να μπορούν να διεξάγονται **ταυτόχρονα** περισσότερες από 10 συνδιαλέξεις π.χ. 15, επειδή οι 100 συνδρομητές μιλούν περισσότερο από το κανονικό, θα πρέπει να προβλέψουμε 15 Τ.Ε. Σαν συνέπεια θα πρέπει να υπάρχουν κανονικά Π.Ε. με 15 εξόδους, στις οποίες θα συνδεθούν οι Τ.Ε. ώστε κάθε συνδρομητής να μπορεί να φθάσει σε καθένα από τους 15 Τ.Ε. Υπάρχει όμως τρόπος να συνδεθούν οι 15 Τ.Ε. και στις εξόδους 10/μερών Π.Ε., δημοσίευση στη συνέχεια.

Κέντρο με κλησιθήρες.

Στο κέντρο αυτό δεν αναζητεί ο συνδρομητής μέσω του Π.Ε. του ένα ελεύθερο Τ.Ε., αλλά αντίστροφα, ένας ελεύθερος Τ.Ε. αναζητεί τον καλούντα συνδρομητή. Κάθε Τ.Ε. είναι μόνιμα συνδεμένος στην είσοδο ενός περιστροφικού επιλογέα, ενώ οι συνδρομητές είναι συνδεμένοι στις εξόδους του (σχ. 3.1ζ). Ο επιλογέας αυτούς ονομάζεται **κλησιθήρας** (Κλθ.) και έχει 100 ή 200 εξόδους, ώστε ισάριθμοι συνδρομητές μπορούν να συνδεθούν σ' αυτές.

Όταν ένας συνδρομητής σηκώσει το μικροτηλέφωνό του, περιστρέφεται ο Κλθ. ενός ελεύθερου Τ.Ε., ώστου να βρει τη γραμμή του καλούντος συνδρομητή και σταματήσει σ' αυτήν. Έτσι συνδέεται ο συνδρομητής μέσω του Κλθ. με ένα ελεύθερο Τ.Ε. και παίρνει το ηχόσημα ενάρξεως της επιλογής. Την εντολή να περιστραφεί και αναζητήσει τον καλούντα συνδρομητή παίρνει ο Κλθ. από μια κεντρική διάταξη τον **κλησινόμο** (ΚΛΝ.). Ο ΚΛΝ. αποτελείται από ένα κινητηριακό επιλογέα, που εξυπηρετεί διαδοχικά αρκετούς Κλθ.

Κάθε συνδρομητής έχει στην άκρη της συνδρομητικής του γραμμής που φθάνει στο τηλεφωνικό κέντρο, μια ατομική διάταξη από δύο ρωστήρες, που ονομάζεται



Σχ. 3.1ζ.

Εποπτικό διάγραμμα κέντρου 100 συνδρομητών με κλησιθήρες (ΚΛΘ.) και Τ.Ε.

συνδρομητικός παροχέας (Σ.Π.). Η διάταξη αυτή διαπιστώνει την κατάσταση της συνδρομητικής γραμμής, δηλαδή αν περνά ρεύμα από αυτήν, που σημαίνει ότι ο συνδρομητής έχει σηκώσει το μικροτηλέφωνό του ή όχι. Από τους Σ.Π. οδηγούν γραμμές στην είσοδο του ΚΛΝ. κι έτσι πληροφορείται και ο ΚΛΝ. την κατάσταση των συνδρομητικών γραμμών.

Στις εξόδους του ΚΛΝ. είναι συνδεμένοι οι ΚΛΘ. Ο ΚΛΝ. αναζητεί έναν ελεύθερο ΚΛΘ. και αναμένει στην έξοδο που οδηγεί σ' αυτόν, ώσπου να φθάσει από τον Σ.Π. η πληροφορία ότι ένας συνδρομητής επιθυμεί να τηλεφωνήσει. Η πληροφορία αυτή μεταβιβάζεται μέσω του ΚΛΝ. στον ελεύθερο ΚΛΘ. που αρχίζει να περιστρέφεται σε αναζήτηση του καλούντος συνδρομητή, ενώ ο ΚΛΝ. προχωρεί και αναζητεί έναν άλλο ελεύθερο ΚΛΘ. Εκεί αναμένει την επόμενη κλήση ενός συνδρομητή.

Απ' όσα περιγράψαμε γίνεται φανερό πως οι Π.Ε. και οι ΚΛΘ. εξυπηρετούν τον ίδιο σκοπό αλλά με διαφορετικό τρόπο.

Η διάταξη με ΚΛΘ. απαιτεί συνολικά 10 100μερείς ΚΛΘ. και 10 100/μερείς Τ.Ε., δηλαδή λιγότερους από ότι η διάταξη με Π.Ε. Απαιτούνται όμως 100 Σ.Π. και ορισμένοι ΚΛΝ. για την εξυπηρέτηση των 100 συνδρομητών. Το ερώτημα, ποια από τις δύο διατάξεις είναι η ευνοϊκότερη από τεχνικής και οικονομικής πλευράς, δεν μπορεί να απαντηθεί για όλες τις περιπτώσεις, γιατί εξαρτάται από πλήθος συντελεστές που μεταβάλλονται από περίπτωση σε περίπτωση.

Τέλειες και ατελείς δέσμες – Μίζη γραμμών.

Όπως γνωρίσαμε προηγουμένως, σε κάθε επιλογική βαθμίδα διακρίνονται **εισερχόμενες** και **εξερχόμενες γραμμές**. Στην επιλογική π.χ. βαθμίδα του σχήματος 3.1στ εισερχόμενες είναι οι 100 συνδρομητικές γραμμές και εξερχόμενες οι 10 γραμμές, που οδηγούν στους Τ.Ε. Σκοπός της επιλογικής βαθμίδας είναι να ενώσει μια εισερχόμενη με μια εξερχόμενη γραμμή.

Μια ομάδα **ισοδυνάμων γραμμών**, δηλαδή γραμμών που η καθεμιά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον ίδιο σκοπό αντί μιάς άλλης γραμμής της ομάδας, χαρακτη-

ρίζεται **δέσμη γραμμών**. Οι 10 εξερχόμενες γραμμές π.χ. της προεπιλογικής βαθμίδας που αναφέραμε (σχ. 3.1στ), αποτελούν μιά δέσμη, γιατί η καθεμιά τους οδηγεί σε ένα Τ.Ε. και δεν έχει σημασία με ποιά απ' αυτές θα συνδεθεί μια εισερχόμενη γραμμή για να φθάσει στον καλούμενο συνδρομητή.

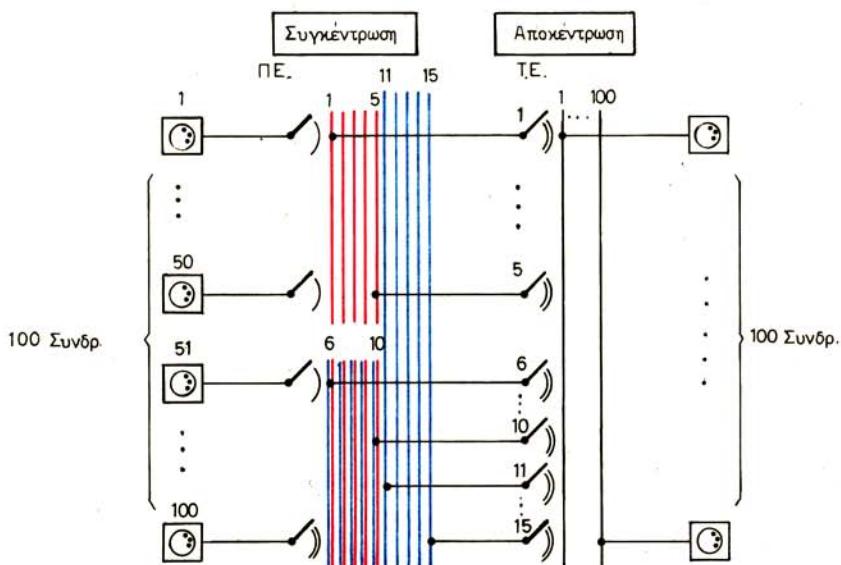
Τις δέσμες των εξερχόμενων γραμμών διακρίνομε από την άποψη της προσπελάσεως σ' αυτές, σε δυο κατηγορίες: **σε τέλειες και ατελείς δέσμες**.

Τέλεια χαρακτηρίζεται η εξερχόμενη δέσμη, όταν κάθε ελεύθερη εισερχόμενη γραμμή της επιλογικής βαθμίδας μπορεί να συνδεθεί πάντοτε με κάθε ελεύθερη εξερχόμενη γραμμή της δέσμης. Αυτό σημαίνει, ότι η εισερχόμενη γραμμή δεν θα συνδεθεί, μόνο όταν **δλεις** οι εξερχόμενες γραμμές της δέσμης είναι κατειλημμένες.

Ατελής είναι η δέσμη, όταν μια ελεύθερη εισερχόμενη γραμμή δεν μπορεί να συνδεθεί πάντοτε με κάθε ελεύθερη εξερχόμενη γραμμή. Έτσι είναι δυνατόν να μην μπορεί να πραγματοποιηθεί σύνδεση, παρ' όλο ότι υπάρχει ελεύθερη εξερχόμενη γραμμή, την οποία δύναται δεν μπορεί να καταλάβει η εισερχόμενη γραμμή.

Το σχήμα 3.1η δείχνει σαν παράδειγμα μια ατελή δέσμη. Στις εξόδους των 10/μερών Π.Ε. είναι συνδεμένοι 15 Τ.Ε. Απ' αυτούς οι Τ.Ε. 1 ώς 5 ανήκουν αποκλειστικά στους Π.Ε. 1 ώς 50, οι Τ.Ε. 6 ώς 10 αποκλειστικά στους Π.Ε. 51 ώς 100, ενώ οι Τ.Ε. 11 ώς 15 είναι κοινοί και στους 100 Π.Ε. (συνδρομητές). Αυτό φαίνεται αμέσως απ' τη σύνδεση των εξόδων των Π.Ε. Οι 5 πρώτες έξοδοι είναι πολλαπλά συνδεμένες μόνο σε 50 Π.Ε., ενώ οι υπόλοιπες 5 έξοδοι είναι πολλαπλά συνδεμένες και στους 100 Π.Ε.

Απ' το σχήμα 3.1η διαπιστώνομε, ότι 100 συνδρομητές έχουν στη διάθεσή τους 15 Τ.Ε. και έτσι είναι δυνατόν να διεξάγονται ταυτόχρονα 15 συνδιαλέξεις. Κάθε συνδρομητής, δύναται, μπορεί να καταλάβει μόνο 10 Τ.Ε., όσους είναι δηλαδή



Σχ. 3.1η.
Παράδειγμα ατελούς δέσμης.

συνδεμένοι στις 10 εξόδους του επιλογέα του. Γι' αυτό λέμε ότι η **προσιτότητα** στην προεπιλογική αυτή βαθμίδα είναι $k = 10$.

Αν λοιπόν, σε μιά από τις δυό ομάδες των 50 συνδρομητών, π.χ. στην ομάδα των συνδρομητών 1 ώς 50, είναι κατειλημμένες σε μια χρονική στιγμή και οι 10 γραμμές, που είναι πολλαπλά συνδεμένες στις εξόδους των Π.Ε. τους, δηλαδή οι γραμμές 1 ώς 5 και 11 ώς 15, ένας συνδρομητής από την ομάδα αυτή που θα προσπαθήσει να συνδεθεί, θα πάρει το σήμα κατειλημμένου. Είναι όμως δυνατόν μιά ή περισσότερες από τις γραμμές 6 ώς 10 της ομάδας των συνδρομητών 51 ώς 100 να είναι ελεύθερες, αλλά στις γραμμές αυτές δεν μπορεί να φθάσει ο συνδρομητής της ομάδας 1 ώς 50.

Είναι φανερό πως στην ατελή δέσμη εμφανίζονται μεγαλύτερες απώλειες από όσο σε μια τέλεια δέσμη με ίσο αριθμό εξερχομένων γραμμών. Μια τέλεια δέσμη θα μπορούσε να σχηματιστεί στο παράδειγμα που αναφέραμε με Π.Ε. 15 εξόδων αντί 10 που θα είχαν πολλαπλά συνδεμένες όλες τις εξόδους τους. Οι Π.Ε. όμως αυτοί είναι ακριβότεροι και η λύση **αντιοικονομική** συγκριτικά με τη διάταξη του σχήματος 3.1η.

Η πολλαπλή παράλληλη σύνδεση **όλων** των αντιστοίχων εξόδων μιάς ομάδας επιλογέων ονομάζεται **απλή πολλαπλασιαστική ζεύξη**.

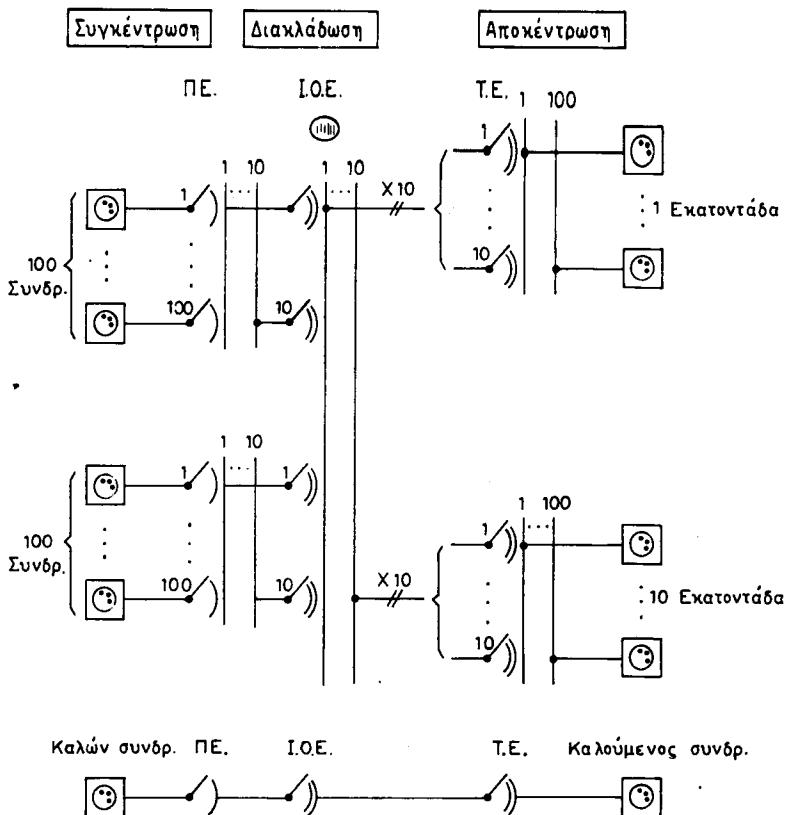
Η διάταξη του σχήματος 3.1η αποτελεί μία διάταξη **μίξεως γραμμών** ή **μικτή ζεύξη**. Μικτή ζεύξη είναι κάθε πολλαπλή σύνδεση, που διαφέρει από την απλή πολλαπλασιαστική ζεύξη.

Η **μίξη γραμμών** ή **μικτονόμηση**, όπως λέμε, χρησιμοποιείται όταν δεν είναι δυνατός ο σχηματισμός τέλειας δέσμης, για να εξασφαλισθεί καλύτερη εκμετάλλευση των γραμμών και οργάνων του κέντρου. Καλύτερη εκμετάλλευση σημαίνει μεγαλύτερη χρησιμοποίηση των γραμμών κλπ., οπότε έχομε μείωση των απωλειών και περισσότερο ομοιόμορφη χρησιμοποίηση με αποτέλεσμα να φθείρονται ομοιόμορφα τα όργανα κλπ.

Κέντρο 1000 συνδρομητών.

Σ' ένα κέντρο 1000 συνδρομητών χωρίζομε τους συνδρομητές σε 10 ομάδες των 100 συνδρομητών. Σε κάθε ομάδα χρειάζονται, όπως είδαμε, 10 Τ.Ε. και 100 Π.Ε. ή 10 ΚΛΘ., εφόσον πραγματοποιούνται ταυτόχρονα 10 περίπου συνδιαλέξεις. Για να διακρίνονται μεταξύ τους οι 1000 συνδρομητές, πρέπει ο καθένας να έχει ένα τριψήφιο αριθμό κλήσεως, δηλαδή έναν από τους αριθμούς 111 ώς 000. Οι συνδρομητές μιάς **εκατοντάδας** παίρνουν το ίδιο πρώτο ψηφίο στον αριθμό κλήσεώς τους, π.χ. το 3 οι συνδρομητές της 3ης εκατοντάδας, το 7 της 7ης κ.ο.κ.

Για να μπορεί τώρα ένας συνδρομητής μιάς **εκατοντάδας** να συνδέεται με συνδρομητές όχι μόνο της δικής του **εκατοντάδας** αλλά και των υπολοίπων ομάδων, είναι φανερό πως πρέπει να είναι κατά κάποιο τρόπο συνδεμένες μεταξύ τους οι 10 ομάδες. Αυτό επιτυγχάνεται με μια **επί πλέον βαθμίδα** επιλογέων, που τοποθετείται μεταξύ των Π.Ε. και των Τ.Ε. και στην οποία **διακλαδίζεται** η κίνηση που συγκεντρώνεται στη βαθμίδα Π.Ε. Οι επιλογέις της βαθμίδας αυτής είναι 100/μερείς και ονομάζονται **πρώτοι οδικοί επιλογείς** (Ι.Ο.Ε.). Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.1θ που παριστάνει ένα κέντρο 1000 συνδρομητών με Π.Ε., κάθε ομάδα 100 συνδρομητών έχει αποκλειστικά στη διάθεσή της 10 Ι.Ο.Ε. συνδεμένους στις 10 εξόδους των Π.Ε. Οι έξοδοι των 100 Π.Ε. είναι πολλαπλά συνδεμένες ώστε καθένας από



Σχ. 3.10.

Εποπτικό διάγραμμα κέντρου 1000 συνδρομητών με Π.Ε.

τους 100 συνδρομητές της ομάδας μπορεί να καταλάβει καθένα από τους 10 Ι.Ο.Ε., εφόσον είναι ελεύθερος.

Στις εξόδους των Ι.Ο.Ε. είναι συνδεμένοι οι 100 Τ.Ε. Συγκεκριμένα, σε καθεμιά δεκάδα των Ι.Ο.Ε. είναι συνδεμένοι οι 10 Τ.Ε. της αντίστοιχης εκατοντάδας συνδρομητών. Δηλαδή στην 1η δεκάδα οι 10 Τ.Ε. της 1ης εκατοντάδας συνδρομητών με αρχικό ψηφίο κλήσεως το 1, στη 2η δεκάδα οι 10 Τ.Ε. της 2ης εκατοντάδας με αρχικό ψηφίο κλήσεως το 2, κ.ο.κ. Οι έξοδοι της **Ιδιας** δεκάδας με τον **Ιδιο** αριθμό είναι συνδεμένες πολλαπλά **σ' όλους** τους Ι.Ο.Ε. και των 10 ομάδων. Π.χ. την έξοδο 3 της 7ης δεκάδας όλων των Ι.Ο.Ε. ενώνει μια γραμμή που οδηγεί σ' ένα Τ.Ε. της 7ης εκατοντάδας συνδρομητών. Έτσι σχηματίζονται 10 **ξεχωριστά** πολλαπλά πεδία και 10 **ξεχωριστές** δέσμες, που η καθεμιά περιλαμβάνει τις 10 γραμμές μιάς δεκάδας προς τους Τ.Ε. της αντίστοιχης εκατοντάδας συνδρομητών.

Με τη σύνδεση αυτή μπορεί να φθάσει οποιοσδήποτε συνδρομητής του κέντρου στους Τ.Ε. οποιασδήποτε εκατοντάδας συνδρομητών. Έστω π.χ. ότι ένας συνδρομητής της 5ης ομάδας με αριθμό κλήσεως 573 επιθυμεί να συνδεθεί με το συνδρομητή 927 της 9ης ομάδας. Σηκώνοντας το μικροτηλέφωνο το 573, αρχίζει να περιστρέφεται ο Π.Ε. του αναζητώντας ένα ελεύθερο Ι.Ο.Ε. από τους 10, που έ-

χει στη διάθεσή της η 5η εκατοντάδα συνδρομητών. Ο πρώτος ελεύθερος I.O.E. που συναντιέται, καταλαμβάνεται και ο συνδρομητής παίρνει το σήμα ενάρξεως της επιλογής. Στη συνέχεια επιλέγει ο 573 το πρώτο ψηφίο 9 του αριθμού κλήσεως του καλούμενου και οι βραχίονες του I.O.E. κατευθύνονται στην 9η δεκάδα. Η επιλογή αυτή είναι **εξαναγκασμένη**.

Στην 9η δεκάδα περιστρέφεται ο I.O.E. **αυτοδύναμα**, δηλαδή χωρίς να κατευθύνεται από το συνδρομητή και αναζητεί ένα ελεύθερο T.E. από τους 10 που είναι συνδεμένοι στις εξόδους της δεκάδας, δοκιμάζοντας μία προς μία τις εξερχόμενες γραμμές. Η επιλογή εδώ είναι **ελεύθερη**. Ο πρώτος ελεύθερος T.E. που συναντιέται κατά τη δοκιμή καταλαμβάνεται και τα δύο υπόλοιπα ψηφία που επιλέγει ο 573, μεταβιβάζονται σε αυτόν. Το 2 κατευθύνει τον T.E. στη 2η δεκάδα και το 7 στην 7η έξοδο αυτής της δεκάδας. Εδώ είναι συνδεμένος ο συνδρομητής 927 κι έτσι πραγματοποιείται η σύνδεσή του με το συνδρομητή 573.

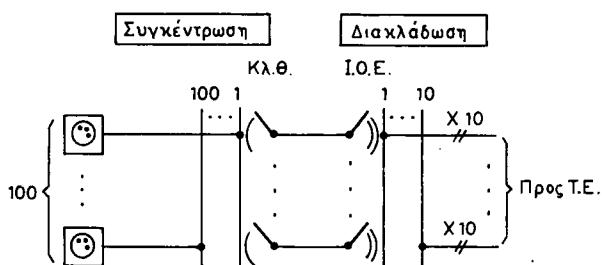
Η εύρεση ενός ελεύθερου T.E. πραγματοποιείται στο διάστημα μεταξύ του τέλους της επιλογής του πρώτου ψηφίου και της αρχής της επιλογής του δεύτερου ψηφίου, χωρίς ο συνδρομητής να αντιλαμβάνεται ότι διδήποτε από τη λειτουργία αυτή. Αν φυσικά δεν υπάρχει ελεύθερος T.E., ο συνδρομητής παίρνει το σήμα κατειλημμένου και διακόπτει τη σύνδεση.

Στο κέντρο 1000 συνδρομητών παρατηρούμε ότι στον I.O.E. γίνεται η διάκριση της εκατοντάδας, στην οποία είναι συνδεμένος ο καλούμενος συνδρομητής, στον T.E. η διάκριση της δεκάδας και τέλος της μονάδας. Ο I.O.E. επεξεργάζεται ένα μόνο ψηφίο του αριθμού κλήσεως, ενώ ο T.E. δύο ψηφία.

Σ' ένα κέντρο 1000 συνδρομητών με Κλ.θ. το μόνο που αλλάζει συγκριτικά με το κέντρο με Π.Ε., είναι η προεπιλογική βαθμίδα (σχ. 3.1i). Κάθε ομάδα 100 (ή 200) συνδρομητών είναι συνδεμένη πολλαπλά στις εξόδους 10 Κλ.θ. Οι 10 Κλ.θ. είναι μόνιμα συνδεμένοι με τους 10 I.O.E. της ομάδας.

Στο κέντρο που περιγράψαμε υποθέσαμε πως κάθε εκατοντάδα συνδρομητών μπορεί να εξυπηρετηθεί με μικρές απώλειες (π.χ. 1%) από 10 I.O.E. και 10 T.E. Με κατάλληλη μίξη των γραμμών είναι δυνατή η σύνδεση περισσοτέρων από 10 επιλογέων στις εξόδους 10/μερών επιλογέων. Έτσι εξυπηρετούνται ομάδες συνδρομητών με μεγαλύτερη τηλεφωνική κίνηση.

Εκτός από τις λειτουργίες που αναφέραμε, οι I.O.E. αναλαμβάνουν και ορισμένες ειδικές εργασίες, για τις οποίες είναι πιο κατάλληλοι, όπως π.χ. την παροχή του



Σχ. 3.1i.

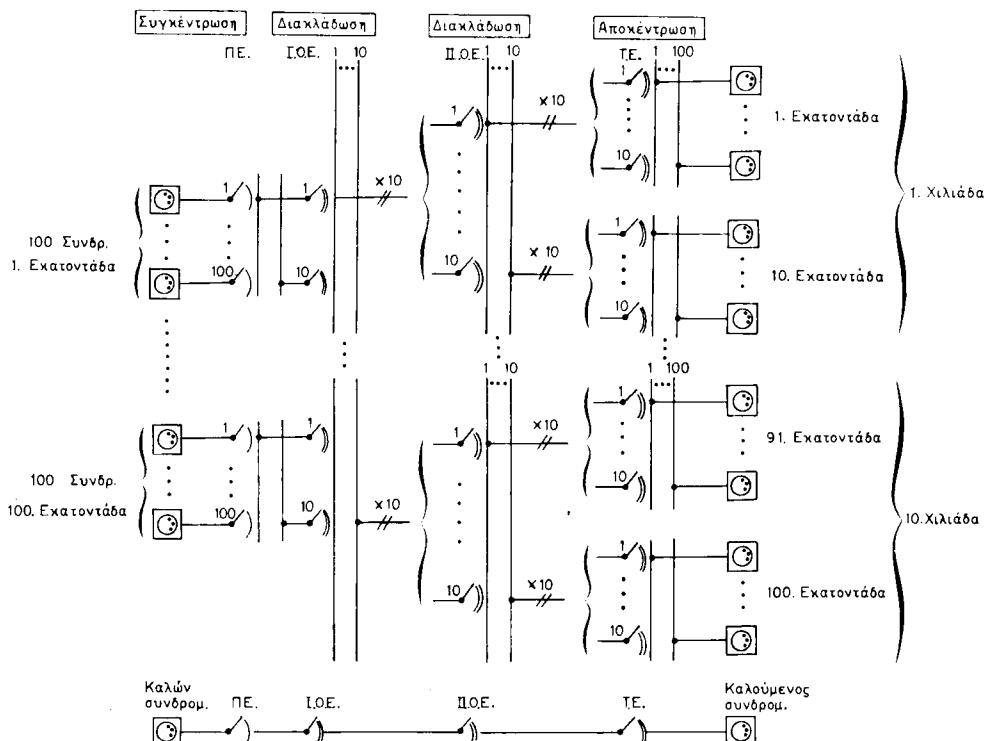
Εποπτικό διάγραμμα κέντρου 1000 συνδρομητών με Κλ.θ.

σήματος ενάρξεως επιλογής, την τροφοδότηση του μικροφώνου του καλούντος, τη χρέωση κλπ.

Κέντρο 10.000 συνδρομητών.

Το σχήμα 3.1α δείχνει τη δομή ενός κέντρου 10.000 συνδρομητών με ΠΕ. Οι συνδρομητές είναι διαιρεμένοι σε 10 ομάδες των 1000 συνδρομητών και έχουν τετραψήφιους αριθμούς κλήσεως από 1111 ως 0000. Η διάταξη των επιλογέων σε κάθε ομάδα 1000 συνδρομητών είναι βασικά η ίδια, όπως στο κέντρο 1000 συνδρομητών που περιγράφαμε προηγουμένως. Η διαφορά που παρουσιάζεται εδώ είναι, ότι μεταξύ των I.O.E. και των T.E. παρεμβάλλεται μια ακόμα βαθμίδα Ο.Ε., οι II.O.E., οι οποίοι μοιάζουν στην κατασκευή με τους I.O.E., αλλά δεν εκτελούν και τις συμπληρωματικές τους εργασίες. Στους I.O.E. γίνεται τώρα η επιλογή της **χιλιάδας**, στην οποία ανήκει ο καλούμενος συνδρομητής, ενώ στους II.O.E. η επιλογή της **εκατοντάδας**. Οι έξοδοι **όλων** των I.O.E. είναι πολλαπλά συνδεμένες, ώστε να είναι δυνατή η είσοδος σε οποιαδήποτε χιλιάδα οποιουδήποτε συνδρομητή του κέντρου. Οι 10 II.O.E. κάθε χιλιάδας συνδρομητών είναι συνδεμένοι στις εξόδους της αντίστοιχης δεκάδας των I.O.E.

Επιλέγοντας ο καλών συνδρομητής το πρώτο ψηφίο ενός τετραψήφιου αριθμού



Σχ. 3.1α.

Εποπτικό διάγραμμα κέντρου 10.000 συνδρομητών με ΠΕ.

κλήσεως, κατευθύνει τον Ι.Ο.Ε. στην αντίστοιχη δεκάδα (χιλιάδα συνδρομητών) με εξαναγκασμένη επιλογή. Στη δεκάδα αυτή στρέφεται αυτοδύναμα ο Ι.Ο.Ε. και αναζητεί ένα ελεύθερο ΙΙ.Ο.Ε. (ελεύθερη επιλογή). Με το δεύτερο ψηφίο διακρίνεται στον ΙΙ.Ο.Ε. η εκατοντάδα, στην οποία ανήκει ο συνδρομητής, δηλαδή ο ΙΙ.Ο.Ε. κατευθύνεται στη δεκάδα όπου είναι συνδεμένοι οι Τ.Ε. της αντίστοιχης εκατοντάδας συνδρομητών. Εδώ βρίσκεται με ελεύθερη, πάλι, επιλογή, ένας ελεύθερος Τ.Ε., στον οποίο αποστέλλονται τα δυο τελευταία ψηφία του αριθμού κλήσεως. Σημειώνομε, πως σε κάθε βαθμίδα Ο.Ε. γίνεται επεξεργασία **ενός** ψηφίου του αριθμού κλήσεως, ενώ στη βαθμίδα των Τ.Ε., **δυο** ψηφίων. Γ' αυτό και ένα κέντρο 10.000 συνδρομητών με τετραψήφιους αριθμούς κλήσεως έχει δυο βαθμίδες Ο.Ε. και μια Τ.Ε. Κατά τον ίδιο τρόπο μπορεί να σχηματιστεί από 10 ομάδες των 10.000 συνδρομητών και με παρεμβολή μιας ακόμα βαθμίδας Ο.Ε. ένα κέντρο 100.000 συνδρομητών.

Στην πράξη δεν κατασκευάζονται κέντρα με ηλεκτρομηχανικά στοιχεία για περισσότερους από 10.000 συνδρομητές. Όταν αυξηθούν οι συνδρομητές πάνω από το μέγεθος αυτό, κατασκευάζεται ένα νέο ξεχωριστό κέντρο που συνδέεται κατάλληλα με το πρώτο, όπως θα δούμε στο κεφάλαιο «Αστικό Τηλεφωνικό δίκτυο».

3.1.4 Αποκατάσταση συνδέσεων με ζευκτικά πεδία.

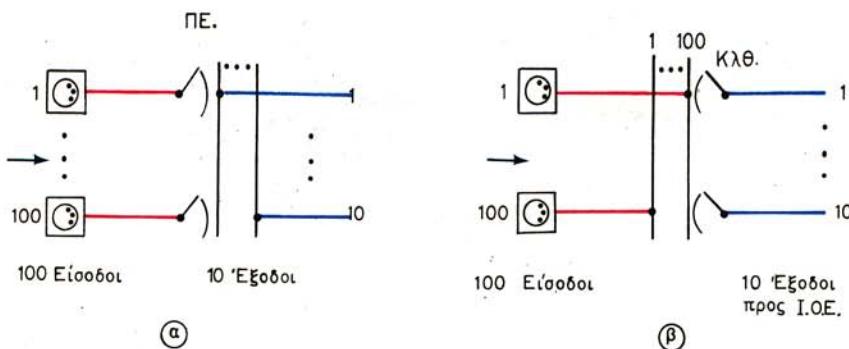
Όπως είδαμε στα προηγούμενα, για την αποκατάσταση μιας συνδέσεως με επιλογείς απαιτούνται, ανάλογα με το μέγεθος του κέντρου, περισσότερες επιλογικές βαθμίδες, η καθεμιά απ' τις οποίες εκτελεί μια συγκεκριμένη εργασία. Σε περίπτωση που χρησιμοποιούμε **ζευκτικά** πεδία, η εργασία αυτή θα πρέπει να εκτελεστεί τουλάχιστον εξ ίσου καλά και οικονομικά, όπως με επιλογείς, ώστε το σύστημα να είναι συναγωνίσιμο. Το πώς πραγματοποιείται αυτό είναι θέμα που εξετάζουμε στις επομένες σελίδες.

Μονοβάθμια και διβάθμια ζευκτικά πεδία.

Με βάση την προεπιλογική βαθμίδα θα γνωρίσουμε στη συνέχεια πώς ομαδοποιούνται οι συνδρομητές και πώς πραγματοποιείται μία σύνδεση σε μία βαθμίδα κέντρου με **ζευκτικά** πεδία.

Η βαθμίδα Π.Ε. ή ΚΛΘ. έχει σαν έργο, όπως γνωρίσαμε, τη συγκέντρωση της κινήσεως των συνδρομητών. Η κίνηση π.χ. 100 συνδρομητών συγκεντρώνεται σε 10 εξερχόμενες γραμμές προς τους Ι.Ο.Ε. του κέντρου, είτε με τη βοήθεια 10 Π.Ε., είτε με τη βοήθεια 10 Κλθ. Το σχήμα 3.1ιβ δείχνει τους δύο αυτούς τρόπους συγκεντρώσεως της κινήσεως [σχ. 3.1ιβ (α,β)] και επί πλέον τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να πραγματοποιηθεί η συγκέντρωση με ένα **ζευκτικό** πεδίο [σχ. 3.1β (γ)].

Οι 100 συνδρομητές είναι συνδεμένοι σε 100 οριζόντιες γραμμές του πεδίου, οι 10 εξερχόμενες γραμμές σε 10 κάθετες γραμμές. Η σύνδεση δύο γραμμών στο **ζευκτικό** πεδίο πραγματοποιείται στην περίπτωση αυτή **μέσω ενός ζευκτικού σημείου** ή **μιάς βαθμίδας**, γι' αυτό η διάταξη αυτή ονομάζεται **μονοβάθμια**. Οι διατάξεις α,β και γ έχουν την ίδια απόδοση, δηλαδή καθεμιά επιτρέπει την εξυπηρέτηση ταυτόχρονα 10 συνδρομητών και μόνο όταν είναι κατειλημένες και οι 10 εξερχόμενες γραμμές παίρνει ένας 11ος συνδρομητής, που επιθυμεί να συνδεθεί, το σή-



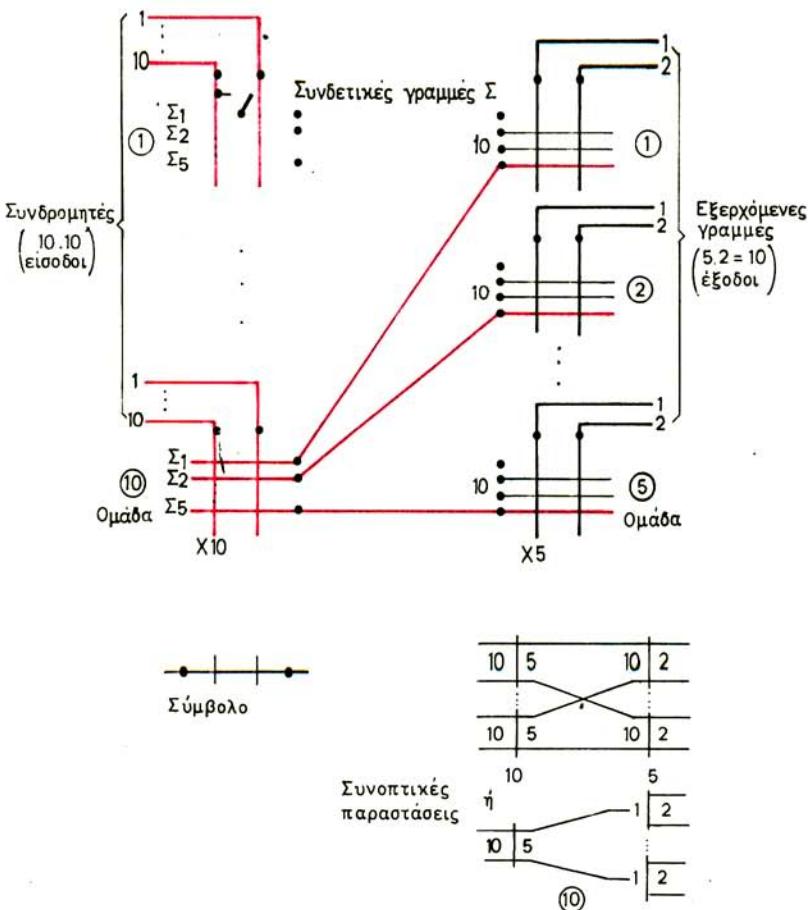
Σχ. 3.1.β.

Συγκέντρωση της κινήσεως 100 συνδρομητών σε 10 Ι.Ο.Ε με Π.Ε. (α), Κλθ. (β), και μονοβάθμιο ζευκτικό πεδίο (γ).

μα κατειλημμένου. Οι εξερχόμενες γραμμές αποτελούν **τέλεια δέσμη**. Μένει να εξεταστεί η οικονομικότητα της διατάξεως γ.

Όπως μπορεί να υπολογίσει κανείς αρέσως, το ζευκτικό πεδίο χρησιμοποιεί $100 \times 10 = 1000$ ζευκτικά σημεία, π.χ. μηχανικούς επαφείς, στα σημεία διασταύρωσεως των γραμμών, όσες δηλαδή εξόδους έχουν οι επιλογείς στις διατάξεις α) και β). Ένα δύμας ζευκτικό σημείο στοιχίζει, με τα σημειρινά δεδομένα της τεχνολογίας, πολύ περισσότερο από μία έξοδος επιλογέα. Έτσι παρά το ότι ένα ζευκτικό πεδίο συνδέει ταχύτερα τις γραμμές και φθείρεται λιγότερο απ' τους επιλογείς, είναι απαραίτητο να μειωθεί σημαντικά ο αριθμός των ζευκτικών του σημείων για να μπορεί να συναγωνισθεί ένα σύστημα με επιλογείς. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια μιάς **διβάθμιας διατάξεως**.

Σε ένα **διβάθμιο ζευκτικό πεδίο** μιά εισερχόμενη γραμμή συνδέεται με μια εξερχόμενη γραμμή μέσω **δύο ζευκτικών σημείων**. Το σχήμα 3.1γ δείχνει το διβάθμιο ζευκτικό πεδίο της προεπιλογικής βαθμίδας που εξετάζομε. Οι 100 συνδρομητές είναι χωρισμένοι σε 10 ομάδες των 10 συνδρομητών. Κάθε ομάδα έχει στη διάθεσή της 5 **συνδετικές ή ενδιάμεσες γραμμές** $\Sigma_1, \Sigma_2, \dots, \Sigma_5$, καθεμιά απ' τις οποίες μπορεί να συνδεθεί μέσω ζευκτικών σημείων με δύο εξερχόμενες γραμμές. Έτσι κάθε συνδρομητής έχει τη δυνατότητα να συνδεθεί μέσω μιάς απ' τις 5 συνδετικές γραμμές της ομάδας του με καθεμιά απ' τις 10 εξερχόμενες γραμμές και η κίνη-



Σχ. 3.1ιγ.
Διβάθμιο ζευκτικό πεδίο για την προεπιλογική βαθμίδα.

ση των 100 συνδρομητών συγκεντρώνεται στις 10 αυτές γραμμές, όπως στις διατάξεις α), β), γ) του σχήματος 3.1ιβ.

Σε μια διβάθμια διάταξη παρατηρούμε ότι υπάρχουν στη δεύτερη βαθμίδα, δεξιά, τόσες ομάδες (σύνολα) διασταυρουμένων γραμμών (συνδετικών και εξερχομένων), όσες είναι οι συνδετικές γραμμές μιάς ομάδας εισερχομένων γραμμών στην πρώτη βαθμίδα, αριστερά (5 στη διάταξη του σχήματος 3.1ιγ).

Επίσης κάθε ομάδα, δεξιά, έχει τόσες συνδετικές γραμμές, όσες είναι οι ομάδες των εισερχομένων γραμμών αριστερά (10 στο σχήμα 3.1ιγ). Δύο πιο συνοπτικοί τρόποι παραστάσεως της διβάθμιας διατάξεως καθώς και το σύμβολό της φαίνονται στο κάτω μέρος του σχήματος 3.1ιγ.

Αν μετρήσουμε τώρα τα ζευκτικά σημεία της διβάθμιας διατάξεως, διαπιστώνομε ότι ο συνολικός τους αριθμός είναι $10 \times 5 + 2 \times 10 \times 5 = 600$, δηλαδή σχεδόν το μισό του αριθμού των ζευκτικών σημείων της μονοβάθμιας διατάξεως. Το ειδώτημα που γεννιέται είναι, με ποιο **αντάλλαγμα** πραγματοποιήθηκε αυτή η μείω-

ση. Οπωσδήποτε, ο προσδιορισμός μιάς διαδρομής στο διβάθμιο πεδίο και η ενεργοποίηση των ζευκτικών σημείων για τη σύνδεση δύο γραμμών είναι περισσότερο πολύπλοκα απ' ό,τι στο μονοβάθμιο πεδίο. Το χαρακτηριστικό όμως γνώρισμα της νέας διατάξεως είναι ότι οι εξερχόμενες γραμμές δεν σχηματίζουν πια μια **τέλεια δέσμη**, όπως στη μονοβάθμια διάταξη. Μια εισερχόμενη δηλαδή γραμμή δεν μπορεί να συνδεθεί σ' όλες τις περιπτώσεις λειτουργίας του πεδίου με κάθε εξερχόμενη γραμμή. Αποτέλεσμα είναι σε ορισμένες περιπτώσεις να πάρνει ο συνδρομητής το σήμα κατειλημένου, αν και υπάρχει ελεύθερη εξερχόμενη γραμμή. Αυτό οφείλεται στο **μπλοκάρισμα του δρόμου**, που οδηγεί απ' την εισερχόμενη στην ελεύθερη εξερχόμενη γραμμή.

Αν π.χ. από μια ομάδα 10 συνδρομητών, έστω την πρώτη, έχουν πραγματοποιήσει συνδέσεις 4 συνδρομητές, βρίσκονται κατειλημένες 4 συνδετικές γραμμές, έστω οι γραμμές Σ₁ ως Σ₄ και για τη σύνδεση ενός πέμπτου συνδρομητή απομένει ελεύθερη η συνδετική γραμμή Σ₅. Μέσω της γραμμής αυτής μπορεί να φθάσει ο συνδρομητής στις δύο εξερχόμενες γραμμές της ομάδας 5, δεξιά. Αν όμως οι γραμμές αυτές είναι ήδη κατειλημένες από συνδρομητές **άλλων ομάδων**, αριστερά και ενώ είναι δυνατόν να υπάρχουν μέχρι 4 ακόμα ελεύθερες γραμμές στις ομάδες 1 μέχρι 4 δεξιά, ο καλών συνδρομητής δεν μπορεί να συνδεθεί με καμιά απ' αυτές, γιατί ακριβώς οι συνδετικές γραμμές Σ₁ ως Σ₄ της ομάδας του είναι ήδη κατειλημένες, και παίρνει το σήμα κατειλημένου.

Είναι δηλαδή δυνατό να υπάρχουν ελεύθερες εξερχόμενες γραμμές σε άλλες ομάδες, δεξιά, αλλά οι συνδετικές γραμμές που οδηγούν σ' αυτές απ' την πρώτη ομάδα συνδρομητών να είναι κατειλημένες και να έχουν μπλοκάρει το δρόμο. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **εσωτερική συμφόρηση** και οδηγεί σε αύξηση των απωλειών κινήσεως.

Στη διβάθμια διάταξη, επίσης, είναι δυνατόν να συνδεθούν **tautóchrona** από μια ομάδα 10 συνδρομητών μόνο οι 5 (όσες είναι οι συνδετικές γραμμές της ομάδας), ενώ στη μονοβάθμια διάταξη μπορούν και οι 10 συνδρομητές να πραγματοποιήσουν **tautóchrona** συνδέσεις.

Οι βαθμίδες οδικής και τελικής επιλογής σχηματίζονται επίσης με διβάθμια ζευκτικά πεδία ή με πεδία που περιέχουν περισσότερες από δύο βαθμίδες (τριβάθμια κλπ.). Στη δεύτερη περίπτωση χρησιμοποιούνται περισσότερα από δύο ζευκτικά σημεία (π.χ. τρία σε ένα τριβάθμιο πεδίο) για την πραγματοποίηση μιάς συνδέσεως σε μία επιλογική βαθμίδα.

Καθοδήγηση ζευκτικών πεδίων.

Ένας επιλογέας μπορεί να οδηγηθεί **άμεσα**, όπως γνωρίσαμε, με τη βοήθεια παλμοσειράς, που αποστέλλει ο συνδρομητής που καλεί ή μια άλλη κατάλληλη διάταξη. Ένα ζευκτικό πεδίο, αντίθετα, μπορεί να καθοδηγηθεί μόνο **έμμεσα** με τη βοήθεια κεντρικής διατάξεως. Κέντρα στα οποία η διασύνδεση των γραμμών πραγματοποιείται και ελέγχεται από κεντρική διάταξη ονομάζονται **Κέντρα Κεντρικού ή Κοινού Ελέγχου**.

Η **κεντρική διάταξη καθοδηγήσεως** πρέπει, πρωτ' από όλα να είναι σε θέση να διαπιστώσει, ότι ένας συνδρομητής επιθυμεί να συνδεθεί και κατόπιν να μπορεί να πάρνει τον αριθμό κλήσεως του καλούμενου, που αποστέλλεται υπό μορφή παλμοσειρών ή σα συνδυασμός συχνοτήτων. Αυτό επιτυγχάνεται σε παλαιότερα συ-

στήματα με τη βοήθεια **αγωγών σηματοδοτήσεως**, που συνδέουν κάθε μια εισερχόμενη γραμμή του ζευκτικού πεδίου με την κεντρική διάταξη. Απ' το δυναμικό του αγωγού σηματοδοτήσεως διαπιστώνεται η επιθυμία συνδέσεως του συνδρομητή και μέσω του αγωγού αυτού φθάνει ο αριθμός κλήσεως στην κεντρική διάταξη.

Απ' τον αριθμό τώρα του καλούμενου συνδρομητή προσδιορίζει η διάταξη τη διαδρομή που πρέπει να ακολουθήσει η σύνδεση στο ζευκτικό πεδίο για να φθάσει στον προορισμό της, δηλαδή τις συνδετικές γραμμές, τα ζευκτικά σημεία και την εξερχόμενη γραμμή που πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Ο προσδιορισμός της διαδρομής πραγματοποιείται από λογικά κυκλώματα και προϋποθέτει γνώση της καταστάσεως των συνδετικών και εξερχομένων γραμμών από μέρους της κεντρικής διατάξεως, γνώση δηλαδή των ελευθέρων και κατειλημμένων γραμμών σε κάθε χρονική στιγμή. Τις πληροφορίες αυτές παίρνει η κεντρική διάταξη από το ζευκτικό πεδίο με τη βοήθεια επίσης αγωγών σηματοδοτήσεως, που καταφθάνουν σ' αυτήν από κάθε συνδετική και εξερχόμενη γραμμή. Το δυναμικό δηλαδή του αγωγού γνωστοποιεί αν η γραμμή είναι ελεύθερη ή κατειλημμένη. Τα κέντρα, που λειτουργούν με τη μέθοδο αυτή, ονομάζονται **κέντρα ενσυρματωμένου ελέγχου ή κέντρα ενσυρματωμένης λογικής**.

Ένας δεύτερος τρόπος διαπιστώσεως της καταστάσεως των γραμμών που χρησιμοποιείται σε σύγχρονα ηλεκτρονικά κέντρα είναι ο έλεγχος με τη βοήθεια ενός **κεντρικού ταμιευτή**, μιάς διατάξεως ανάλογης με τη μνήμη ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή. Στην περίπτωση αυτή, δεν υπάρχουν αγωγοί σηματοδοτήσεως μεταξύ πεδίου και κεντρικής διατάξεως, αλλά όταν πραγματοποιείται μιά σύνδεση εγγράφονται στον ταμιευτή οι γραμμές που καταλαμβάνονται. Στον ταμιευτή επίσης είναι εγγραμμένη δλη η δομή του πεδίου, δηλαδή οι γραμμές που περιλαμβάνει και που ανήκει η καθεμιά, ώστε η κεντρική διάταξη είναι σε θέση να προσδιορίσει μια διαδρομή συνδέσεως μόνο με τις πληροφορίες που παίρνει απ' τον ταμιευτή βάσει ενός προγράμματος, όπως ένας **ηλεκτρονικός υπολογιστής**. Η μέθοδος αυτή, στην οποία το ζευκτικό πεδίο καθοδηγείται ουσιαστικά από ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή, έχει το πλεονέκτημα ότι αλλαγές στη δομή του πεδίου δεν απαιτούν αλλαγές στους αγωγούς σηματοδοτήσεως, αλλά λαμβάνονται εύκολα υπόψη με αλλαγές στον ταμιευτή. Τα κέντρα, που λειτουργούν με τη μέθοδο αυτή, ονομάζονται **Κέντρα με έλεγχο από ενταμιευμένο πρόγραμμα**, ή πιο σύντομα, **Κέντρα ενταμιευμένου προγράμματος**.

Επειδή η κεντρική διάταξη, όπως είναι φανερό, είναι πολύπλοκη και έχει υψηλό κόστος, είναι απαραίτητο να εξυπηρετεί μεγάλο αριθμό συνδέσεων, για να χρειάζονται όσο το δυνατό λιγότερες διατάξεις σ' ένα κέντρο. Αυτό προϋποθέτει μεγάλη ταχύτητα λειτουργίας και ελάχιστη χρονική απασχόληση της διατάξεως ανά σύνδεση. Η μεγάλη ταχύτητα εξασφαλίζεται με τη χρησιμοποίηση στη διάταξη ηλεκτρονικών στοιχείων, που επεξεργάζονται πάρα πολύ γρήγορα τις πληροφορίες και δίνουν τα απαραίτητα αποτελέσματα για την πραγματοποίηση της συνδέσεως. Ο χρόνος όμως απασχολήσεως (καταλήψεως) της διατάξεως ανά σύνδεση εξαρτάται, εκτός απ' την ταχύτητα λειτουργίας της, και από την ταχύτητα με την οποία μεταβιβάζεται ο αριθμός κλήσεως του καλούμενου συνδρομητή στη διάταξη και από την ταχύτητα με την οποία λειτουργούν τα ζευκτικά σημεία στο πεδίο για να συνδέσουν τις γραμμές.

Αν ο αριθμός κλήσεως αποστέλλεται, όπως συνήθως, με παλμοσειρές, χρειάζεται μεγάλος σχετικά χρόνος για να φθάσουν τα ψηφία στην κεντρική διάταξη. Για το λόγο αυτό χωρίζεται η κεντρική διάταξη σε δύο τμήματα: **σε ταμιευτές** και **σε σημαδευτές**. Ένας **ταμιευτής** παίρνει τους παλμούς, τους απαριθμεί, διαπιστώνει ποιό ψηφίο αντιπροσωπεύουν και το ενταμιεύει. Ο ταμιευτής παραμένει δηλαδή κατειλημένος από μια σύνδεση **όλο** το διάστημα της αποστολής των παλμοσειρών. Έτσι, απαιτούνται αρκετοί ταμιευτές για την εξυπηρέτηση των κλήσεων, που καταφθάνουν στο κέντρο. Οι ταμιευτές όμως έχουν απλή κατασκευή και χαμηλό κόστος.

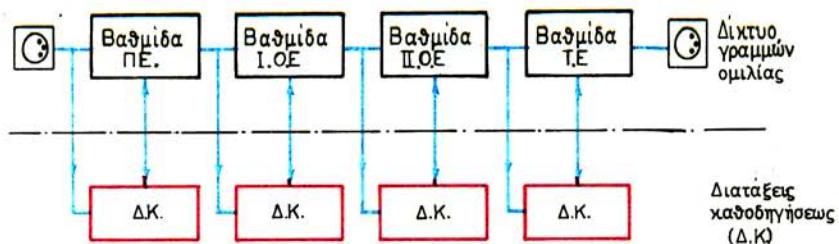
Στο τέλος μιάς ή περισσοτέρων παλμοσειρών καταλαμβάνει ο ταμιευτής για πολύ μικρό διάστημα **ένα σημαδευτή** και μεταβιβάζει το ψηφίο ή τα ψηφία που έχει ενταμιεύσει με τη βοήθεια ενός κώδικα που εξασφαλίζει σύντομη μετάδοση. Απ' την πληροφορία αυτή, τη θέση του καλούντος συνδρομητή στο πεδίο και την κατάσταση των γραμμών του, προσδιορίζει ο σημαδευτής τη διαδρομή συνδέσεως, δηλαδή τα ζευκτικά σημεία που πρέπει να λειτουργήσουν. Είναι φανερό ότι οι σημαδευτές είναι πολύπλοκες και ακριβές διατάξεις, γι' αυτό και ο αριθμός τους είναι μικρός σε κάθε κέντρο.

Αν τώρα, τα ζευκτικά σημεία εργάζονται γρήγορα, μπορούν δηλαδή να πραγματοποιούν τη σύνδεση δύο γραμμών σε χρόνο λίγων χιλιοστών του δευτερολέπτου, η ενεργοποίηση τους κατευθύνεται απ' τον ίδιο το σημαδευτή. Σε αντίθετη όμως περίπτωση, χωρίζεται απ' το σημαδευτή το τμήμα καθοδηγήσεως του πεδίου και σχηματίζεται μια ξεχωριστή **διάταξη ζεύξεως**. Στη διάταξη αυτή μεταβιβάζει ο σημαδευτής ταχύτατα τις πληροφορίες για τα ζευκτικά σημεία του πεδίου και αποσυνδέεται για να εξυπηρετήσει άλλες συνδέσεις. Η ενεργοποίηση των ζευκτικών σημείων πραγματοποιείται στη συνέχεια απ' τη διάταξη ζεύξεως, που είναι σχετικά απλή και έχει σημαντικά χαμηλότερο κόστος απ' ό,τι ο σημαδευτής. Όπως στην περίπτωση των ταμιευτών, απαιτούνται βέβαια αρκετές διατάξεις ζεύξεως για την εξυπηρέτηση όλων των συνδέσεων ενός κέντρου.

Με τη διαίρεση των διατάξεων καθοδηγήσεως σε λίγες πολύπλοκες και ακριβές διατάξεις (σημαδευτές), που εξυπηρετούν μεγάλο αριθμό συνδέσεων και σε περισσότερες απλές, φθηνές διατάξεις (ταμιευτές, διατάξεις ζεύξεως), που η καθεμία τους εξυπηρετεί μικρότερο αριθμό συνδέσεων, μειώνεται σημαντικά το κόστος του συστήματος με κεντρικό έλεγχο, πράγμα απαραίτητο για τη συναγωνισμότητά του με άλλα συστήματα.

Διασύνδεση γραμμών ομιλίας.

Στα συστήματα άμεσης επιλογής η αποκατάσταση μιάς συνδέσεως πραγματοποιείται στο τηλεφωνικό κέντρο τμηματικά από βαθμίδα σε βαθμίδα, ώσπου η σύνδεση να φθάσει στον καλούμενο συνδρομητή. Στην περίπτωση αυτή, που ονομάζεται **διασύνδεση των γραμμών κατά βαθμίδες** προσδιορίζεται σε κάθε βαθμίδα μιά ελεύθερη εξερχόμενη γραμμή, χωρίς να εξετάζεται αν μπορεί να συνδεθεί η γραμμή αυτή στην επόμενη βαθμίδα με μια άλλη ελεύθερη γραμμή, αν μπορεί δηλαδή να συνεχιστεί η σύνδεση. Ο τρόπος αυτός συνδέσεως είναι δυνατό να εφαρμοσθεί και σε συστήματα έμμεσης επιλογής, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.1δ. Κάθε βαθμίδα του κέντρου έχει αποκλειστικά στη διάθεσή της μια διάταξη καθοδη-



Σχ. 3.1ιδ.
Διασύνδεση των γραμμών κατά βαθμίδες.



Σχ. 3.1ιε.
Ενιαία, εκτεταμένη αναζήτηση και διασύνδεση των γραμμών.

γήσεως, με τη βοήθεια της οποίας συνδέεται μια είσοδος με μια έξοδο της βαθμίδας.

Στα συστήματα έμμεσης επιλογής η σύνδεση των γραμμών στο κέντρο μπορεί να πραγματοποιηθεί και κατά ένα δεύτερο τρόπο, που ονομάζεται **ενιαία, εκτεταμένη αναζήτηση και διασύνδεση των γραμμών**. Η **αναζήτηση** μιάς ελεύθερης διαδρομής μεταξύ εισόδου και εξόδου του κέντρου πραγματοποιείται σε μια φάση σ' όλες τις βαθμίδες και η **διασύνδεση** των τμημάτων της διαδρομής αυτής γίνεται κατόπιν σχεδόν ταυτόχρονα. Στην περίπτωση αυτή, όλες οι βαθμίδες εξυπηρετούνται από **μια** κεντρική διάταξη καθοδηγήσεως, όπως δείχνει το σχήμα 3.1ιε.

Κέντρα με ενιαία διασύνδεση έχουν το πλεονέκτημα, ότι αξιοποιούν καλύτερα τις γραμμές τους κι επίσης ότι η συνδεσμολογία τους είναι απλούστερη. Κέντρα με διασύνδεση κατά βαθμίδες μπορούν, αντίθετα, να επεκτείνονται ευκολότερα με τη δημιουργία νέων βαθμίδων, καθώς αυξάνει ο αριθμός των συνδρομητών κι εύκολα να παίρνουν και να δίνουν κίνηση από ενδιάμεσες βαθμίδες.

3.1.5 Ηλεκτρονικά τηλεφωνικά κέντρα.

Γενικά.

Τα ηλεκτρομηχανικά κέντρα, που σήμερα αποτελούν ακόμα τη μεγάλη πλειοψηφία των τηλεφωνικών κέντρων, έχουν μερικά βασικά μειονεκτήματα:

Χρειάζονται συντήρηση, καταλαμβάνουν μεγάλο χώρο και η ταχύτητα λειτουργίας τους, όσο κι' αν φαίνεται μεγάλη, αποκλείει στην πραγματικότητα την εισαγωγή

μιάς σειράς από καινοτομίες στην τηλεφωνία. Τα μειονεκτήματα αυτά εξουδετερώνονται σε μεγάλο βαθμό με την εισαγωγή **ηλεκτρονικών κέντρων**

Τα ηλεκτρονικά κέντρα έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, γιατί δεν περιλαμβάνουν όργανα που φθείρονται, εργάζονται πολύ γρήγορα και απαιτούν μικρό χώρο. Έτσι το κόστος συντηρήσεώς τους είναι μικρό, η μεγάλη ταχύτητα λειτουργίας τους δίνει τη δυνατότητα επεκτάσεως των «Υπηρεσιών» που παρέχονται στους συνδρομητές, και το μικρό μέγεθός τους λύνει το πρόβλημα χώρου που είναι οξύ στα κέντρα των μεγαλοπόλεων.

Τα ηλεκτρονικά κέντρα διακρίνονται, ανάλογα με τον τρόπο διασυνδέσεως των γραμμών ομιλίας, σε δύο κατηγορίες:

- Σε ημιηλεκτρονικά κέντρα και
- σε πλήρως ηλεκτρονικά κέντρα.

Τα **ημιηλεκτρονικά κέντρα** διαθέτουν κεντρικές ηλεκτρονικές διατάξεις για τον έλεγχο των λειτουργιών του κέντρου. Εργάζονται δηλαδή με ηλεκτρονικό σύστημα **κεντρικού ελέγχου**. Οι γραμμές ομιλίας τους όμως, διασυνδέονται με ηλεκτρομηχανικούς διακόπτες, π.χ. με ρωστήρες που εργάζονται πολύ γρήγορα.

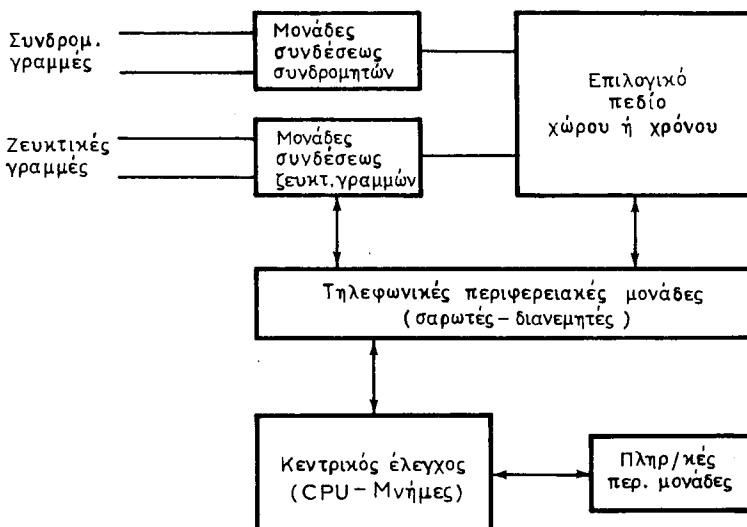
Στα **πλήρως ηλεκτρονικά κέντρα** πραγματοποιείται όχι μόνο ο έλεγχος, αλλά και η διασύνδεση των γραμμών ομιλίας ηλεκτρονικά, π.χ. με τρανζίστορες.

Τα ηλεκτρονικά κέντρα κατασκευάζονται:

- Με **επιλογικό πεδίο χώρου** (διάκριση των κυκλωμάτων με τη μέθοδο του επιμερισμού χώρου ή πολύπλεξη χώρου).
- Με **επιλογικό πεδίο χρόνου** (διάκριση των κυκλωμάτων με τη μέθοδο του επιμερισμού χρόνου ή πολύπλεξη χρόνου).

Τα ηλεκτρονικά κέντρα τελευταίου τύπου είναι **κέντρα ενταμειυμένου προγράμματος** με έλεγχο που περιλαμβάνει ένα η περισσότερους υπολογιστές.

Το σχήμα 3.1ιστ δείχνει τη βασική δομή ενός ηλεκτρονικού κέντρου.



Σχ. 3.1ιστ.
Βασική δομή ηλεκτρονικού κέντρου.

- **Οι μονάδες συνδέσεως συνδρομητών και οι μονάδες συνδέσεως ζευκτικών γραμμών** πραγματοποιούν την προσαρμογή των σημάτων ομιλίας κλπ. που μεταβιβάζονται στις συνδρομητικές και ζευκτικές γραμμές στις απαιτήσεις του ηλεκτρονικού κέντρου και αντίστροφα.
- Το **επιλογικό πεδίο (χώρου ή χρόνου)** πραγματοποιεί τη σύνδεση δύο συνδρομητικών γραμμών ή μιάς συνδρομητικής και μιας ζευκτικής γραμμής.
- Ο **κεντρικός έλεγχος** που περιλαμβάνει κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU: Central Processing Unit) και μνήμες για την ενταμίευση των προγραμμάτων και των προσωρινών στοιχείων των συνδιαλέξεων που πραγματοποιούνται, καθοδηγεί τις συνδέσεις του επιλογικού πεδίου και γενικά όλη τη λειτουργία του κέντρου.
- **Οι τηλεφωνικές περιφερειακές μονάδες** συλλέγουν και μεταφέρουν στον κεντρικό έλεγχο από τις μονάδες συνδέσεως συνδρομητών και ζευκτικών γραμμών και από το επιλογικό πεδίο τις απαραίτητες πληροφορίες για τη λειτουργία του. Επίσης μεταφέρουν και διανέμουν τις εντολές του κεντρικού έλεγχου στις μονάδες αυτές και στο επιλογικό πεδίο.

Η συλλογή πληροφοριών γίνεται από μονάδες που ονομάζονται **σαρωτές** και η διανομή από μονάδες που ονομάζονται **διανεμητές**.

- Οι **πληροφοριακές περιφερειακές μονάδες** εξασφαλίζουν την επικοινωνία του προσωπικού του κέντρου με τον κεντρικό έλεγχο. Είναι τηλέτυπα, τερματικά με πληκτρολόγιο και οθόνη κλπ, με τη βοήθεια των οποίων δίνονται στοιχεία των συνδρομητών στον έλεγχο, φορτώνονται προγράμματα, εκτελούνται προγράμματα συντηρήσεως κλπ και επίσης καταγράφονται εμφανίζόμενες βλάβες.

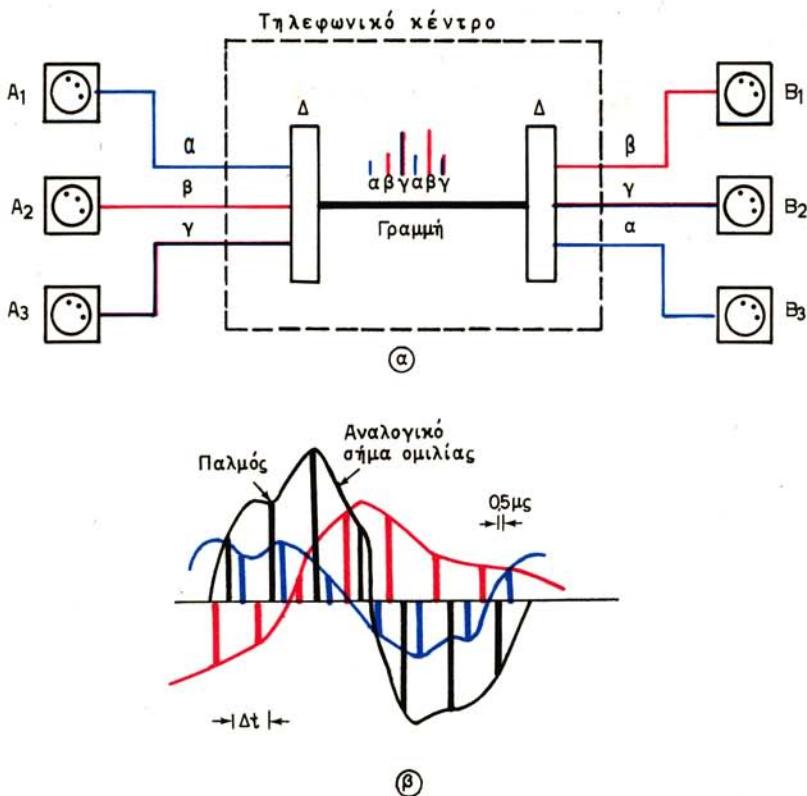
Ηλεκτρονικά κέντρα με επιλογικό πεδίο χώρου.

Το επιλογικό πεδίο στα κέντρα αυτά συγκροτείται από ζευκτικά πεδία με ρωστήρες ή ηλεκτρονικά στοιχεία που καθοδηγούνται από τον κεντρικό έλεγχο. Για την καθοδήγηση των ζευκτικών πεδίων και τη διασύνδεση των γραμμών ομιλίας ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο.

Με επιλογικό πεδίο χώρου κατασκευάζονται σήμερα πλέον μόνο μικρά συνδρομητικά κέντρα, ενώ όλα τα άλλα ηλεκτρονικά κέντρα κατασκευάζονται με επιλογικό πεδίο χρόνου. Για το λόγο αυτό θα ασχοληθούμε μόνο με κέντρα της κατηγορίας αυτής.

Ηλεκτρονικά κέντρα με επιλογικό πεδίο χρόνου.

Στο επιλογικό πεδίο χρόνου διεκπεραιώνονται ταυτόχρονα μέσω **μιάς** μόνο γραμμής αρκετές συνδιαλέξεις [σχ. 3.1ις (α)]. Δύο συνομιλούντες συνδρομητές, π.χ. οι $A_1 - B_3$, συνδέονται με τη βοήθεια των διατάξεων Δ την ίδια χρονική στιγμή στη γραμμή για ελάχιστο διάστημα (π.χ. για $0,5 \text{ ms}$) και κατόπιν αποσυνδέονται. Έτσι μεταβιβάζεται απ' τον ένα συνδρομητή στον άλλο ένας παλμός, που αντιστοιχεί περίπου στη στιγμιαία τιμή του ηλεκτρικού σήματος ομιλίας τη στιγμή της μετάδοσεως [σχ. 3.1ις (β)]. Τις επόμενες στιγμές συνδέονται διαδοχικά ανά δύο οι υπόλοιποι ομιλούντες συνδρομητές (στο σχήμα οι $A_2 - B_1$ και $A_3 - B_2$), μέχρι να φθάσει μετά χρόνο Δt πάλι η σειρά των δύο αρχικών συνδρομητών για να συνδεθούν στιγμιαία και να αποσταλεί ο δεύτερος παλμός από το σήμα. Παρατηρούμε ότι δεν με-



Σχ. 3.11ζ.
α) Πολλαπλό πεδίο χρόνου. β) Τεμαχισμός του αναλογικού σήματος.

ταβιθάζεται μέσω της γραμμής **ολόκληρο** το ηλεκτρικό σήμα μιάς ομιλίας (αναλογικό σήμα), αλλά οι διαδοχικοί παλμοί (δείγματα) που προκύπτουν από τον τεμαχισμό του σήματος. Απ' τους παλμούς αυτούς γίνεται στο δέκτη η **σύνθεση** του αρχικού σήματος. Οι συνδιαλέξεις των συνδρομητών δεν διακρίνονται τοπικά αλλά χρονικά.

Η μέγιστη διάρκεια Δt , ώστε να είναι δυνατή η ανασύνθεση του σήματος στο δέκτη, προσδιορίζεται από τον τύπο:

$$\Delta t \leq \frac{1}{2f_{\max}}$$

όπου: f_{\max} η μέγιστη συχνότητα του σήματος που πρέπει να διαβιβαστεί (θεώρημα της δειγματοληψίας). Δηλαδή η συχνότητα δειγματοληψίας πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με $2f_{\max}$. Για τη μετάδοση επομένως ζώνης συχνοτήτων 4000 Hz του τηλεφωνικού σήματος ομιλίας πρέπει να λαμβάνονται τουλάχιστον 8000 δείγματα ανα sec σε αποστάσεις μεταξύ τους $\Delta t = 1/8000s = 125 \mu s$.

Επειδή η διάρκεια ενός παλμού (δείγματος) ανέρχεται σε 0,5 ms και η απόσταση μεταξύ δύο παλμών πρέπει επίσης να είναι τουλάχιστον 0,5 ms για να αποφεύγεται η διαφωνία μεταξύ των γειτονικών καναλιών ομιλίας, είναι δυνατή θεωρητικά η

μετάδοση ταυτόχρονα 125 συνδιαλέξεων μέσω μιας γραμμής. Επομένως μπορούν να εξυπηρετηθούν μέσω μιας γραμμής 1250 συνδρομητές, εφόσον πραγματοποιούνται 10% ταυτόχρονες συνδιαλέξεις.

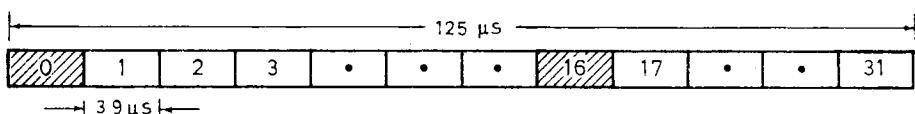
Ηλεκτρονικά κέντρα στα οποία διαβιβάζονται μέσω της κοινής γραμμής ολόκληροι οι παλμοί (δείγματα) των ομιλιών, όπως περιγράφαμε, λέμε ότι εργάζονται με **διαμόρφωση παλμών κατά πλάτος** (PAM: Pulse Amplitude Modulation) και ότι είναι κέντρα με **αναλογικό πεδίο χρόνου**. Κέντρα του τύπου αυτού δεν κατασκευάζονται πλέον, διότι προτιμούνται τα ψηφιακά ηλεκτρονικά κέντρα.

Ψηφιακά ηλεκτρονικά κέντρα.

Στα ψηφιακά ηλεκτρονικά κέντρα οι παλμοί που λαμβάνονται με τη δειγματοληψία του σήματος **κωδικοποιούνται** κατάλληλα, συνήθως με τη μέθοδο PCM (PCM: Pulse Code Modulation = Παλμοκωδική διάμόρφωση) και μέσω της κοινής γραμμής μεταβιβάζονται μόνο τα **ψηφιακά σήματα** κάθε ομιλίας.

Στα ψηφιακά κέντρα PCM οι συνδρομητές συγκροτούν ομάδες των 30 συνδρομητών με μια κοινή γραμμή. Στις ομάδες αυτές γίνεται δειγματοληψία του σήματος ομιλίας κάθε συνδρομητή 8000 φορές ανά sec, δηλ. κάθε 125 μs. Κάθε δείγμα κωδικοποιείται με ένα συνδυασμό 8 bits, δηλ. 8 δυαδικών τιμών 0 και 1, που υλοποιούνται με κατάλληλους παλμούς ρεύματος πολύ μικρής διάρκειας (π.χ. για το 0 δεν αποστέλλεται παλμός, για το 1 αποστέλλεται).

Μέσα από την κοινή γραμμή μιας ομάδας 30 συνδρομητών μεταβιβάζονται σε διάστημα 125 μs 8 bits από κάθε συνδρομητή. Για το σκοπό αυτό παρέχεται σε κάθε συνδρομητή χρονικό διάστημα 3,9 μs που ονομάζεται **στοιχείο χρόνου** (Time slot). Για τους 30 συνδρομητές υπάρχουν 30 στοιχεία χρόνου στο διάστημα των 125 μs και επί πλέον υπάρχουν δύο στοιχεία χρόνου το «Ο» και το «16» για ειδικούς σκοπούς (σχ. 3.1η). Τα 32 συνολικά στοιχεία χρόνου συγκροτούν ένα **πλαίσιο PCM**.

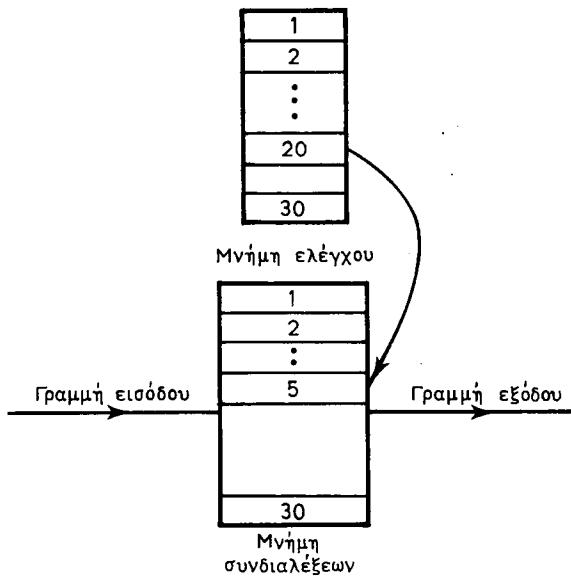


Σχ. 3.1η.
Δομή πλαισίου PCM.

Κάθε συνδρομητής έχει στη διάθεση του πάντοτε το ίδιο στοιχείο χρόνου για τη μεταβίβαση των 8 bits κάθε δείγματός του, π.χ. ο συνδρομητής 2 το στοιχείο χρόνου 2, ο συνδρομητής 25 το στοιχείο χρόνου 25 κ.ο.κ.

Σύνδεση δύο συνδρομητών Α, Β που ανήκουν στην ίδια ομάδα ενός ψηφιακού κέντρου σημαίνει ότι κάθε 125 μs (διάρκεια πλαισίου), τα 8 bits του δείγματος ομιλίας του συνδρομητή Α που μεταβιβάζονται στην κοινή γραμμή κατά τη διάρκεια του στοιχείου χρόνου που του ανήκει, πρέπει να μεταφέρονται στο στοιχείο χρόνου του συνδρομητή Β, και αντίστροφα. Αυτό πραγματοποιείται με τη βοήθεια ενός **διακόπτη χρόνου** (σύμβολο T).

Ο **διακόπτης χρόνου** περιλαμβάνει μια **μνήμη συνδιαλέξεων** με 30 θέσεις και μια μνήμη ελέγχου επίσης με 30 θέσεις (σχ. 3.1θ). Στη είσοδο και έξοδο της μνή-



Σχ. 3.1θ.
Αρχή λειτουργίας διακόπτη χρόνου.

μης συνδιαλέξεων είναι συνδεμένη η κοινή γραμμή για τη μεταβίβαση των bits των 30 συνδρομητών. Στη μνήμη συνδιαλέξεων εγγράφονται κυκλικά, όπως καταφθάνουν, τα 8 bits του δείγματος κάθε συνδρομητή, στην αντίστοιχη θέση. Στην πρώτη θέση της μνήμης τα 8 bits του συνδρομητή 1, στη δεύτερη τα 8 bits του συνδρομητή 2, κ.ο.κ.

Για να συνδεθούν δύο συνδρομητές, π.χ. ο 5 και ο 20, πρέπει τα 8 bits του 5, που έχουν ενταμιευθεί στη θέση 5 της μνήμης συνδιαλέξεων, να περάσουν στο στοιχείο χρόνου 20 κατά τη διάρκεια του οποίου βρίσκεται συνδεμένος στη γραμμή ο συνδρομητής 20. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια της μνήμης ελέγχου. Σε κάθε θέση της μνήμης αυτής εγγράφεται η διεύθυνση μιας θέσεως της μνήμης συνδιαλέξεων, που πρέπει να διαβάζεται, όταν εμφανίζεται το στοιχείο χρόνου του συνδρομητή, στον οποίο πρέπει να μεταφερθεί το δείγμα ομιλίας. Οι θέσεις της μνήμης ελέγχου διαβάζονται διαδοχικά και σύγχρονα με την εμφάνιση των αντίστοιχων στοιχείων στην γραμμή εξόδου. Π.χ. κατά τη διάρκεια του στοιχείου χρόνου 20 της γραμμής εξόδου, διαβάζεται η θέση 20 της μνήμης ελέγχου. Στη θέση αυτή έχει γραφεί από τον κεντρικό έλεγχο η διεύθυνση 5 της μνήμης συνδιαλέξεων. Έτσι δίνεται η εντολή να διαβαστεί η θέση 5 και να μεταφερθούν στη γραμμή εξόδου τα 8 bits του δείγματος που είχαν ενταμιευθεί εκεί.

Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για κάθε δείγμα της ίδιας ομιλίας ανά 125 ms (πλαίσιο) και έτσι εξασφαλίζεται η μεταφορά όλων των δειγμάτων του συνδρομητή Α στο συνδρομητή Β και η ανασύνθεση από αυτά του σήματος ομιλίας του Α. Για να μεταβιβασθεί η ομιλία του Β στον Α γίνεται η ίδια διαδικασία αλλά αντίστροφα. Κατά τη διάρκεια του στοιχείου χρόνου Α, διαβάζεται η θέση Α της μνήμης ελέγχου, στην οποία είναι γραμμένη η διεύθυνση Β της μνήμης συνδιαλέξεων. Έτσι δίνεται εντολή να διαβαστεί η θέση μνήμης Β και να περάσουν στο συνδρο-

μητή Α τα 8 bits του δείγματος ομιλίας του. Παρατηρούμε ότι χρειάζονται **δύο** διαφορετικές συνδέσεις στο διακόπτη για την πραγματοποίηση μιας συνδιαλέξεως. Δηλ. η ζεύξη σε ένα ψηφιακό κέντρο είναι πάντοτε «**τετρασύρματη**».

Σύμφωνα με τα ανωτέρω ο διακόπτης χρόνου επιβάλλει μια **καθυστέρηση** στη μεταβίβαση ενός δείγματος ομιλίας, μέχρι να εμφανισθεί το στοιχείο χρόνου στο οποίο πρέπει να περάσει το δείγμα αυτό. Αν οι δύο συνδρομητές που συνομιλούν ανήκουν σε **διαφορετικές ομάδες**, πρέπει να συνδέονται κατά τη διάρκεια ενός στοιχείου χρόνου οι αντίστοιχες γραμμές τους, ώστε τα 8 bits του ενός να ενταμιεύονται στη μνήμη συνδιαλέξεων του άλλου. Αυτό πραγματοποιείται με **διακόπτη χώρου** (σύμβολο s), που πραγματοποιεί τη σύνδεση των γραμμών σύμφωνα με εντολή που παίρνει από μια μνήμη ελέγχου.

Στην πράξη τα ψηφιακά κέντρα μεγάλης χωρητικότητας περιλαμβάνουν αρκετές **βαθμίδες** από διακόπτες χρόνου και χώρου. Π.χ. το επιλογικό πεδίο TST περιλαμβάνει μια βαθμίδα χρόνου (T), μια συνεχόμενη βαθμίδα χώρου (s) και πάλι μια βαθμίδα χρόνου (T).

Το σχήμα 3.1κ δείχνει ένα σύγχρονο ψηφιακό ηλεκτρονικό κέντρο με απομακρυσμένες τις πόρτες των ντουλαπιών. Τα ηλεκτρονικά στοιχεία είναι συναρμολογημένα σε πλακέτες τυπωμένων κυκλωμάτων (σχ. 3.1κ), που τοποθετούνται κατακόρυφα και βυσματωτά η μία δίπλα στην άλλη.

Ο έλεγχος του κέντρου γίνεται με την τερματική συσκευή με οθόνη που διακρίνεται αριστερά στη φωτογραφία.

3.2 Αστικό τηλεφωνικό δίκτυο.

3.2.1 Γενικά.

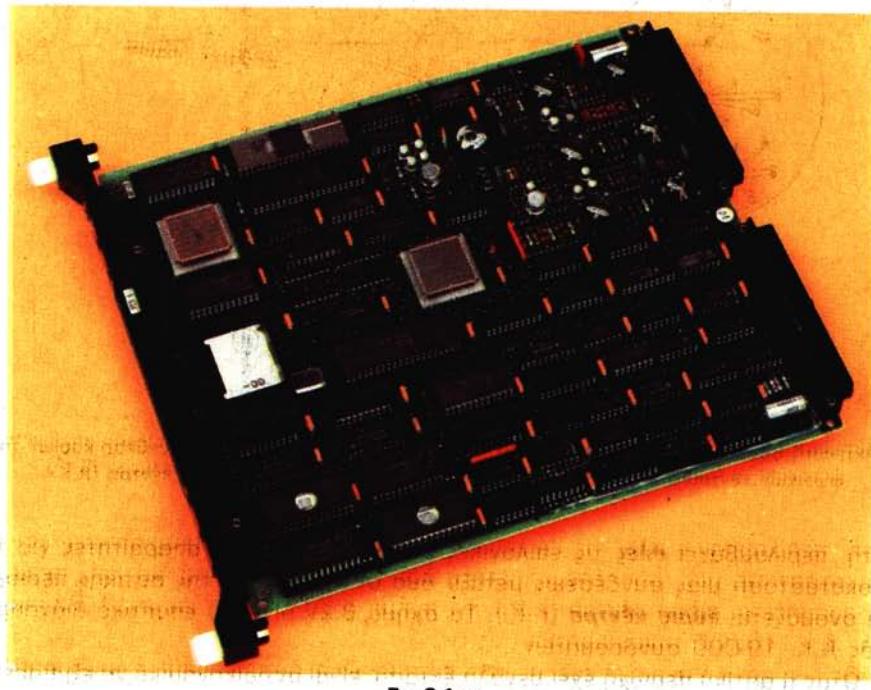
Γνωρίσαμε στα προηγούμενα τα βασικά όργανα ενός τηλεφωνικού κέντρου και το πώς πραγματοποιείται μ' αυτά μια σύνδεση μεταξύ δύο συνδρομητών. Είδαμε ότι κάθε συνδρομητής είναι μόνιμα συνδεμένος στο τηλεφωνικό κέντρο μέσω της συνδρομητικής του γραμμής.

Το κόστος των συνδρομητικών γραμμών είναι, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.2α, πολύ μεγαλύτερο απ' το κόστος των κτιριακών εγκαταστάσεων του τηλεφωνικού κέντρου, απ' το κόστος των οργάνων και μηχανημάτων του κι επίσης απ' το κόστος των συνδρομητικών τηλεφωνικών συσκευών. Έτσι γεννιέται το ερώτημα, πώς θα συνδέσομε τους συνδρομητές μιας αστικής περιοχής σε τηλεφωνικά κέντρα, ώστε να μειωθεί κατά το δυνατόν το δίκτυο των συνδρομητικών γραμμών και φυσικά το κόστος του, χωρίς βέβαια η μείωση αυτή να εξουδετερωθεί από την αύξηση του κόστους άλλων μεγεθών;

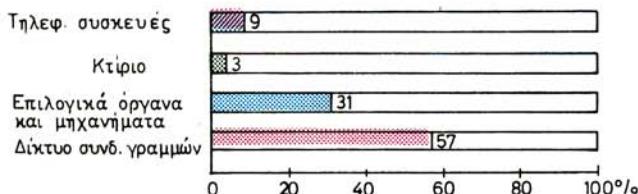
Όταν η αστική περιοχή έχει μικρή έκταση, δημιουργείται ένα τηλεφωνικό κέντρο και οι συνδρομητές συνδέονται σ' αυτό ακτινωτά με τις γραμμές τους, όπως δείχνει το σχήμα 3.2β (α). Επειδή οι συνδρομητές δεν είναι συνήθως κατανεμημένοι ομοιόμορφα σ' ολόκληρη την περιοχή, το τηλεφωνικό κέντρο τοποθετείται στο κέντρο βάρους των συνδρομητών, δηλαδή στο μέρος με τη μεγαλύτερη πυκνότητα συνδρομητών. Έτσι οι περισσότεροι συνδρομητές συνδέονται στο κέντρο με κοντές γραμμές και μόνο λίγοι συνδρομητές απομακρυσμένοι απ' το κέντρο βάρους συνδέονται με μακρύτερες γραμμές. Το τηλεφωνικό κέντρο, στην περίπτωση



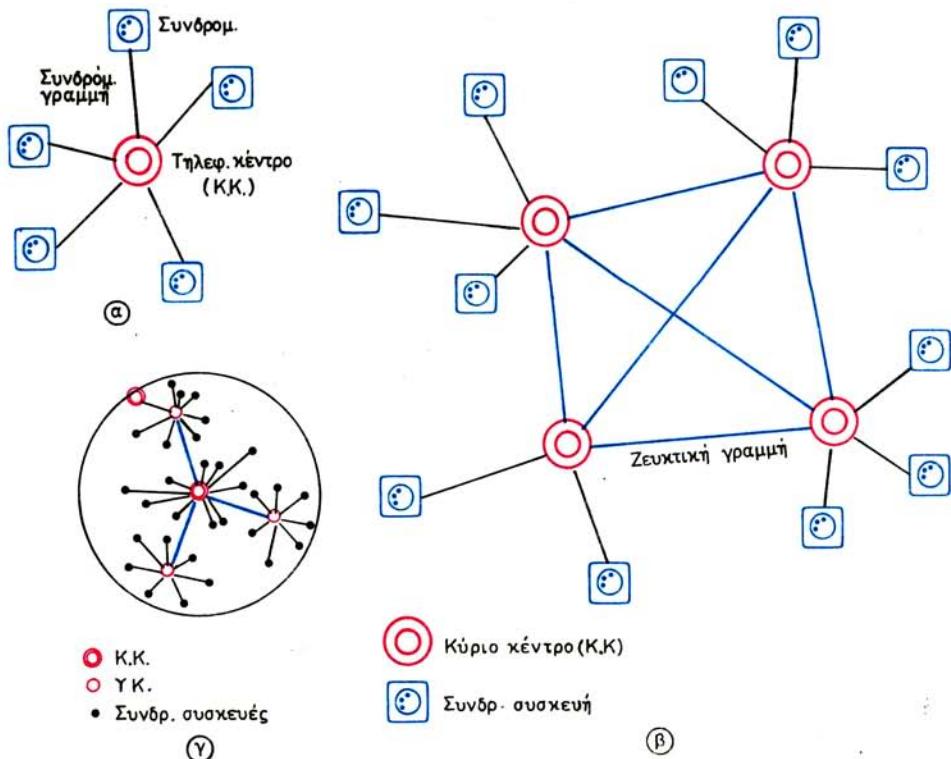
Σχ. 3.1κ.
Σύγχρονο ψηφιακό τηλεφωνικό κέντρο.



Σχ. 3.1κα.
Πλακέτα τηλεφωνικού κέντρου με συνάρμολογμένα ηλεκτρονικά στοιχεία (ολοκληρωμένα κυκλώματα κλπ).



Σχ. 3.2α.
Καταμερισμός κόστους στις εγκαταστάσεις αστικού δικτύου.

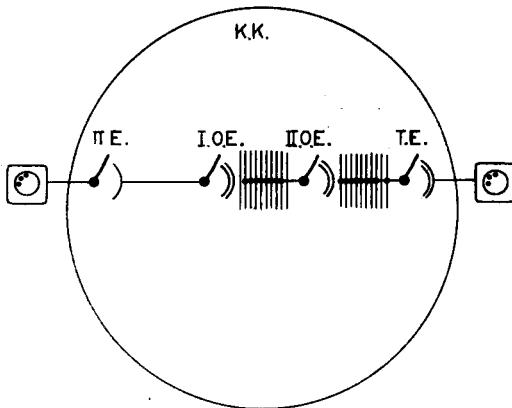


Σχ. 3.2β.

α) Ακτινωτή σύνδεση συνδρομητών σε τηλεφωνικό κέντρο. β) Πολυγωνική σύνδεση κυρίων τηλεφωνικών κέντρων. γ) Ακτινωτή σύνδεση υποκέντρων (Υ.Κ.) σε κύριο κέντρο (Κ.Κ.).

αυτή, περιλαμβάνει **δλεις** τις επιλογικές βαθμίδες που είναι απαραίτητες για την αποκατάσταση μιας συνδέσεως μεταξύ δύο συνδρομητών της αστικής περιοχής και ονομάζεται **κύριο κέντρο** (Κ.Κ.). Το σχήμα 3.2γ δίνει το εποπτικό διάγραμμα ενός Κ.Κ. 10.000 συνδρομητών.

Όταν η αστική περιοχή έχει μεγάλη έκταση, είναι αντιοικονομικό να εξυπηρετηθεί από ένα μόνο Κ.Κ., γιατί το μήκος των συνδρομητικών γραμμών γίνεται πάρα



Σχ. 3.2γ.

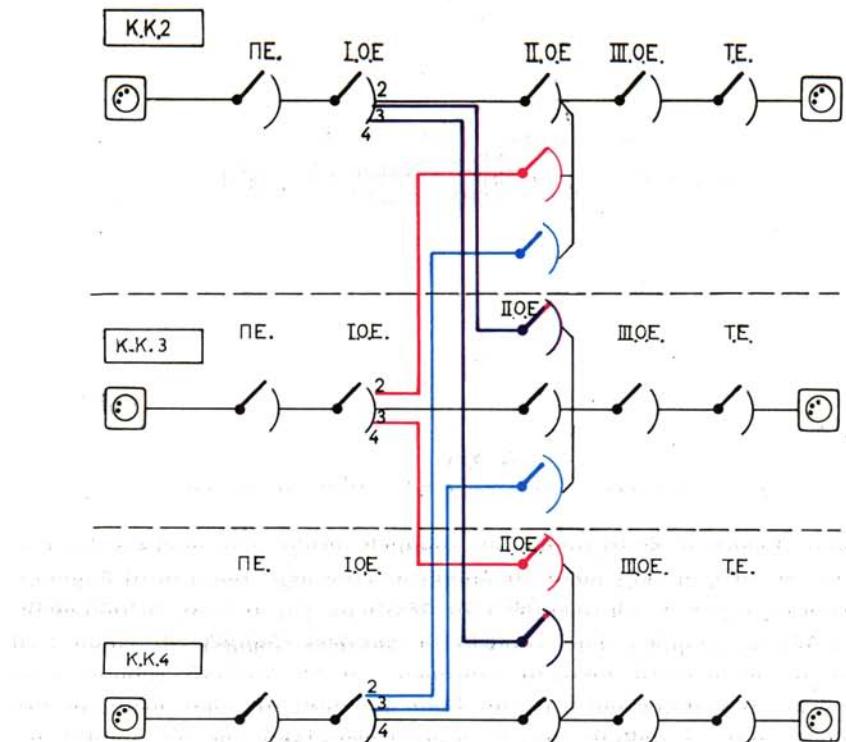
Εποπτικό διάγραμμα κύριου κέντρου (Κ.Κ.) 10.000 συνδρομητών.

πολύ μεγάλο. Η εκμετάλλευση επίσης των γραμμών αυτών είναι κακή επειδή διεκπεραιώνουν την κίνηση ενός μόνο συνδρομητή. Στην περίπτωση αυτή δημιουργούνται περισσότερα K.K. και το καθένα συνδέεται με όλα τα άλλα, δηλαδή **πολυγωνικά**, με δέσμες γραμμών που ονομάζονται **ζευκτικές γραμμές**. Το σχήμα 3.2β (β) δείχνει την πολυγωνική σύνδεση τεσσάρων K.K. Οι ζευκτικές γραμμές είναι υπολογισμένες να εξυπηρετούν την ταυτόχρονη κίνηση την ώρα αιχμής μεταξύ δύο κέντρων, γιαυτό ο αριθμός τους είναι πολύ μικρότερος απ' τον αριθμό των συνδρομητικών γραμμών. Αν π.χ. από τους 1000 συνδρομητές ενός K.K. A, 10% τηλεφωνούν ταυτόχρονα την ώρα αιχμής (δηλαδή $1000 \times 10\% = 100$ συνδρομητές και από αυτούς 50% καλούν συνδρομητές του K.K. B, απαιτούνται για τη διεκπεραίωση της κινήσεως από το A προς το B 50 μόνο γραμμές.

Αν τώρα στην περιφέρεια της αστικής περιοχής που εξυπηρετείται από ένα ή περισσότερα K.K. υπάρχουν οικισμοί με αρκετούς συνδρομητές, δεν είναι οικονομικό να συνδεθούν όλοι αυτοί οι συνδρομητές κατευθείαν σε ένα απ' τα υπάρχοντα K.K. με συνδρομητικές γραμμές, γιατί οι γραμμές αυτές θα είναι πολύ μακριές. Ακόμα δεν είναι οικονομικό να δημιουργηθούν για τους λίγους, σχετικά, αυτούς συνδρομητές ξεχωριστά K.K., που θα συνδεθούν πολυγωνικά με όλα τα άλλα K.K. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται τοποθετώντας στα κέντρα βάρους των οικισμών τηλεφωνικά κέντρα εξαρτημένα απ' τα K.K., που ονομάζονται για το λόγο αυτό **υπόκεντρα** (YK.). Στα YK. συνδέονται ακτινωτά οι περιφερειακοί συνδρομητές, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.2β(γ), ενώ η σύνδεση του YK. με το K.K. του πραγματοποιείται με μια δέσμη ζευκτικών γραμμών. Ο αριθμός των γραμμών αυτών είναι και εδώ πολύ μικρότερος απ' το συνολικό αριθμό των συνδρομητικών γραμμών του YK. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στο γεγονός, ότι οι συνδρομητές του YK., όπως και των K.K. δεν πραγματοποιούν κλήσεις ταυτόχρονα. Με τα YK. επιτυγχάνεται, επομένως, σημαντική μείωση στο κόστος του συνδρομητικού δικτύου.

3.2.2 Διεκπεραίωση της κινήσεως μεταξύ κυρίων κέντρων (K.K.).

Το εποπτικό διάγραμμα του σχήματος 3.2δ δείχνει τον τρόπο συνδέσεως τριών K.K., 10.000 συνδρομητών, μιας αστικής περιοχής. Οι I.O.E. δεν χρησιμεύουν πλέον στη διάκριση της χιλιάδας, στην οποία ανήκει ο καλούμενος συνδρομητής,



Σχ. 3.26.

Εποπτικό διάγραμμα τηλεφωνικού συγκροτήματος από τρία κύρια κέντρα.

αλλά στη διάκριση του Κ.Κ., στο οποίο είναι συνδεμένος. Απ' τις δεκάδες 2, 3 και 4 των I.O.E. κάθε Κ.Κ. ξεκινούν οι δέσμες που οδηγούν αντίστοιχα στα Κ.Κ. 2, 3 και 4. Δύο απ' τις δέσμες αυτές εγκαταλείπουν το Κ.Κ. και κατευθύνονται στα άλλα δύο Κ.Κ., ενώ η τρίτη παραμένει στο Κ.Κ. και εξυπηρετεί την εσωτερική του κίνηση. Κάθε γραμμή μιας δέσμης φθάνει στην είσοδο ενός II.O.E. στο αντίστοιχο κέντρο. Οι δέσμες χαρακτηρίζονται **εξερχόμενες** για το κέντρο απ' το οποίο ξεκινούν και **εισερχόμενες** για το κέντρο στο οποίο καταλήγουν. Οι II.O.E. των εισερχομένων σ' ένα κέντρο γραμμών είναι πολλαπλά συνδεμένοι με τους II.O.E., που εξυπηρετούν την εσωτερική κίνηση του κέντρου αυτού.

Το πρώτο ψηφίο των αριθμών κλήσεως χαρακτηρίζει το Κ.Κ. του καλούμενου συνδρομητή. Με το ψηφίο αυτό καθοδηγείται ο I.O.E. του καλούντος στην αντίστοιχη δεκάδα και καταλαμβάνει με ελεύθερη επιλογή μια ελεύθερη γραμμή και ένα II.O.E. στο Κ.Κ. προορισμού, δηλαδή στο κέντρο στο οποίο ανήκει ο καλούμενος συνδρομητής.

Στον επιλογέα αυτό διακρίνεται τώρα με το δεύτερο ψηφίο του αριθμού κλήσεως η χιλιάδα του καλούμενου συνδρομητή. Η εκατοντάδα διακρίνεται κατόπιν στον III.O.E. με το τρίτο ψηφίο, ενώ τα δύο τελευταία ψηφία κατευθύνουν τον Τ.Ε. στην αντίστοιχη έξοδο. Παρατηρούμε ότι κάθε Κ.Κ. έχει μια επί πλέον βαθμίδα, από ό,τι ένα ανεξάρτητο Κ.Κ. με ίση χωρητικότητα συνδρομητών. Κέντρο 10.000 συνδρομητών π.χ. έχει 4 βαθμίδες αντί 3 και κατά συνέπεια πενταψήφιους, αντί τετραψήφιους αριθμούς κλήσεως.

3.2.3 Αστικά κομβικά κέντρα.

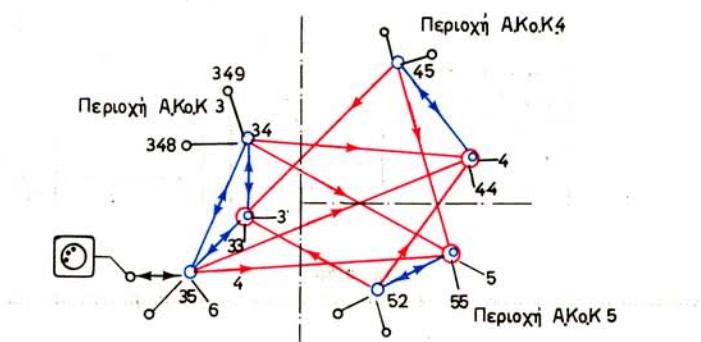
Επειδή κάθε Κ.Κ. στο συγκρότημα που περιγράφαμε προηγουμένως διακρίνεται απ' τα υπόλοιπα με **ένα δεκαδικό ψηφίο**, το χαρακτηριστικό του ψηφίο, μπορούν να συνδεθούν σε μια περιοχή θεωρητικά μέχρι 10 Κ.Κ. Στην πράξη ο αριθμός αυτός μειώνεται σε 8, γιατί το ψηφίο 0 χρησιμοποιείται για την υπεραστική επικοινωνία και το ψηφίο 1 για διάφορες υπηρεσίες. Με οκτώ όμως μόνο Κ.Κ. δεν είναι δυνατόν να εξυπηρετηθεί οικονομικά μια μεγάλη αστική περιοχή. Γιαυτό δημιουργείται ένας ακόμα τύπος τηλεφωνικού κέντρου, το **Αστικό κομβικό κέντρο** (Α.Κο.Κ.).

Η αστική περιοχή διαιρείται σε τομείς και σε κάθε τομέα τοποθετείται ένα Α.Κο.Κ., με ένα μονοψήφιο χαρακτηριστικό αριθμό κλήσεως 2 ώς 9. Σε κάθε Α.Κο.Κ. μπορούν να συνδεθούν μέχρι 10 Κ.Κ. που διακρίνονται μεταξύ τους με ένα επί πλέον μονοψήφιο αριθμό. Έτσι κάθε Κ.Κ. της αστικής περιοχής έχει ένα διψήφιο χαρακτηριστικό αριθμό με πρώτο ψηφίο το χαρακτηριστικό ψηφίο του Α.Κο.Κ., στο οποίο ανήκει.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 3.2ε, τα Κ.Κ. ενός τομέα συνδέονται πολυγωνικά μεταξύ τους. Επίσης κάθε Κ.Κ. συνδέεται με μια εξερχόμενη δέσμη με κάθε Α.Κο.Κ. των υπολοίπων τομέων, όχι όμως με το Α.Κο.Κ. του δικού του τομέα. Η κίνηση μεταξύ των Κ.Κ. του ίδιου τομέα δεν διεκπεραιώνεται μέσω του Α.Κο.Κ. του τομέα, αλλά κατευθείαν από Κ.Κ. σε Κ.Κ. Αντίθετα, η εισερχόμενη κίνηση σε ένα τομέα από Κ.Κ. άλλων τομέων διεκπεραιώνεται μέσω του Α.Κο.Κ. του τομέα του.

Ο διψήφιος χαρακτηριστικός αριθμός κάθε Κ.Κ. είναι ενσωματωμένος στον αριθμό κλήσεως των συνδρομητών και επιλέγεται κάθε φορά, ανεξάρτητα απ' το αν η σύνδεση παραμένει στον τομέα του καλούντος ή κατευθύνεται σε άλλο τομέα.

Ο καλών συνδρομητής δεν χρειάζεται να γνωρίζει σε ποιο Α.Κο.Κ. ανήκει ο καλούμενος, αλλά μόνο το συνδρομητικό αριθμό κλήσεως του. Στην περίπτωση αυτή λέμε, ότι ο χαρακτηριστικός αριθμός του κέντρου είναι **καλυμμένος**. Στην υπεραστική επικοινωνία θα γνωρίσομε αντίθετα και **ανοικτούς** χαρακτηριστικούς αρι-



Σχ. 3.2ε.

Σύνδεση κέντρων σε συγκρότημα με αστικά κομβικά κέντρα (Α.Κο.Κ.).

θημούς κέντρων, οι οποίοι δεν ανήκουν στον αστικό αριθμό κλήσεως του συνδρομητή, αλλά επιλέγονται μόνο στις υπεραστικές κλήσεις.

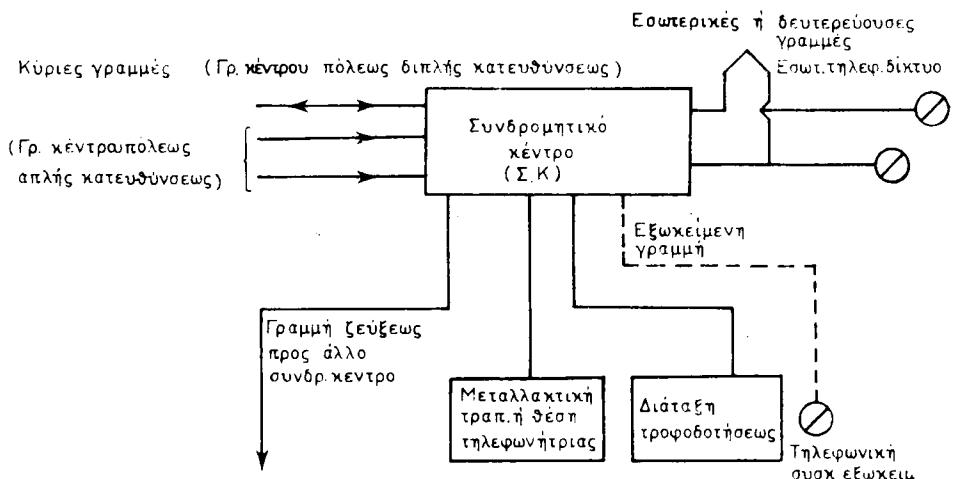
3.3 Συνδρομητικά κέντρα.

3.3.1 Συγκρότηση συνδρομητικών κέντρων.

Τα **συνδρομητικά κέντρα (Σ.Κ.)** τοποθετούνται σε κτίρια επιχειρήσεων και εργοστασίων, σε ξενοδοχεία, νοσοκομεία, Οργανισμούς κλπ., δηλαδή σε περιπτώσεις που είναι απαραίτητο να επικοινωνούν συχνά μεταξύ τους αλλά και με συνδρομητές του αστικού και του υπεραστικού δικτύου άτομα συγκεντρωμένα σε περιορισμένο σχετικά χώρο. Στις περιπτώσεις αυτές είναι ιδιαίτερα αντιοικονομική η τοποθέτηση ξεχωριστών κυρίων τηλεφωνικών συσκευών, δηλαδή συσκευών συνδεμένων κατ' ευθείαν σε ένα αστικό κέντρο και η διεξαγωγή όλων των συνδιαλέξεων μέσω του αστικού κέντρου, χωρίς να λύνει και τα ειδικά προβλήματα, που παρουσιάζονται στην τηλεφωνική εξυπηρέτηση αυτού του είδους.

Το Σ.Κ. εξασφαλίζει, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.3α:

- Εσωτερική επικοινωνία μεταξύ των συνδρομητών του χωρίς τη μεσολάβηση οργάνων του αστικού κέντρου.
- Αστική και υπεραστική επικοινωνία.
- Επικοινωνία με άλλα Σ.Κ.



Σχ. 3.3α.

Σύνδεση συνδρομητών και κέντρου πόλεως με το συνδρομητικό κέντρο.

Οι τηλεφωνικές συσκευές του Σ.Κ. ονομάζονται **εσωτερικές συσκευές (Ε.Σ.)** και οι γραμμές που τις συνδέουν με το Σ.Κ. **εσωτερικές ή δευτερεύουσες συνδρομητικές γραμμές**. Το Σ.Κ. συνδέεται με το αστικό κέντρο μέσω μιας ή περισσοτέρων **κυρίων γραμμών** (γραμμών κέντρου πόλεως) απλής ή (και) διπλής κατευθύνσεως. Με τη βοήθεια των γραμμών αυτών διεξάγεται η **εισερχόμενη** και **εξερχόμενη κί-**



Σχ. 3.3β.

Μεταλλακτικές τράπεζες σύγχρονου ηλεκτρονικού συνδρομητικού κέντρου.



Σχ. 3.3γ.

Ηλεκτρονικό συνδρομητικό κέντρο για 600 συνδρομητές με απομακρυσμένες τις πόρτες των ντουλαπιών.

νηση του Σ.Κ., δηλαδή η κίνηση από τους συνδρομητές του αστικού και υπεραστικού δικτύου προς τους συνδρομητές του Σ.Κ. και η κίνηση των συνδρομητών του Σ.Κ. προς τους συνδρομητές του αστικού και υπεραστικού δικτύου.

Ένα Σ.Κ. εξυπηρετείται από μία ή περισσότερες τηλεφωνήτριες εγκατεστημένες σε ειδικές θέσεις, τις **μεταλλακτικές τράπεζες** (σχ. 3.3β).

Το μέγεθος ενός Σ.Κ. εξαρτάται από τις ανάγκες που εξυπηρετεί. Το μικρότερο κέντρο περιλαμβάνει μια κύρια συσκευή με μια κύρια γραμμή και μια μόνο εσωτερική συσκευή, ενώ μεγάλες εγκαταστάσεις έχουν στη διαθεσή τους δεκάδες κυρίων γραμμών και περιλαμβάνουν εκατοντάδες εσωτερικές συσκευές (σχ. 3.3γ). Αντίθετα με τις κύριες τηλεφωνικές συσκευές και τις κύριες συνδρομητικές γραμμές, οι οποίες ανήκουν στον Οργανισμό Τηλεπικοινωνιών, τα Σ.Κ. είναι δυνατόν να αγοράζονται από ιδιώτες.

Οι αριθμοί κλήσεως των εσωτερικών συσκευών ενός Σ.Κ. είναι **εσωτερικοί αριθμοί** της εγκαταστάσεως, οι οποίοι δεν αναγράφονται κατά κανόνα στον τηλεφωνικό κατάλογο. Στον κατάλογο καταχωρείται μόνο ένας ή περισσότεροι αριθμοί κλήσεως του Σ.Κ.

3.3.2 Κατηγορίες συνδρομητικών κέντρων.

Διακρίνομε πέντε βασικές κατηγορίες Σ.Κ., ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους:

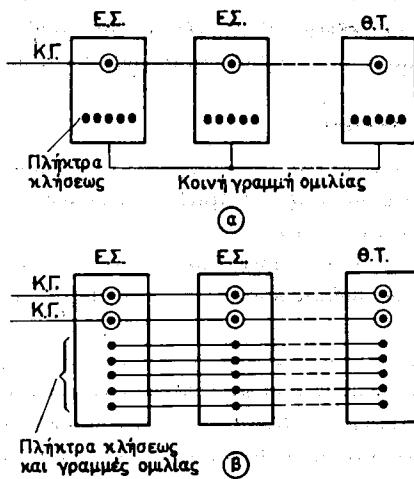
- α) Εγκαταστάσεις σειράς.
- β) Χειροκίνητα Σ.Κ.
- γ) Ημιαυτόματα Σ.Κ.
- δ) Αυτόματα Σ.Κ.
- ε) Πλήρως αυτόματα Σ.Κ. (Διεπιλογικά).

Εγκαταστάσεις σειράς.

Σε μια εγκατάσταση σειράς, μία ή περισσότερες κύριες γραμμές Κ.Γ. περνούν από όλες τις εσωτερικές τηλεφωνικές συσκευές Ε.Σ. και καταλήγουν στη θέση τηλεφωνήτριας Θ.Τ. (σχ. 3.3δ), που η συσκευή της είναι όμοια με τις άλλες. Οι εισερχόμενες κλήσεις φθάνουν στη Θ.Τ. και η τηλεφωνήτρια τις διαβιβάζει στις Ε.Σ., που ζητούνται.

Εξερχόμενες συνδέσεις, όπως και εσωτερικές συνδέσεις πραγματοποιεί ξεχωριστά ο συνδρομητής κάθε Ε.Σ. με τη βοήθεια πλήκτρων, που βρίσκονται στη συσκευή του. Σαν εξαίρεση, η εγκατάσταση σειράς δεν διαθέτει κεντρική διάταξη στην οποία να πραγματοποιούνται οι συνδέσεις των γραμμών. Η εσωτερική επικοινωνία μεταξύ των Ε.Σ. διεξάγεται είτε μέσω μιας κοινής εσωτερικής γραμμής ομιλίας [σχ. 3.3δ (α)], είτε μέσω ξεχωριστών εσωτερικών γραμμών, που ενώνουν όλες τις Ε.Σ. [σχ. 3.3δ (β)]. Στην εγκατάσταση του σχήματος 3.3δ (α) μπορεί να διεξάγεται ταυτόχρονα μία μόνο εσωτερική συνδιάλεξη, ενώ η εγκατάσταση του σχήματος 3.3δ (β) επιτρέπει τη διεξαγωγή περισσοτέρων ταυτόχρονα, εσωτερικών συνδιαλέξεων.

Οι εγκαταστάσεις σειράς είναι απλές στην κατασκευή και στη λειτουργία, απαιτούν όμως μεγάλο αριθμό γραμμών μεταξύ των Ε.Σ. Έτσι η χρήση τους περιορίζεται στις περιπτώσεις που οι Ε.Σ. είναι συγκεντρωμένες σε μικρό χώρο και ο αριθμός τους είναι μικρός. Συνήθως χρησιμοποιούνται εγκαταστάσεις σειράς για μέ-



Σχ. 3.36.

Εγκατάσταση σειράς με κοινή εσωτερική γραμμή (a) και με ξεχωριστές εσωτερικές γραμμές (b).

χρι 5 ώς 6 Ε.Σ., οι οποίες εξυπηρετούνται από 1-2 κύριες γραμμές, ενώ η πιο μεγάλη χωρητικότητά τους είναι 10 Ε.Σ. με 4 κύριες γραμμές.

Χειροκίνητα Συνδρομητικά Κέντρα.

Στα κέντρα αυτά, οι κύριες γραμμές από το αστικό κέντρο και οι δευτερεύουσες γραμμές από κάθε Ε.Σ. καταλήγουν σε ένα **μεταλλάκτη**. Όλες οι εσωτερικές συνδέσεις μεταξύ των Ε.Σ. όπως και οι εισερχόμενες και εξερχόμενες εξωτερικές συνδέσεις πραγματοποιούνται χειροκίνητα από μία ή περισσότερες τηλεφωνήτριες στο μεταλλάκτη.

Χειροκίνητα Σ.Κ. είναι απλά στην κατασκευή, η λειτουργία τους όμως είναι σχετικά πολύπλοκη. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιπτώσεις, που δεν είναι οικόνομική η τοποθέτηση μίας αυτόματης εγκαταστάσεως ή όταν είναι απαραίτητο να ελέγχονται τα πραγματοποιούμενα τηλεφωνήματα, π.χ. σε ξενοδοχεία για να εισπράττονται τα ανάλογα τέλη, σε νοσοκομεία κλπ.

Διακρίνομε δύο βασικές κατηγορίες χειροκινήτων Σ.Κ.:

- Χειροκίνητα Σ.Κ. με κορδόνια.
- Χειροκίνητα Σ.Κ. με πλήκτρα.

Στα Σ.Κ. της πρώτης κατηγορίας οι συνδέσεις πραγματοποιούνται με κορδόνια, που καταλήγουν σε βύσματα και τοποθετούνται στις κυψέλες του μεταλλάκτη. Στη δεύτερη κατηγορία, που χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά σήμερα, οι συνδέσεις πραγματοποιούνται στο μεταλλάκτη με τη βοήθεια πλήκτρων.

Ημιαυτόματα Συνδρομητικά Κέντρα.

Σε ημιαυτόματα Σ.Κ. υπάρχει μια αυτόματη κεντρική ζευκτική διάταξη με επιλογές ή ζευκτικά πεδία. Όλες οι **εσωτερικές συνδέσεις** πραγματοποιούνται αυτόματα από τους συνδρομητές του κέντρου με τη βοήθεια της συσκευής

τους και μέσω της αυτόματης κεντρικής διατάξεως χωρίς τη μεσολάβηση τηλεφωνήτριας. Η **εισερχόμενη και εξερχόμενη κίνηση** του ημιαυτόματου Σ.Κ. διεκπεραιώνεται χειροκίνητα από την τηλεφωνήτρια του κέντρου.

Αυτόματα Συνδρομητικά Κέντρα.

Σε αυτόματα Σ.Κ. πραγματοποιούνται όλες οι εσωτερικές συνδέσεις αυτόματα από τους συνδρομητές μέσω μιας αυτόματης ζευκτικής διατάξεως, όπως στα ημιαυτόματα κέντρα. Εκτός από αυτό όμως πραγματοποιούνται αυτόματα χωρίς τη μεσολάβηση τηλεφωνήτριας και οι **εξερχόμενες αστικές και υπεραστικές συνδέσεις**. Η εισερχόμενη κίνηση διεκπεραιώνεται χειροκίνητα από την τηλεφωνήτρια του κέντρου.

Τα αυτόματα Σ.Κ. διακρίνονται ανάλογα με τον αριθμό των Ε.Σ., που περιλαμβάνουν, σε μικρά, μεσαία και μεγάλα κέντρα. Μικρά κέντρα έχουν 1 κύρια γραμμή και 1 ώς 9 Ε.Σ. Μεσαία κέντρα περιλαμβάνουν 2 ώς 10 κύριες γραμμές και 10 ώς 100 Ε.Σ. Μεγάλα κέντρα έχουν τουλάχιστον 5 κύριες γραμμές και 30 Ε.Σ. και μπορούν να επεκταθούν ανάλογα με τον τύπο τους, είτε μέχρι ένα μέγιστο αριθμό συσκευών, π.χ. μέχρι 400 Ε.Σ. και 40 κύριες γραμμές, είτε απεριόριστα.

Πλήρως αυτόματα Συνδρομητικά Κέντρα (Διεπιλογικά).

Στα κέντρα αυτά διεκπεραιώνεται αυτόματα όχι μόνο η εσωτερική και η εξερχόμενη κίνηση, αλλά και η **εισερχόμενη κίνηση**. Ο καλών εσωτερικός συνδρομητής έχει τη δυνατότητα να φθάσει μέχρι τη ζητούμενη Ε.Σ. με επιλογή, χωρίς τη μεσολάβηση τηλεφωνήτριας. Η επιλογή στην περίπτωση αυτή χαρακτηρίζεται **διεπιλογή**. Πλήρως αυτόματα Σ.Κ. κατασκευάζονται συνήθως για μεγάλο αριθμό Ε.Σ.

Οπωσδήποτε και στα κέντρα αυτά υπάρχουν τηλεφωνητριακές θέσεις για την εξυπέρτηση των συνδρομητών σε διάφορες περιπτώσεις, όπως θα γνωρίσομε στο επόμενο κεφάλαιο.

Η τεχνική των αυτομάτων Σ.Κ. εξαρτάται από το επιλογικό σύστημα που εφαρμόζεται (σύστημα άμεσης ή έμμεσης καθοδηγήσεως) και από το μέγεθός τους. Γενικά χρησιμοποιούνται τόσο επιλογείς όσο και ηλεκτρομηχανικά ζευκτικά πεδία από ρωστήρες ή ραβδεπαφικούς επιλογείς. Το τελευταίο διάστημα όμως έχουν κατασκευασθεί **ηλεκτρονικά συνδρομητικά κέντρα** με εξαιρετικές δυνατότητες, τα οποία τείνουν να εκτοπίσουν εντελώς τα ηλεκτρομηχανικά Σ.Κ.

3.3.3 Δυνατότητες συνδρομητικών κέντρων.

Η διεκπεραίωση της εσωτερικής και εξωτερικής κινήσεως ενός αυτόματου Σ.Κ. μπορεί να πραγματοποιηθεί περισσότερο ή λιγότερο απλά για τους συνδρομητές του Σ.Κ. και τους εσωτερικούς συνδρομητές, ανάλογα με τις **δυνατότητες** τις οποίες παρουσιάζει το κέντρο. Για οικονομικούς και άλλους λόγους, π.χ. για να ελέγχονται οι πραγματοποιούμενες συνδέσεις, δεν δίνεται συνήθως σε όλες τις Ε.Σ. το δικαίωμα να χρησιμοποιούν όλες τις δυνατότητες του Σ.Κ.

Οι σπουδαιότερες δυνατότητες που παρουσιάζουν σύγχρονα αυτόματα Σ.Κ. είναι οι εξής:

Διεπιλογή.

Ένας συνδρομητής του αστικού δικτύου, ο οποίος επιθυμεί να συνδεθεί με ένα



συνδρομητή του Σ.Κ. επιλέγει πρώτα τον αριθμό κλήσεως του Σ.Κ., π.χ. τον αριθμό 635, και αμέσως μετά τον εσωτερικό αριθμό κλήσεως της ζητούμενης Ε.Σ., π.χ. τον αριθμό 8236. Έτσι φθάνει, κατευθείαν στον καλούμενο συνδρομητή χωρίς τη μεσολάβηση τηλεφωνήτριας του Σ.Κ.

Ιδιάιτερη σημασία έχει η διεπιλογή για τις εισερχόμενες υπεραστικές κλήσεις, στις οποίες δεν είναι υποχρεωμένος ο καλών να αναμένει μέχρι να τον συνδέσει η τηλεφωνήτρια με τον καλούμενο και να επιβαρύνεται με επι πλέον τέλος συνδιαλέξεως για το χρόνο αναμονής. Αν ο καλών συνδρομητής δεν γνωρίζει τον εσωτερικό αριθμό κλήσεως του καλούμενου, μπορεί να καλέσει την τηλεφωνητριακή θέση του Σ.Κ. προσθέτοντας ένα ψηφίο π.χ. το 1, στον αριθμό κλήσεως του Σ.Κ., επιλέγοντας δηλαδή τον αριθμό 6351, και να ζητήσει από την τηλεφωνήτρια να τον συνδέσει.

Ενδιάμεση ερώτηση.

Ο συνδρομητής του Σ.Κ., ο οποίος διεξάγει μια **εξωτερική** συνδιάλεξη, είτε σαν καλών είτε σαν καλούμενος, έχει τη δυνατότητα, πιέζοντας π.χ. το πλήκτρο γειώσεως της συσκευής του, να αποσυνδεθεί προσωρινά από τον εξωτερικό συνδρομητή και να συνδεθεί με έναν άλλο συνδρομητή του Σ.Κ. επιλέγοντας τον εσωτερικό αριθμό του. Ο εξωτερικός συνδρομητής αναμένει στο ακουστικό του, χωρίς να ακούει την εσωτερική συνδιάλεξη, μέχρι που ο συνδρομητής του Σ.Κ. με πίεση πάλι του πλήκτρου γειώσεως, ξανασυνδεθεί στην εξωτερική γραμμή.

Με την **ενδιάμεση ερώτηση** διευκολύνεται πολύ ο εξωτερικός συνδρομητής, ο οποίος δεν είναι υποχρεωμένος να καλέσει δεύτερο, τρίτο κ.ο.κ. συνδρομητή του Σ.Κ. ή να ξανακαλέσει τον ίδιο συνδρομητή, όταν αυτός δεν είναι αμέσως σε θέση να τον εξυπηρετήσει, αλλά χρειάζεται να ερωτήσει και να συλλέξει πληροφορίες, κλπ. Η δυνατότητα αυτή δεν υπάρχει στις εσωτερικές συνδέσεις, εφ' όσον ένας συνδρομητής του Σ.Κ. εύκολα μπορεί να διακόψει και να καλέσει άλλον ή πάλι τον ίδιο εσωτερικό συνδρομητή χωρίς οικονομική επιβάρυνση.

Μεταβίβαση κλήσεως.

Η ίδια διάταξη, που χρησιμεύει στην πραγματοποίηση ενδιάμεσης ερωτήσεως μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μεταβίβαση μιάς εξωτερικής κλήσεως από μια Ε.Σ. σε άλλη Ε.Σ. ή στη θέση τηλεφωνήτριας του Σ.Κ. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για την πραγματοποίηση της μεταβίβάσεως. Όταν π.χ. ο συνδρομητής της Ε.Σ.1 έχει συνδεθεί ενδιάμεσα με την Ε.Σ.2, μπορεί να παρακαλέσει το συνδρομητή της να συνεχίσει την εξωτερική συνδιάλεξη. Ο συνδρομητής της Ε.Σ.2 συνδέεται με την εξωτερική γραμμή πιέζοντας το πλήκτρο γειώσεως του, ενώ ο συνδρομητής της Ε.Σ.1 αποθέτει το ακουστικό του. Με τον τρόπο αυτό ο εξωτερικός συνδρομητής μπορεί να συνδεθεί διαδοχικά με αρκετούς εσωτερικούς συνδρομητές εξοικονομώντας χρόνο και τα ανάλογα τέλη ξεχωριστών κλήσεων.

Αναμονή καλούντος.

Όταν μία Ε.Σ. είναι κατειλημμένη, μπορεί ένας εξωτερικός συνδρομητής, που επιθυμεί να συνδεθεί μαζί της, να αναμείνει μέχρι να ελευθερωθεί η γραμμή. Η δυνατότητα αυτή υπάρχει τόσο όταν η σύνδεση έχει πραγματοποιηθεί χειροκίνητα

μέσω της τηλεφωνήτριας του Σ.Κ., δύο και όταν έχει πραγματοποιηθεί με διεπιλογή, οπότε μεταβιβάζεται αυτόματα στη θέση τηλεφωνήτριας σε περίπτωση που ο καλούμενος είναι κατειλημένος. Η τηλεφωνήτρια του κέντρου προετοιμάζει τη σύνδεση, η οποία πραγματοποιείται μόλις τελειώσει η προηγούμενη συνδιάλεξη.

Επισύνδεση.

Σε περίπτωση που η ζητούμενη Ε.Σ. είναι κατειλημένη και ο κάλων εξωτερικός συνδρομητής πραγματοποιεί υπεραστική κλήση, μπορεί η τηλεφωνήτρια να επισυνδεθεί στη συνδιάλεξη της Ε.Σ. και να ζητήσει από το συνδρομητή της να τερματίσει την αστική συνδιάλεξη για να πάρει την υπεραστική κλήση. Έτσι δεν υποχρεώνεται ο υπεραστικός συνδρομητής να αναμείνει πολύ, πληρώνοντας το χρόνο αναμονής.

Με την επισύνδεση έχει τη δυνατότητα η τηλεφωνήτρια να παρεμβάλλεται στις διεξαγόμενες συνδιαλέξεις του Σ.Κ. και να ακούει το διάλογο. Για να εξασφαλιστεί το απόρρητο των συνδιαλέξεων, αποστέλλεται στη γραμμή με την επισύνδεση ένα ακουστικό σήμα, το οποίο ειδοποιεί τους συνδρομητές για την παρεμβολή.

Νυκτερινή σύνδεση.

Αν το Σ.Κ. δεν έχει τη δυνατότητα διεπιλογής, είναι απαραίτητο να μπορούν να καλούνται τη νύκτα, όταν δεν εργάζεται, ή όταν απουσιάζει η τηλεφωνήτρια του κέντρου, μία ή περισσότερες Ε.Σ., π.χ. ο θυρωρός του κτιρίου της επιχειρήσεως, ο υπεύθυνος της νυκτερινής βάρδιας ενός εργοστασίου κλπ. Με ειδικές διατάξεις είναι δυνατόν να μεταβιβάζονται οι κλήσεις **όλων** των κυρίων γραμμών του Σ.Κ. σε μια Ε.Σ., η οποία εκτελεί χρέη θέσεως τηλεφωνήτριας τη νύκτα (γενική νυκτερινή σύνδεση). Επίσης είναι δυνατόν να συνδέονται τη νύκτα ή όταν απουσιάζει η τηλεφωνήτρια ορισμένες ή όλες οι κύριες γραμμές του Σ.Κ. **χωριστά** σε ισάριθμες Ε.Σ. Από τις Ε.Σ. αυτές μπορούν να μεταβιβάζονται οι κλήσεις στις υπόλοιπες Ε.Σ. της εγκαταστάσεως κατά τα γνωστά (απλή νυκτερινή σύνδεση). Τέλος είναι δυνατόν να συνδέεται μέρος των κυρίων γραμμών σε μια Ε.Σ. και η κάθε μια από τις υπόλοιπες σε ξεχωριστή Ε.Σ. (μικτή νυκτερινή σύνδεση).

Αυτόματη μεταβιβαση κλήσεως.

Είναι δυνατόν μια κλήση, η οποία μένει αναπάντητη από μια Ε.Σ. να μεταβιβαστεί αυτόματα μετά την παρέλευση ορισμένου χρόνου, π.χ. 25 sec σε μιάν άλλη Ε.Σ. ή να επιστρέψει στη θέση τηλεφωνήτριας.

Ακόμα είναι δυνατό να μεταβιβαστεί μια εξωτερική κλήση αυτόματα από τη θέση τηλεφωνήτριας σε άλλη Ε.Σ. του κέντρου, εφ' όσον δεν απαντηθεί από την τηλεφωνήτρια μέσα σε ορισμένο χρονικό διάστημα (περίπτωση που απουσιάζει η τηλεφωνήτρια).

Φραγή.

Για οικονομικούς λόγους είναι απαραίτητο να εμποδίζεται η πραγματοποίηση από ένα αριθμό Ε.Σ. ορισμένων κλήσεων, π.χ. υπεραστικών κλήσεων ή κλήσεων σε Υπηρεσίες (πληροφορίες κλπ.), όταν οι εξερχόμενες συνδέσεις πραγματοποιούνται αυτόματα από τους εσωτερικούς συνδρομητές. Η παρεμπόδιση επιτυγ-

χάνεται με μια ειδική διάταξη φραγής, η οποία παρακολουθεί τα ψηφία, που επιλέγει ο συνδρομητής. Εφ' όσον επιλεγεί ένα απαγορευμένο ψηφίο, η διάταξη «μπλοκάρει» αυτόματα τη σύνδεση και αποσυνδέει το συνδρομητή.

Αλιστή σύνδεση.

Όταν ένας συνδρομητής του εξωτερικού αστικού ή υπεραστικού δίκτυου επιθυμεί να συνδεθεί διαδοχικά με περισσότερους εσωτερικούς συνδρομητές, μπορεί να το δηλώσει στην τηλεφωνήτρια, η οποία με κατάλληλους χειρισμούς στη μεταλλακτική συσκευή κατόρθωνε να ειδοποιείται μετά το τέλος κάθε σύνδιαλέξεως και να πραγματοποιεί την επόμενη σύνδεση.

Μεταβίβαση στοιχείων (DATA).

Με πρόσθετη διάταξη γίνεται δυνατή η μεταβίβαση στοιχείων μέσω συνδρομητικών κέντρων. Για τη μεταβίβαση αυτή χρησιμοποιείται το κοινό τηλεφωνικό δίκτυο.

3.3.4 Δυνατότητες εσωτερικών συσκευών.

Όπως αναφέραμε προηγουμένως, διέχει ο Ε.Σ. ενός αυτόματου Σ.Κ. δεν έχουν τα ίδια δικαιώματα στην πραγματοποίηση συνδέσεων. Στα επόμενα περιγράφονται σύντομα οι δυνατότητες που μπορεί να έχει η Μ.Ε.Σ.:

— **Ε.Σ. με πλήρη δυνατότητα επικοινωνίας με το αστικό κέντρο (εξωδικαιούχες Ε.Σ.)** μπορούν να πραγματοποιούν αυτόματα, με επιλογή, εσωτερικές και εξερχόμενες συνδέσεις. Εισερχόμενες κλήσεις διεκπεραιώνονται είτε χειροκίνητα από τηλεφωνήτρια, είτε εντελώς αυτόματα, εφ' όσον υπάρχει διεπιλογή.

— **Ε.Σ. με μερική δυνατότητα επικοινωνίας με το αστικό κέντρο (ημιεξωδικαιούχες Ε.Σ.)** μπορούν να πραγματοποιούν αυτόματες εσωτερικές συνδέσεις, αλλά εξερχόμενες συνδέσεις μόνο μέσω της τηλεφωνήτριας του Σ.Κ. Εισερχόμενες κλήσεις διεκπεραιώνονται όπως στην προηγούμενη περίπτωση, είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα.

— **Ε.Σ. χωρίς δυνατότητα συνδέσεως με το αστικό κέντρο (εσωδικαιούχες Ε.Σ.)** δεν μπορούν να συνδεθούν με το αστικό δίκτυο ούτε σε εξερχόμενη ούτε σε εισερχόμενη κατεύθυνση, μπορούν όμως να πραγματοποιούν αυτόματα εσωτερικές συνδέσεις με τις υπόλοιπες συσκευές του Σ.Κ.

— **Ε.Σ. με δυνατότητα πραγματοποίησεως υπεραστικών συνδέσεων (τηλεδικαιούχες Ε.Σ.)** μπορούν να πραγματοποιούν αυτόματα με επιλογή υπεραστικές κλήσεις. Σε Ε.Σ. χωρίς αυτή τη δυνατότητα μπορεί να δοθεί το δικαίωμα να πραγματοποιούν υπεραστικές συνδέσεις μέσω της τηλεφωνήτριας του Σ.Κ.

3.4 Ηλεκτρική τροφοδότηση τηλεφωνικών κέντρων.

3.4.1 Ρεύματα και τάσεις τηλεφωνικών κέντρων.

Στην τηλεφωνική τεχνική χρησιμοποιείται: α) συνεχές ρεύμα, β) εναλλασσόμενο ρεύμα 25, 50 και 150 Hz, γ) ρεύματα ακουστικής συχνότητας 45 Hz – 3000 Hz, δ) ρεύματα υψηλής συχνότητας.

Συνεχές ρεύμα.

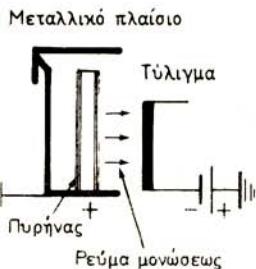
Το συνεχές ρεύμα είναι το πιο σπουδαίο και πιο πολύ χρησιμοποιούμενο ρεύμα στα τηλεφωνικά κυκλώματα. Αυτό οφείλεται στη σταθερή χρονικά έντασή του, η οποία εξασφαλίζει ομοιόμορφη και ισχυρή διέγερση των ρωστήρων και των ηλεκτρομαγνητών των επιλογέων, ακόμα και όταν η διάρκεια επιδράσεώς του είναι μεγάλη. Αστικά τηλεφωνικά κέντρα εργάζονται στις Ευρωπαϊκές χώρες με τάση 220 V, συνδρομητικά κέντρα με τάση 60 V ή 24 V. Ο περιορισμός σε 60 V επιβάλλεται απ' τους κανονισμούς λειτουργίας εγκαταστάσεων χαμηλής τάσεως, που ορίζουν σα μέγιστη επιτρεπόμενη τάση επαφής τα 65 V.

Η **ένταση** των χρησιμοποιουμένων ρευμάτων προσδιορίζεται, εφ' όσον η τάση είναι σταθερή, απ' την απαιτούμενη ισχύ για τη λειτουργία των οργάνων (π.χ. ρωστήρων, επιλογέων), και απ' την επιτρεπόμενη υπερθέρμανση της μονώσεως των αγωγών. Για τη διέγερση των ρωστήρων χρησιμοποιούνται π.χ. $1\frac{1}{40}$ ως $1\frac{1}{5}$ A, για τη συγκράτηση τους στην κατάσταση εργασίας μερικά mA, ενώ η κίνηση ηλεκτρομαγνητών απαιτεί 1 A περίπου.

Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχεται κατά μέσο όρο σε 0,035 Ah για μια αστική σύνδεση και σε 0,100 Ah για μια υπεραστική σύνδεση σε ηλεκτρομηχανικά κέντρα. Το 90% της ενέργειας αυτής καταναλίσκεται στα κυκλώματα, με διηγήσεως για τη διασύνδεση των γραμμών ομιλίας και 10% στην τροφοδοτική των μικροφώνων των δύο συνδρομητών. Μεσή κατανάλωση ενέργειας ανά σύνδεση, τον αριθμό συνδρομητών ενός κέντρου και το μέσο αριθμό αστικών και υπεραστικών σύνδεσεων ανά συνδρομητή, υπολογίζεται εύκολα σε Ah το μέγεθος της τροφοδοτικής εγκαταστάσεως του κέντρου.

Ιδιαίτερη σημασία έχει η **φορά** του συνεχούς ρεύματος. Στις τηλεφωνικές εγκαταστάσεις γειώνεται σχεδόν πάντα ο θετικός πόλος της πηγής συνεχούς ρεύματος. Τα τυλίγματα των ρωστήρων, ηλεκτρομαγνητών κλπ. είναι συνδεμένα με το ένα άκρο τους στον αρνητικό πόλο της πηγής, ενώ το άλλο άκρο τους γειώνεται μέσω ενός επαφέα, όταν πρέπει να περάσει ρεύμα απ' αυτά. Το κύκλωμα κλείνει μέσω αγωγού που φέρεται στο δυναμικό της γης. Έτσι εξοικονομούνται αγωγοί κι ακόμα δημιουργείται ένα κοινό δυναμικό αναφοράς στα τηλεφωνικά κέντρα. Η γείωση αυτή, με την οποία το δυναμικό γης χρησιμεύει για τη λειτουργία ενός κυκλώματος, ονομάζεται **γείωση λειτουργίας**.

Σε ένα κέντρο γειώνονται επίσης για λόγους ασφάλειας τα ικριώματα και γενικά όλα τα μεταλλικά τμήματα της τηλεφωνικής εγκαταστάσεως (γείωση προστασίας). Μέσω αυτών γειώνονται, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.4a και οι σιδερένιοι πυρήνες των ρωστήρων και ηλεκτρομαγνητών. Αποτέλεσμα είναι να υπάρχει διαρκώς μεταξύ ενός πυρήνα και του τυλίγματός του διαφορά δυναμικού 60 V. Επειδή, τώρα πρόκειται για μόνωση του τυλίγματος όσο καλή και αν είναι δεν έχει άπειρη αντίσταση, αλλά αντίσταση π.χ. 100 ή 500 MΩ, ρέει συνεχώς ένα πολύ μικρό ρεύμα, π.χ. 1/10.000 mA, απ' τον πυρήνα προς το τύλιγμα. Υγρασία που βρίσκεται στο μονωτικό ή στο χώρο μεταξύ μονωτικού και αγωγού παίζει το ρόλο, σ' αυτήν την περίπτωση, ηλεκτρολύτη. Είναι γνωστό, πως σε μια ηλεκτρόλυση μεταφέρεται ύλικο αιφ' το θετικό ηλεκτρόδιο, την άνοδο, στο αρνητικό ηλεκτρόδιο, την κάθοδο. (Έτσι π.χ. γίνεται με ηλεκτρόλυση η αργύρωση μεταλλικών αντικειμένων, που σχηματίζουν την κάθοδο, από μια πιλάκα αργύρου που αποτελεί την άνοδο). Στην περίπτωση μας



Σχ. 3.4a.
Γείωση τηλεφωνικών εγκαταστάσεων.

μεταφέρεται μέταλλο απ' τον πυρήνα στο τύλιγμα. Η μικρή αυτή απώλεια μετάλλου του πυρήνα δεν βλάπτει. Αν όμως ήταν γειωμένος ο αρνητικός πόλος της πηγής, το ρεύμα θα έρρεε σε αντίθετη κατεύθυνση και θα μεταφέροταν υλικό απ' το τύλιγμα στον πυρήνα. Αυτό θα είχε σαν αποτέλεσμα την καταστροφή του λεπτού σύρματος του τυλίγματος.

Εναλλασσόμενο ρεύμα.

– Εναλλασσόμενο ρεύμα 25 Hz.

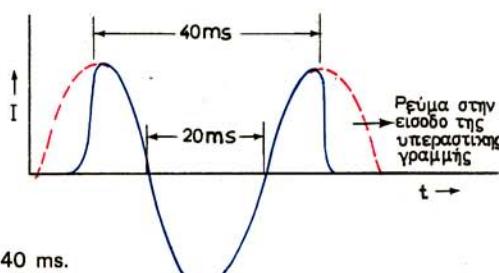
Χρησιμοποιείται, όπως γνωρίσαμε, σαν **κλητήριο ρεύμα**. Το ρεύμα αυτό αλλάζει κατεύθυνση 50 φορές το δευτερόλεπτο. Ίσες φορές έλκεται ο οπλισμός του ηλεκτρομαγνήτη και το πλήκτρο κτυπά την καμπάνα του κουδουνιού. Πενήντα κτύποι το δευτερόλεπτο δίνουν, όπως έχει αποδειχτεί, ένα ευδιάκριτο σήμα κλήσεως.

– Εναλλασσόμενο ρεύμα 50 Hz και 150 Hz.

Χρησιμοποιείται στην υπεραστική τηλεφωνία για τη μεταβίβαση των επιλογικών παλμών και άλλων σημάτων μεταξύ τηλεφωνικών κέντρων, σε όχι πολύ μεγάλες αποστάσεις. Συνεχές ρεύμα δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση αυτή. Η χρησιμοποίηση ειδικά ρεύματος 50 Hz οφείλεται σε τρεις λόγους:

1) Τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας, απ' τα οποία τροφοδοτούνται και οι τηλεφωνικές εγκαταστάσεις, έχουν συχνότητα 50 Hz.

2) Αν το ρεύμα είχε μικρότερη συχνότητα, ο αριθμός ημιπεριόδων, που θα αντιστοιχούσε σ' ένα σήμα μικρής διάρκειας, δεν θα επαρκούσε για τη διέγερση ενός ρωστήρα, ηλεκτρομαγνήτη κλπ. Αν π.χ. η συχνότητα ήταν 25 Hz, η διάρκεια του σήματος 40 ms και η μεταβίβασή του άρχιζε τη στιγμή που το ρεύμα παίρνει τη μέγιστη του τιμή (θετική ή αρνητική), θα αντιστοιχούσε στη διάρκεια των 40 ms μια μόνο πλήρης ημιπεριόδος (σχ. 3.4β). Το ρεύμα στις άλλες ημιπεριόδους δεν



Σχ. 3.4β.

Μορφή ημιτονικού σήματος 25 Hz, διάρκειας 40 ms.

επαρκεί για να διεγερθεί ο ρωστήρας. Αν, λοιπόν, για διάφορους λόγους δεν διεγερθεί ο ρωστήρας στη μοναδική ημιπερίοδο, χάνεται το σήμα. Σε ρεύμα 50 Hz υπάρχουν 3 ημιπερίοδοι στο ίδιο διάστημα, ανεξάρτητα απ' τη στιγμή που αρχίζει η μεταβίβαση του σήματος.

3) Το βιομηχανικό εναλλασσόμενο ρεύμα περιέχει εκτός απ' τη βασική συχνότητα των 50 Hz, υψηλότερες συχνότητες, πολλαπλάσια της βασικής, τις λεγόμενες **αρμονικές συχνότητες**. Οι αρμονικές δεν ενοχλούν τη μεταβίβαση του σήματος, μπορούν όμως να προκαλέσουν παρενοχλήσεις σε γειτονικά κυκλώματα ομιλίας. Ο κίνδυνος παρενοχλήσεως είναι τόσο μεγαλύτερος, όσο πλησιέστερα στο φάσμα ομιλίας (300 - 3400 Hz) βρίσκεται η βασική συχνότητα του εναλλασσόμενου ρεύματος. Απ' αυτή την άποψη ρεύμα 50 Hz είναι προτιμότερο από ρεύμα π.χ. 100 Hz.

Ρεύματα ακουστικής συχνότητας.

Το εναλλασσόμενο ρεύμα χαρακτηρίζεται στην τηλεφωνία σαν ρεύμα **ακουστικής συχνότητας**, όταν η συχνότητά του βρίσκεται στην περιοχή συχνοτήτων του φάσματος ομιλίας. Ρεύματα ακουστικής συχνότητας χρησιμοποιούνται τόσο για τη μεταβίβαση των **ηχοσημάτων**, όσο και για τη μεταβίβαση των **σημάτων ζεύξεως** (επιλογικών παλμών και γενικά σημάτων, που προκαλούν τη διασύνδεση των γραμμών ομιλίας).

Τα **ηχοσήματα** χρησιμοποιούνται ενιαία μια συχνότητα 450 Hz και διακρίνονται απ' τις χρονικές τους μεταβολές. Η συχνότητα των 450 Hz αντιστοιχεί περίπου στη συχνότητα του βασικού τόνου της μουσικής α¹ (440 Hz). Η τάση του ηχοσήματος στους πόλους της σηματογεννήτριας που το δημιουργεί, ανέρχεται σε 4 ως 6 V.

Σήματα ζεύξεως με ακουστικές συχνότητες π.χ. 2040, 2280, 2400, 3000 χρησιμοποιούνται με ειδική τεχνική στην υπεραστική τηλεφωνία μεγάλων αποστάσεων, όταν στις γραμμές παρεμβάλλονται ενισχυτές ή φερέσυχνα συστήματα. Οι συχνότητες αυτές ενισχύονται και μεταδίδονται μαζί με το φάσμα ομιλίας.

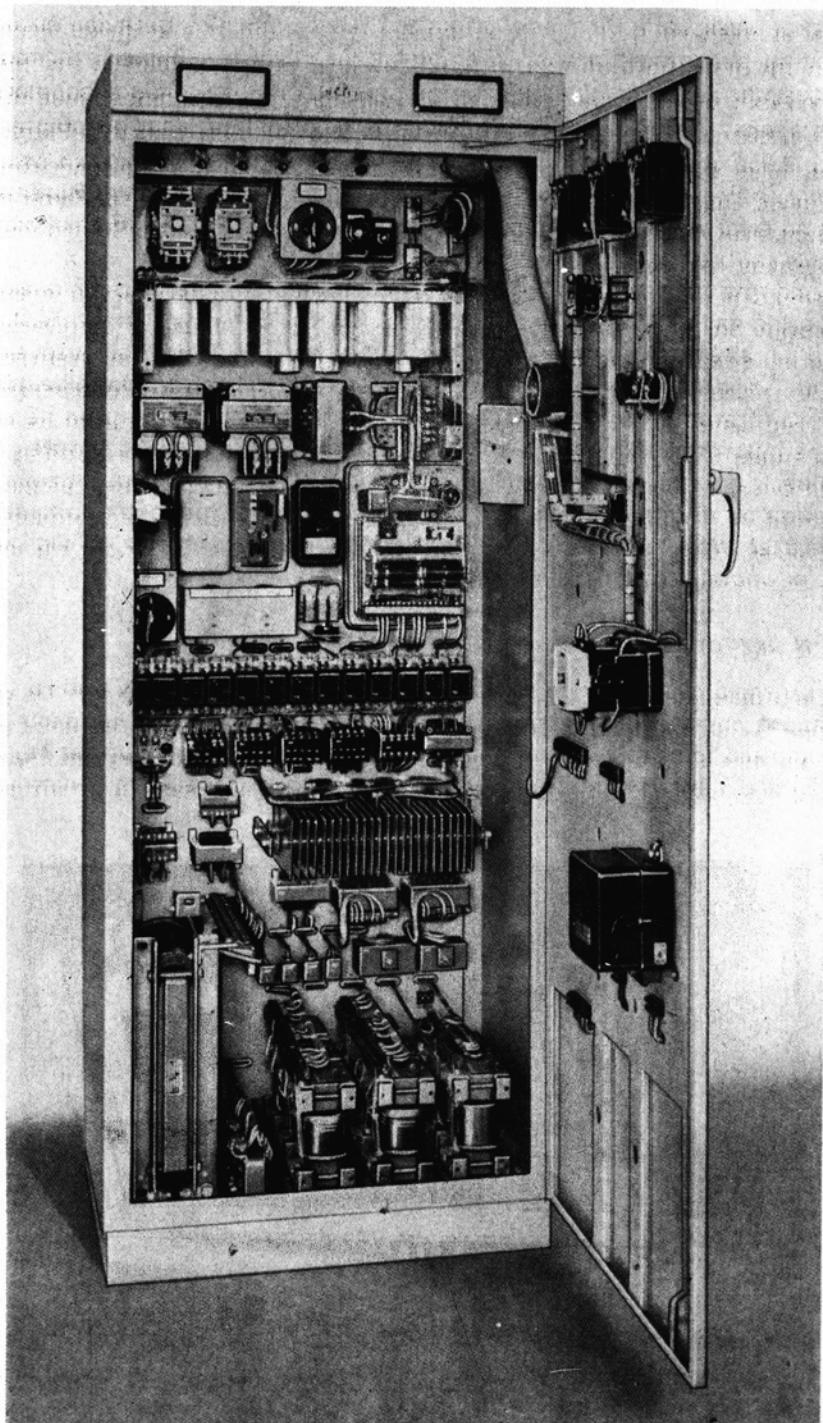
Ρεύματα υψηλής συχνότητας.

Ρεύματα με συχνότητα 12 kHz ως 600 MHz χρησιμοποιούνται σαν **φορείς** σε συστήματα (Φ/Σ) της υπεραστικής επικοινωνίας. Οι φορείς αυτοί διαμορφώνονται με φάσματα διάφορου εύρους, που σχηματίζονται από φάσματα ομιλίας τοποθετημένα το ένα δίπλα στο άλλο.

3.4.2 Ηλεκτρικές πηγές τροφοδοτήσεως.

Η ηλεκτρική ενέργεια για τη λειτουργία των τηλεφωνικών εγκαταστάσεων λαμβάνεται απ' το ενέργειακό δίκτυο υπό μορφή κατά κανόνα, τριφασικού ρεύματος 380 V. Το ρεύμα αυτό μετατρέπεται με τη βοήθεια μετασχηματιστών και ανορθωτών σε συνεχές ρεύμα 60 V. Επίσης το εναλλασσόμενο ρεύμα των 50 Hz λαμβάνεται κατ' ευθείαν απ' το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας.

Σαν ανορθωτές χρησιμοποιήθηκαν στην αρχή ανορθωτές **ατμών υδραργύρου** για μεγάλες ισχείς και ξηροί ανορθωτές **υποξειδίου του χαλκού** για μικρές ισχείς. Οι τελευταίοι αντικαταστάθηκαν κατόπιν απ' τους **ανορθωτές σεληνίου**, που παρουσιάζουν μικρότερο όγκο και δίνουν μεγαλύτερες ισχείς. Οι ανορθωτές υδραργύρου διατηρήθηκαν μεγάλο σχετικά διάστημα παρά την ευαισθησία τους και παρ'



Σχ. 3.4γ.

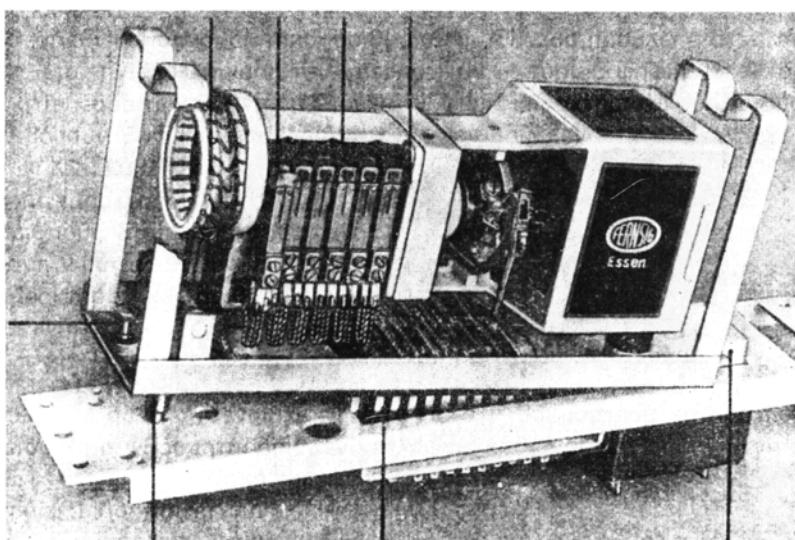
Ανορθωτική διάταξη 60 V, 200 Α τηλεφωνικού κέντρου, τοποθετημένη σε ερμάριο.

όλο ότι οι ισχείς και η συμπαγής κατασκευή των ανορθωτών σεληνίου δικαιολογούσαν την αντικατάστασή τους, εξ αιτίας της δυνατότητας ρυθμίσεως της τάσεως του συνεχούς ρεύματος με μεταβολή του σημείου εναύσεως, που παρουσιάζουν. Τελικά αντικαταστάθηκαν και οι ανορθωτές υδραργύρου απ' τους ανορθωτές σεληνίου, αφού επινοήθηκαν για τους τελευταίους κατάλληλα ρυθμιστικά στοιχεία της τάσεως. Σήμερα αντί για ονορθωτές σεληνίου προτιμώνται οι **ανορθωτές πυρίτιου**, που είναι τεχνικά ανώτεροι. Το σχήμα 3.4γ δείχνει μία ανορθωτική διάταξη τηλεφωνικού κέντρου.

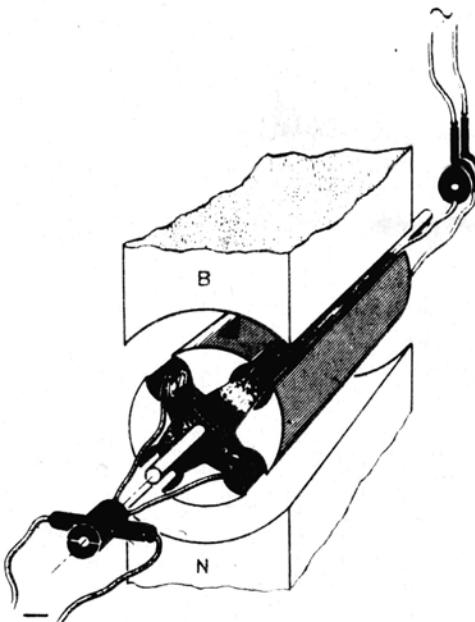
Επειδή στις τηλεπικοινωνιακές εγκαταστάσεις απαιτείται μεγαλύτερη ασφάλεια λειτουργίας απ' ό,τι στα ενεργειακά δίκτυα, πρέπει να υπάρχει στο τηλεφωνικό κέντρο μια **εφεδρική πηγή ενέργειας** για την περίπτωση βλάβης του ενεργειακού δικτύου. Ασφαλής πηγή ενέργειας έχει αποδειχτεί η **συστοιχία συσσωρευτών**, η οποία φορτίζεται απ' το ενεργειακό δίκτυο και διατηρείται φορτισμένη σε κατάσταση ετοιμότητας. Η συστοιχία συσσωρευτών υπερέχει από άλλες διατάξεις αποταμιεύσεως ηλεκτρικής ενέργειας, επειδή είναι σε θέση να αποδώσει αμέσως συνεχή τάση σε περίπτωση διακοπής του τροφοδοτικού δικτύου. Σα συσσωρευτές για μεγάλες ισχείς χρησιμοποιούνται οι **συσσωρευτές μολύβδου** και για μικρές ισχείς οι συσσωρευτές **νικελίου-καδμίου**.

3.4.3 Η μηχανή κλήσεως και σημάτων (Μ.Κ.Σ.).

Το κλητήριο ρεύμα των 25 Hz και το εναλλασσόμενο ρεύμα των 450 Hz για τα ηχοσήματα δημιουργούνται στα τηλεφωνικά κέντρα μεσαίου και μεγάλου μεγέθους από μια ιδιαίτερη μηχανή που ονομάζεται **Μηχανή Κλήσεως και Σημάτων** (Μ.Κ.Σ.) (σχ. 3.4δ). Η Μ.Κ.Σ. αποτελείται απ' τη μηχανή κλήσεως, τη γεννήτρια ση-

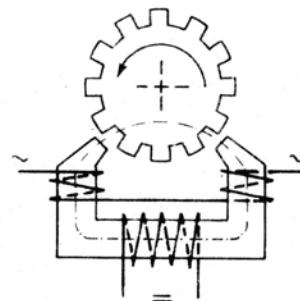


Σχ. 3.4δ.
Μηχανή κλήσεως και σημάτων (Μ.Κ.Σ.).



Σχ. 3.4ε.

Βασική δομή μηχανής κλήσεως και σημάτων



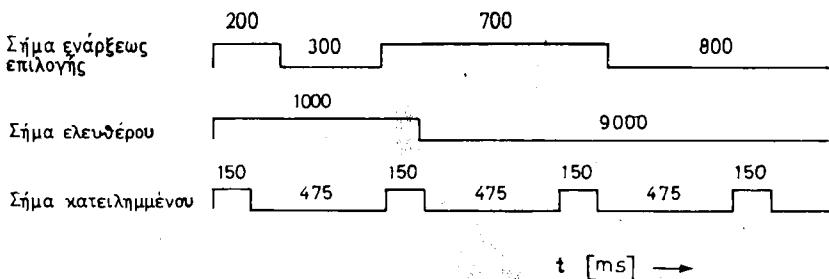
Σχ. 3.4στ.

Τροχός τόνων της Μ.Κ.Σ.

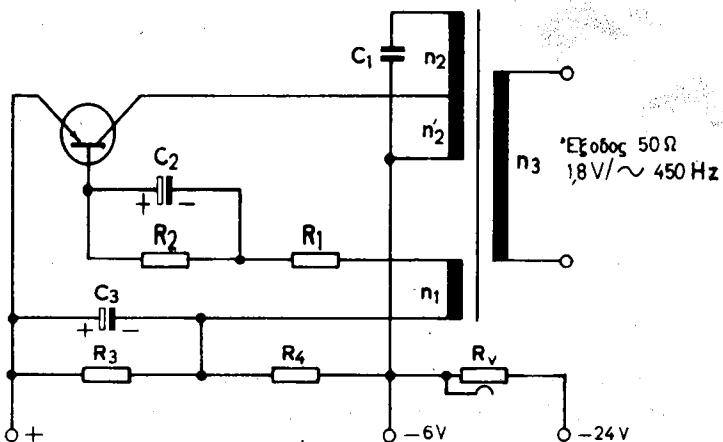
μάτων ή διάταξη τροχού τόνων και τη διάταξη σηματοδοτήσεως.

Η **μηχανή κλήσεως** είναι κατά κανόνα ένας μονοτύμπανος μετατροπέας. Αποτελείται δηλαδή από ένα κινητήρα συνεχούς ρεύματος, που φέρει στο ρότορά του ένα δεύτερο τύλιγμα. Στο τύλιγμα αυτό επάγεται, δταν στρέφεται το τύμπανο με 1500 στροφές το λεπτό, το εναλλασσόμενο ρεύμα των 25 Hz, που λαμβάνεται όπως φαίνεται στο σχήμα 3.4ε στους δύο δακτύλιους. Οι Μ.Κ.Σ. χαρακτηρίζονται με την ισχύ του ρεύματος κλήσεως σε βολταμπέρ (VA), π.χ. 5 VA, 15 VA, 60 VA (Μ.Κ.Σ. με 15 VA χρησιμοποιούνται σε κέντρα με χωρητικότητα μέχρι 4000 συνδρομητών, με 60 VA σε κέντρα μεγαλύτερης χωρητικότητας).

Η **γεννήτρια σημάτων** είναι ένας εναλλακτήρας, που έχει κοινό άξονα με τη μηχανή κλήσεως. Απ' το τύλιγμα του ρότορά του λαμβάνεται η τάση των 450 Hz. Εναλλακτήρες χρησιμοποιούνται για μικρές ισχείς της Μ.Κ.Σ. μέχρι 5 VA. Σε Μ.Κ.Σ. με ισχύ μεγαλύτερη από 5 VA παράγεται το ρεύμα των 450 Hz με τη βοήθεια ενός οδοντωτού τροχού, του **τροχού τόνων**, που κινείται απ' τη μηχανή κλήσεως (3.4στ). Ο τροχός περιστρέφεται στο διάκενο μεταξύ των πόλων ενός ηλεκτρομαγνήτη. Ένα τύλιγμα του ηλεκτρομαγνήτη διαρρέεται από συνεχές ρεύμα και δημιουργεί μαγνητική ροή, που κλείνει μέσω του οδοντωτού τροχού. Η μαγνητική αυτή ροή μεταβάλλεται χρονικά, γιατί ανάλογα με τη θέση του τροχού (αν στους πόλους βρίσκεται δόντι ή εγκοπή), μεταβάλλεται το διάκενο του αέρα, που διαπερνά η μαγνητική ροή και, επομένως, η αντίσταση του μαγνητικού κυκλώματος. Η μεταβολή της μαγνητικής ροής έχει σαν αποτέλεσμα την επαγωγή στο δεύτερο τύλιγμα του ηλεκτρομαγνήτη εναλλασσόμενης τάσεως, που η συχνότητά της εξαρτάται απ' τον αριθμό των δοντιών του τροχού και των στροφών του ανά λε-



Σχ. 3.4ζ.
Χρονικές μεταβολές μερικών ηχοσημάτων:



Σχ. 3.4η.
Τρανζιστορική γεννήtria klhssewai kai stymatwn.

ππό. Για αριθμό στροφών 1500 το λεπτό προσδιορίζεται ο αριθμός δοντιών, ώστε να δημιουργείται τάση 450 Hz.

Η διάταξη σηματοδοτήσεως περιλαμβάνει ορισμένους επαφείς, που μπαίνουν σε λειτουργία διαδοχικά με τη βοήθεια εκκέντρων δίσκων. Οι δίσκοι παίρνουν κίνηση επίσης απ' τη μηχανή klhssewai. Με τις χρονικές διακοπές και επαναφορές των ρευμάτων 25 Hz και 450 Hz σχηματίζεται το σήμα klhssewai (διάρκεια ρεύματος 1 sec, πάusη 4 sec) και τα διάφορα άλλα ηχοσήματα. Το σχήμα 3.4ζ δίνει τις μεταβολές μερικών ηχοσημάτων σε ms.

Η M.K.S. τροφοδοτείται με 60 V απ' την τροφοδότηση της τηλεφωνικής εγκαταστάσεως. Η M.K.S. δεν εργάζεται συνεχώς τη νύκτα, αλλά μπαίνει σε λειτουργία για να εξυπηρετήσει μια klhssewai και κατόπιν σταματά.

Σε συνδρομητικά κέντρα, αλλά πρόσφατα και σε δημόσια κέντρα, χρησιμοποιούνται στατές διατάξεις με τρανζίστορες για τη δημιουργία των εναλλασσομένων τάσεων της klhssewai και των ηχοσημάτων, αντί της στρεφόμενης μηχανής klhssewai και σημάτων. Για τη δημιουργία των ηχοσημάτων χρησιμοποιείται π.χ. η τρανζιστορική γεννήtria. Η συνδεσμολογία της φαίνεται στο σχήμα 3.4η.

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

ΕΝΣΥΡΜΑΤΗ ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΗ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΖΕΥΣΗ ΕΝΣΥΡΜΑΤΩΝ ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

4.1 Εναέριες γραμμές.

4.1.1 Γενικά.

Οι εναέριες γραμμές χρησιμοποιήθηκαν αρχικά για τη σύνδεση των συνδρομητών με τα τηλεφωνικά κέντρα και αργότερα ως μέσο μεταβίβασης περισσοτέρων τηλεφωνικών κυκλωμάτων σε συνδυασμό με φερέσυχνα συστήματα (Κεφ. ένατο).

Πριν αναπτυχθούν τα ραδιοηλεκτρικά δίκτυα και τα ομοαξονικά καλώδια αποτελούσαν το βασικό μέσο για τις υπεραστικές επικοινωνίες σε συνδυασμό με φερέσυχνα. Η χρησιμοποίησή τους σήμερα στις τηλεπικοινωνιακά ανεπτυγμένες χώρες είναι περιορισμένη αυτό οφείλεται στο μεγάλο χώρο που καταλαμβάνουν, στο υψηλό κόστος ανά κύκλωμα και στη μικρή αξιοπιστία τους ως τηλεπικοινωνιακό μέσο, γιατί η λειτουργία τους επηρεάζεται πολύ από τις καιρικές συνθήκες, εξακολουθούν όμως να χρησιμοποιούνται ως συνδρομητικές γραμμές απομακρυσμένων συνδρομητών στην ύπαιθρο και ως υπεραστικές γραμμές φερεσύχνων σε περιοχές με μικρή σχετικά κίνηση.

4.1.2 Χρησιμοποιούμενα υλικά.

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις εναέριες γραμμές είναι στύλοι, μονωτήρες, υποστηρίγματα, κεραίες και αγωγοί (σύρματα).

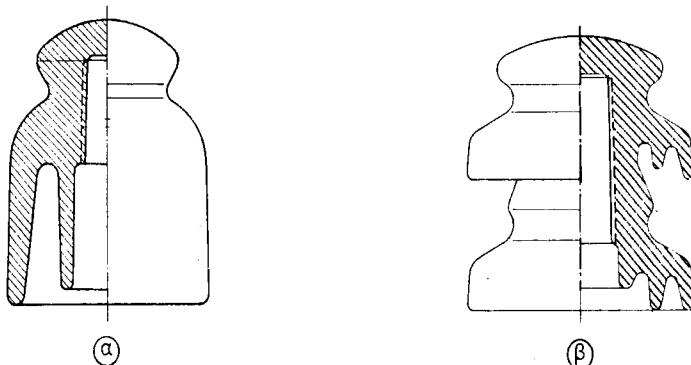
Οι **στύλοι** είναι συνήθως ξύλινοι από καστανιά ή πεύκο. Σπανιότερα χρησιμοποιούνται στύλοι από σιδηροπαγές σκυρόδεμα. Οι ξύλινοι στύλοι, ιδιαίτερα όσοι είναι από πεύκο, υφίστανται ειδική κατεργασία εμποτισμού με χημικές ουσίες για να μην σαπίζουν. Οι χρησιμοποιούμενες ουσίες και οι μέθοδοι εμποτισμού είναι οι ακόλουθες:

- Θειικός χαλκός. Οι στύλοι χλωροί πριν αποφλοιωθούν τοποθετούνται σε αραιό διάλυμα θειικού χαλκού υπό υδραυλική πίεση.
- Διχλωριούχος υδράργυρος (σουμπλιμέ). Οι στύλοι αποφλοιωμένοι και ξηροί τοποθετούνται για 8 - 15 μέρες σε λουτρό με αραιό διάλυμα διχλωριούχου υδράργυρου.
- Κρεόζωτο (πισέλαιο). Οι στύλοι αποφλοιωμένοι και ξηροί τοποθετούνται σε κρεόζωτο υπό πίεση.
- Πενταχλωροφαινόλη. Οι στύλοι ξηροί και αποφλοιωμένοι ειμβαπτίζονται σε πενταχλωροφαινόλη.

Οι **μονωτήρες** κατασκευάζονται από πορσελάνη (ή και γυαλί) και έχουν σχήμα

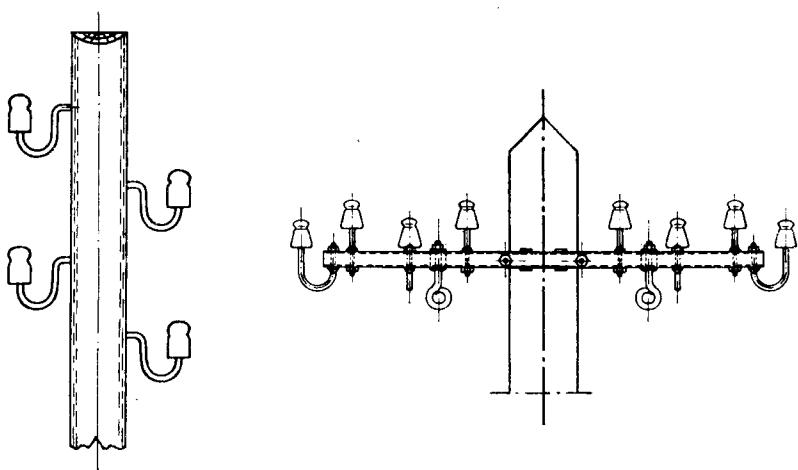
διπλού κώδωνα, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.1α(α). Φέρουν βαθύ εσωτερικό αυλάκι για να αυξάνεται η απόσταση ανάμεσα στο λαιμό, δηλαδή στο σημείο που προσδένεται ο αιγαγός και στο υποστήριγμα. Η επιφάνειά τους είναι λεία και αντιυγροσκοπική, για να παρουσιάζουν μεγάλη αντίσταση.

Στις διασταυρώσεις, για τις οποίες θα μιλήσουμε πιο κάτω, χρησιμοποιούνται συνήθως μονωτήρες με διπλό λαιμό [σχ. 4.1α(β) και 4.1στ(θ)].



Σχ. 4.1α.

Μονωτήρες. α) Απλός. β) Με διπλό λαιμό για διασταυρώσεις.



Σχ. 4.1β.

Υποστηρίγματα και κεραίες.

Τα **υποστηρίγματα** είναι στελέχη από σίδερο με διάφορα σχήματα και χρησιμεύουν για τη στήριξη των μονωτήρων απευθείας στους στύλους είτε στις κεραίες, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.1β.

Οι **κεραίες** είναι δοκοί από σίδερο τομής Γ ή Π που στηρίζονται στο μέσο τους κάθετα στο στύλο και επάνω σε αυτές στηρίζονται τα υποστηρίγματα με τους μονωτήρες.

Οι **αιγαγοί** κατασκευάζονται από χαλκό με πυρίτιο και φθόριο, έχουν διάμετρο

2, 2,5, 3 mm ή και μεγαλύτερη και όριο θραύσεως 45 kgr/mm^2 που είναι συνήθως ικανοποιητικό. Στα ορεινά μέρη, όπου υπάρχει συχνά πάγος και άνεμος, χρησιμοποιούνται χαλυβδοχάλκινοι αγωγοί, δηλαδή χαλύβδινα σύρματα με χάλκινη επένδυση και έχουν όριο θραύσεως 75 kgr/mm^2 .

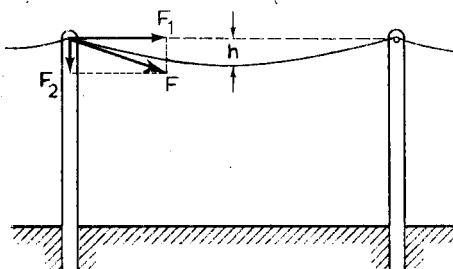
Η σύνδεση των αγωγών για την εξασφάλιση της συνέχειας με ικανοποιητική αγωγιμότητα και μηχανική αντοχή γίνεται με ειδικούς συνδετήρες, οι οποίοι είναι δύο τύπων **ARLD** και **Νικοπρές (Nicopress)**.

Οι **ARLD** είναι σωληνίσκοι χάλκινοι μήκους 10 cm. Οι δύο αγωγοί που θα συνδεθούν εισάγονται στο σωληνίσκο από αντίθετες κατευθύνσεις και μετά ο σωληνίσκος μαζί με τα σύρματα με ειδικές λαβίδες περιστρέφεται.

Οι συνδετήρες **Νικοπρές** είναι σωλήνες χάλκινοι μήκους 4 cm με εσωτερική διάμετρο αντίστοιχη με τους αγωγούς που θα συνδέουν. Οι αγωγοί εισάγονται από τα δύο άκρα μέχρι το μέσο του σωληνίσκου, όπου με ειδική λαβίδα πιέζεται ο σωληνίσκος σε διάφορα σημεία και πραγματοποιείται η σύνδεση.

4.1.3 Εγκατάσταση στύλων.

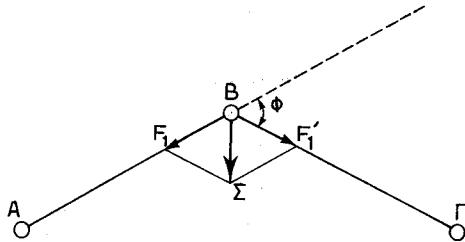
Οι στύλοι εγκαθίστανται στο πλευρό δημόσιου δρόμου ή σιδηροδρομικής γραμμής και σε απόσταση 50 m ο ένας από τον άλλο, αποφεύγοντας το σχηματισμό γωνιών, όταν η γραμμή μπορεί να διατηρηθεί ευθεία. Επίσης αποφεύγεται η συχνή διασταύρωση με το δρόμο ή τη σιδηροδρομική γραμμή. Ας εξετάσουμε την απλή περίπτωση δύο στύλων με έναν αγωγό, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.1γ. Ο α-



Σχ. 4.1γ.
Αλυσοειδής καμπύλη αγωγού.

γωγός που αναρτάται, τεντώνεται και λόγω του βάρους του παίρνει τη μορφή αλυσοειδούς καμπύλης. Στο στύλο και στο σημείο προσδέσεως του αγωγού ασκείται δύναμη F , η οποία είναι εφαπτομένη στην αλυσοειδή καμπύλη. Η δύναμη αυτή αναλύεται στην οριζόντια F_1 , και την κατακόρυφη F_2 . Η F_1 τίνει να κάμψει το στύλο. Η F_2 είναι ίση με το $1/2$ του βάρους του σύρματος που είναι μεταξύ των δύο στύλων και συμπίεζει το στύλο. Το όριο της οριζόντιας δυνάμεως, που επιτρέπεται να εξασκηθεί σε ένα στύλο, αυξάνεται με τη διάμετρο του στύλου στην επιφάνεια του εδάφους και ελαττώνεται όσο μεγαλώνει το ύψος του σημείου που εφαρμόζεται η δύναμη από το έδαφος. Άν ο στύλος δεν είναι τερματικός αλλά ενδιάμεσος, σε ευθεία όμως γραμμή με τους δύο γειτονικούς του η F_1 εξισορροπείται από την αντίστοιχη δύναμη που ασκείται προς την άλλη κατεύθυνση η δε F_2 διπλασιάζεται. Αν ο στύλος B δεν βρίσκεται σε ευθεία με τους γειτονικούς του A και G αλλά σχη-

ματίζει γωνία (σχ. 4.1δ) τότε η F_2 έχει πάλι διπλασιασθεί, αλλά η F_1 , με την αντίστοιχή της F_1' έχουν συνισταμένη Σ , της οποίας η τιμή εξαρτάται από τη γωνία παρεκλίσεως ϕ και δίνεται από τον τύπο $\Sigma = 2F_1$, ή $\Phi/2$. Η Σ τείνει να κάμψει τον στύλο προς το εσωτερικό.

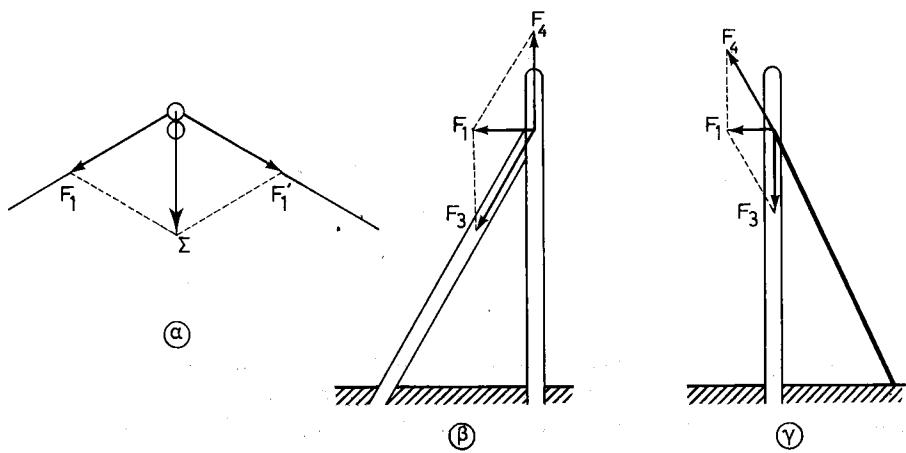


Σχ. 4.1δ.

Στύλοι που σχηματίζουν γωνία.

Σε μια έναέρια γραμμή δεν αναρτάται μόνο ένα σύρμα, αλλά πολλά. Στην περίπτωση αυτή οι τερματικοί στύλοι αλλά και οι ενδιάμεσοι, όταν σχηματίζουν γωνία με τους γειτονικούς τέτοια, που η συνισταμένη Σ των οριζόντιων δυνάμεων να πλησιάζει τα όρια της επιτρεπόμενης δυνάμεως κάμψεως, οι στύλοι χρειάζονται συμπληρωματική στήριξη, η οποία γίνεται κατά ένα από τους ακόλουθους τρόπους:

Με **δίδυμους στύλους**, δηλαδή αντί για ένα στύλο τοποθετούνται δύο παράλληλοι και στη θέση που φαίνεται στο σχήμα 4.1ε(α).



Σχ. 4.1ε.

Συμπληρωματική στήριξη στύλων.

α) Με δίδυμους στύλους. β) Με αντηρίδα. γ) Με επίτονο.

Με **αντηρίδα**, δηλαδή με ένα δεύτερο στύλο που τοποθετείται με κλίση προς τον πρώτο στο επίπεδο της F_1 και στην κατεύθυνσή της, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.1ε(β), αν πρόκειται για τερματικό στύλο, ή μέσα στη γωνία στο επίπεδο της συνισταμένης, αν πρόκειται για ενδιάμεσο γωνιαίο στύλο. Η οριζόντια δύναμη F_1 , που

τείνει να κάμψει το στύλο, αναλύεται στην F_3 και την F_4 . Η F_4 έλκει τον κύριο στύλο προς τα πάνω και αντισταθμίζεται από το βάρος του και τη στήριξή του στο έδαφος. Η F_3 συμπιέζει την αντηρίδα.

Με **επίτονο** που είναι συρματόσχοινο και τοποθετείται στο επίπεδο της F_1 στον τερματικό στύλο και στο επίπεδο της συνισταμένης στους ενδιάμεσους αλλά προς την αντίθετη κατεύθυνση, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.1(γ).

Η F_1 αναλύεται στην F_4 που έλκει το επίτονο και την F_3 που συμπιέζει τον στύλο.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το βέλος ή της καμπύλης του σύρματος (σχ. 4.1γ) δεν πρέπει να είναι μεγάλο για να μην μετακινούνται οι αγωγοί με τον αέρα. Για να μικρύνει όμως το βέλος πρέπει το σύρμα να τεντωθεί περισσότερο. Δεν πρέπει βέβαια το τέντωμα να περάσει το όριο που καθορίζεται από την αντοχή του αγωγού και το συντελεστή ασφάλειας.

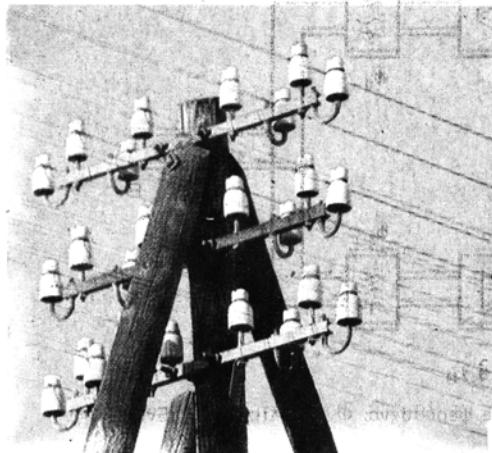
Επειδή οι αγωγοί των εναερίων γραμμών βρίσκονται στο ύπαιθρο, το μήκος τους μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος σύμφωνα με το γνωστό τύπο της Φυσικής (θερμότητα).

$$l = l_0 (1 + u\theta)$$

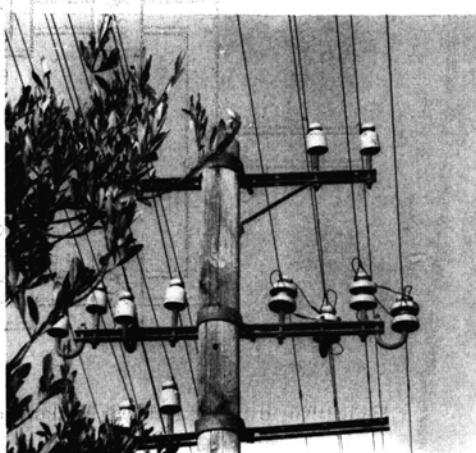
όπου: l είναι το μήκος στη θερμοκρασία θ , l_0 το μήκος στους 0°C και u ο συντελεστής διαστολής του υλικού του σύρματος.

Αυτό έχει ως συνέπεια το βέλος να είναι διαφορετικό στις διάφορες θερμοκρασίες. Υπάρχουν ειδικοί πίνακες που καταρτίσθηκαν από υπολογισμό και δίνουν την τιμή του βέλους σε κάθε θερμοκρασία και χρησιμοποιούνται κατά την κατασκευή των γραμμών.

Το σχήμα 4.1στ δείχνει στύλους με εναέριες γραμμές



(α)



(β)

Σχ. 4.1στ.

Εναέριες γραμμές.

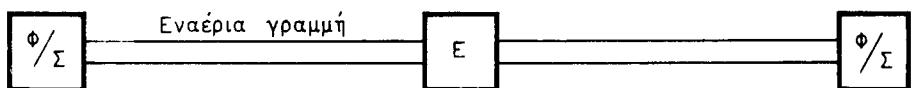
α) Με απλούς μονωτήρες. β) Με μονωτήρες απλούς και διπλού λαιμού.

4.1.4 Χρήσεις εναερίων γραμμών.

Οι εναέριες γραμμές χρησιμοποιούνται σήμερα κυρίως για τη σύνδεση απομα-

κρυσμένων συνδρομητών και σε μικρό βαθμό στο υπεραστικό δίκτυο, όπου με μια γραμμή μεταβιβάζονται περισσότερα τηλεφωνικά κύκλωμα με υπέρθεση φερέσυχνων συστημάτων των 3 και 12 κύκλωμάτων. Κατά την υπέρθεση φερέσυχνων στις εναέριες γραμμές φθάνει μια γραμμή και για τις δύο κατευθύνσεις, επειδή η κάτω ζώνη του φάσματος χρησιμοποιείται για τη μια κατεύθυνση και η επάνω για την άλλη. Όταν οι αποστάσεις μεταξύ των σημείων που συνδέονται είναι μεγάλες, επειδή το μεταβιβαζόμενο σήμα εξασθενεί, χρησιμοποιούνται ενδιάμεσα ενισχυτικοί σταθμοί. Σε μια εναέρια γραμμή με υπέρθεση ενός 12πλου και ενός 3πλου φερέσυχνων μπορεί να έχομε μαζί με το βασικό κύκλωμα συνολικά 16 κύκλωμα.

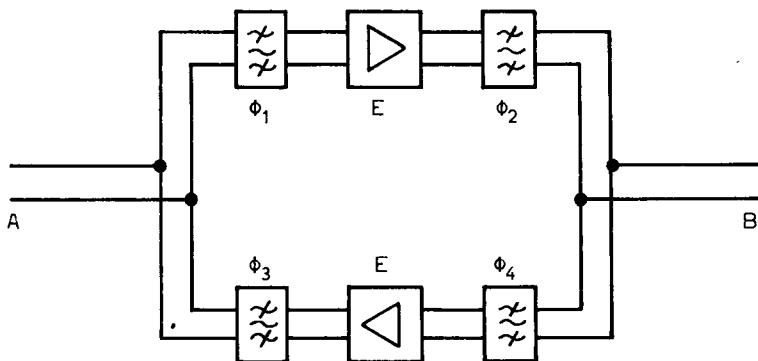
Στο σχήμα 4.1ζ φαίνεται η σύνδεση μιας εναέριας γραμμής, που έχει στα άκρα της φερέσυχνα συστήματα και ένα ενισχυτικό σταθμό ενδιάμεσα.



Σχ. 4.1ζ.

Φερέσυχνα (Φ/Σ) και ενισχυτικός σταθμός (Σ) εναέριας γραμμής.

Το σχήμα 4.1η δείχνει το συνοπτικό διάγραμμα ενός ενισχυτικού σταθμού. Το επάνω τμήμα ενισχύει το σήμα της κατευθύνσεως από Α προς Β και τα φίλτρα Φ_1 και Φ_2 επιτρέπουν τη διέλευση της ζώνης αυτής της κατευθύνσεως. Το κάτω τμήμα ενισχύει το σήμα της κατευθύνσεως Β προς Α και τα αντίστοιχα φίλτρα Φ_3 και Φ_4 επιτρέπουν τη διέλευση της ζώνης συχνοτήτων της κατευθύνσεως αυτής.



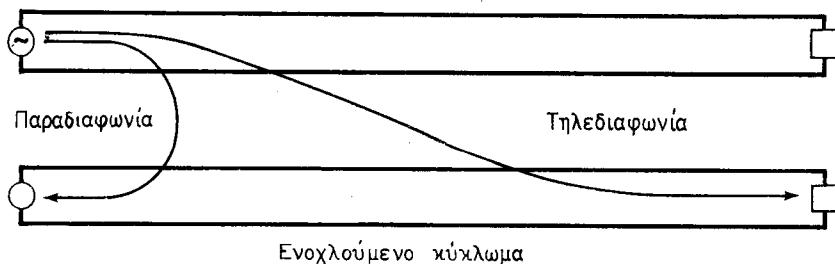
Σχ. 4.1η.

Ενισχυτικός σταθμός εναέριας γραμμής με φερέσυχνα. Φ = Φίλτρο. Σ = Ενισχυτής.

4.1.5 Διαφωνία.

Όταν πολλά κύκλωμα βρίσκονται στην ίδια αρτηρία και εφαρμόζεται ένα σήμα σε ένα από τα κύκλωμα, το σήμα αυτό εμφανίζεται και στα άλλα κύκλωμα. Το φαινόμενο αυτό λέγεται **διαφωνία**.

Αν το σήμα που εμφανίζεται στο παρενοχλούμενο κύκλωμα χάρις στη διαφω-



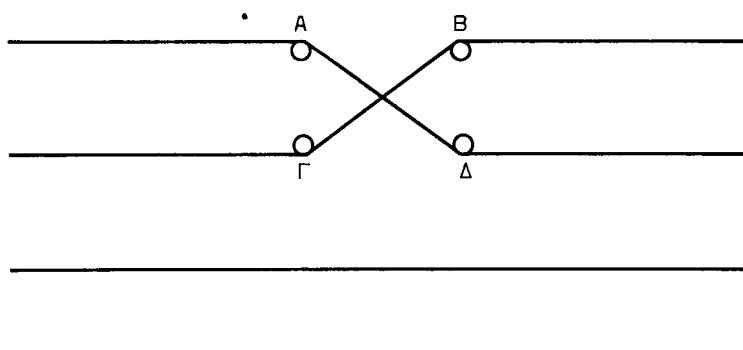
Σχ. 4.10.
Διαφωνία μεταξύ γραμμών.

νία είναι στην ίδια πλευρά που εφαρμόζεται το σήμα του κυκλώματος που παρενοχλεί, τότε έχουμε **παραδιαφωνία**, ενώ αν εμφανίζεται στην αντίθετη άκρη έχουμε **τηλεδιαφωνία**, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.10.

Επειδή η διαφωνία είναι ενοχλητική λαμβάνονται ειδικά μέτρα για τον περιορισμό της σε παραδεκτά όρια. Η διαφωνία που εμφανίζεται στις εναέριες γραμμές οφείλεται στο ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται γύρω από τους αγωγούς μιας γραμμής, όταν διαρρέεται από εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα. Το πεδίο αυτό προκαλεί στους αγωγούς μιας γειτονικής γραμμής ηλεκτρικά ρεύματα εξ επαγγυής, τα οποία έχουν διαφορετικές εντάσεις και κατευθύνσεις. Επειδή οι αποστάσεις ανάμεσα στους αγωγούς των γραμμών είναι διαφορετικές, το αλγεβρικό άθροισμα των ρευμάτων δίνει ένα μικρό ρεύμα στο κύκλωμα της γειτονικής γραμμής που δημιουργεί τη διαφωνία στα δύο άκρα της γραμμής αυτής.

Για τον περιορισμό της διαφωνίας οι εναέριες γραμμές διασταυρώνονται σε ορισμένες αποστάσεις που καθορίζονται με υπολογισμό. Με τις διασταυρώσεις το αλγεβρικό άθροισμα του ρεύματος γίνεται πολύ μικρό, ώστε η διαφωνία που προκαλείται από το ρεύμα αυτό να είναι μέσα στα παραδεκτά όρια.

Η διασταύρωση στις εναέριες γραμμές γίνεται με την χρησιμοποίηση μονωτήρων με διπλό λαιμό. Ο ένας αγωγός στο σημείο διασταυρώσεως προσδένεται στον κάτω λαιμό των δύο μονωτήρων Α και Δ ενώ ο άλλος στον επάνω λαιμό των δύο άλλων μονωτήρων Β και Γ, για να υπάρχει απόσταση ανάμεσα στους αγωγούς στο σημείο διασταυρώσεως (σχ. 4.11).



Σχ. 4.11.
Διασταύρωση εναερίων γραμμών.

Η διαφωνία γενικότερα οφείλεται σε διάφορες αιτίες, τόσο στην επίδραση μεταξύ των γραμμών, όταν βρίσκονται κοντά η μία στην άλλη, όπως στην περίπτωση των εναερίων γραμμών που αναφέραμε προηγουμένως ή αγωγών καλωδίου, όσο και στις ηλεκτρονικές διατάξεις, τα φίλτρα, τα τροφοδοτικά των ηλεκτρονικών συσκευών κλπ.

Η διαφωνία διακρίνεται επίσης σε καταληπτή και μη καταληπτή. Στην καταληπτή διαφωνία ακούγεται στο παρενοχλούμενο κύκλωμα η ομιλία εκείνου που παρενοχλεί αρκετά ευδιάκριτα. Στη μη καταληπτή δεν διακρίνεται η ομιλία.

4.2 Περιοχικά καλώδια.

Αυτά είναι καλώδια με αγωγούς διαμέτρου 0,8 ως 1,4 mm που χρησιμοποιούνται για υπεραστικές συνδέσεις με υπέρθεση φερέσυχνων συστημάτων. Τα φερέσυχνα μπορεί να είναι των 12, 24 και 120 κυκλωμάτων ανάλογα με τη διάμετρο των αγωγών του καλωδίου και το υλικό μονώσεως. Όταν η απόσταση είναι μεγάλη και το μεταβιβαζόμενο σήμα εξασθενεί περισσότερο από ορισμένα παραδεκτά όρια, ενισχύεται με ενισχυτές που τοποθετούνται ενδιάμεσα.

Με φερέσυχνα των 12 καναλιών χρησιμοποιείται όπως και στις εναέριες γραμμές ένα ζεύγος αγωγών και για τις δύο κατεύθυνσεις. Επειδή όμως οι γραμμές των περιοχικών καλωδίων παρουσιάζουν μεγαλύτερη απόσβεση από τις εναέριες γραμμές οι ενισχυτές τοποθετούνται σε μικρότερες αποστάσεις.

Με τα φερέσυχνα των 120 καναλιών χρησιμοποιείται ξεχωριστό ζεύγος για κάθε κατεύθυνση και οι ενισχυτές τοποθετούνται σε ακόμη μικρότερες αποστάσεις. Στο σχήμα 4.2 φαίνεται μια γραμμή περιοχικού καλωδίου με τα φερέσυχνα στα άκρα της και τρεις ενισχυτές ενδιάμεσα.



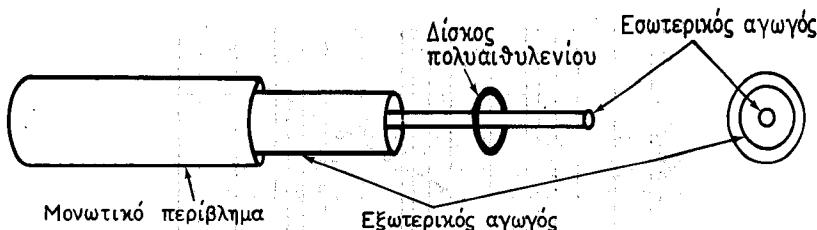
Σχ. 4.2.

Φερέσυχνα (Φ/Σ) και ενισχυτές (Ε) σε μία γραμμή περιοχικού καλωδίου.

4.3 Υπόγεια ομοαξονικά καλώδια.

4.3.1 Γενικά.

Όπως είδαμε στα προηγούμενα κεφάλαια η γραμμή αποτελείται από δύο όμοιους αγωγούς, η γραμμή αυτή λέγεται **συμμετρική**. Αν όμως οι δύο αγωγοί είναι διαφορετικοί, τότε η γραμμή λέγεται **ασύμμετρη**. Μια ασύμμετρη γραμμή που χρησιμοποιείται πολύ είναι η **ομοαξονική γραμμή**. Η γραμμή αυτή αποτελείται βασικά από ένα εσωτερικό κυλινδρικό αγωγό, που περιβάλλεται από κοίλο κυλινδρικό εξωτερικό αγωγό με μεγαλύτερη διάμετρο. Ο εσωτερικός αγωγός διατηρείται στην κεντρική θέση του εξωτερικού και μάλιστα ομοαξονικά με αυτόν, με μονωτικό υλικό που έχει πολύ μικρή διηλεκτρική σταθερά και τοποθετείται ανάμεσα στους δύο



Σχ. 4.3α.
Ομοαξονική γραμμή.

αγώγους. Γύρω από τον εξωτερικό αγωγό υπάρχει μονωτικό περίβλημα. Το σχήμα 4.3α παριστάνει μια ομοαξονική γραμμή.

Τα **ομοαξονικά καλώδια** αποτελούνται από ένα αριθμό ομοαξονικών γραμμών που καλούνται και **ομοαξονικοί σωλήνες**.

Ο εσωτερικός αγωγός των σωλήνων των ομοαξονικών καλωδίων είναι χάλκινος, ο εξωτερικός είναι και αυτός χάλκινος ή από αλουμίνιο. Ως μονωτικό υλικό ανάμεσα στους δύο αγώγους χρησιμοποιείται ο αέρας. Ο εσωτερικός αγωγός διατηρείται στην κεντρική θέση με δίσκους από πολυαιθυλένιο που τοποθετούνται σε διαστήματα. Γύρω από τον εξωτερικό αγωγό υπάρχει μονωτικό περίβλημα από πλαστικό υλικό.

Όλοι μαζί οι ομοαξονικοί σωλήνες προστατεύονται με ένα περίβλημα που αποτελείται από στρώσεις μονωτικής ταίνιας και μόλυβδο ή από πλαστικό υλικό. Μετά το περίβλημα σε ορισμένες περιπτώσεις υπάρχει και οπλισμός.

4.3.2 Διαστάσεις αγωγών ομοαξονικών καλωδίων.

Οι αγωγοί των ομοαξονικών καλωδίων που χρησιμοποιούνται στην πράξη έχουν τις διαστάσεις που συνιστά η διεθνής επιτροπή CCITT και είναι οι επόμενες:

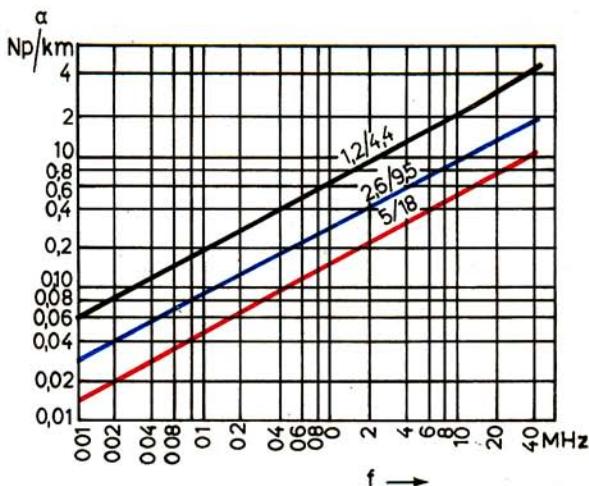
- Κανονικά ομοαξονικά καλώδια 2,6/9,5 mm.
- Μικρής διαμέτρου ομοαξονικά καλώδια 1,2/4,4 mm.

Ο πρώτος αριθμός δείχνει τη διάμετρο του εσωτερικού αγωγού του σωλήνα και ο δεύτερος την εσωτερική διάμετρο του εξωτερικού αγωγού. Μερικά εργοστάσια κατασκευάζουν και καλώδια με μεγαλύτερες διαμέτρους, όπως 3,7/13,5 mm, 5/18 mm. Έχει αποδειχθεί μαθηματικά ότι μια ομοαξονική γραμμή έχει τη μικρότερη απόσβεση στη μονάδα μήκους όταν το πηλίκο της διαμέτρου του εξωτερικού αγωγού προς τη διάμετρο του εσωτερικού είναι 3,6.

4.3.3 Χαρακτηριστικά των ομοαξονικών καλωδίων.

Από την ηλεκτρική πλευρά οι ομοαξονικές γραμμές έχουν μεγαλύτερη αγώγιμη επιφάνεια σε σύγκριση με τις συμμετρικές γραμμές και επομένως μικρότερη αντίσταση απωλειών στις μεγαλύτερες συχνότητες. Εκτός από αυτό η διάδοση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας σε ένα ομοαξονικό καλώδιο περιορίζεται μέσα στο σωλήνα και έτσι μειώνονται πολύ οι απώλειες από ακτινοβολία, οι παρεμβολές και η διαφωνία.

Παρόλο που ένα ομοαξονικό καλώδιο μπορεί να μεταβιβάζει σήματα από πολύ χαμηλές συχνότητες, στην πράξη η κατώτερη χρησιμοποιούμενη συχνότητα είναι



Σχ. 4.3β.

Μεταβολή της σταθεράς αποσβέσεως με τη συχνότητα σε τρεις τύπους ομοαξονικού καλωδίου.

περίπου 60 kHz. Το επάνω όριο των συχνοτήτων που μπορεί να μεταβιβασθεί εξαρτάται από τα κατασκευαστικά στοιχεία του καλωδίου, δηλαδή από τη διάμετρο των αγωγών και φθάνει τους 4 MHz (960 κυκλώματα) και τα τελευταία χρόνια τους 60 MHz (10.800 κυκλώματα).

Η σταθερά αποσβέσεως δηλαδή η απόσβεση ανά μονάδα μήκους, αποδεικνύεται μαθηματικά ότι αυξάνεται με τη συχνότητα. Αυτό φαίνεται και στο σχήμα 4.3β που δείχνει την απόσβεση για διάφορους τύπους καλωδίων.

Η ονομαστική τιμή της χαρακτηριστικής αντιστάσεως είναι 75Ω για τα καλώδια 2,6/9,5 mm στη συχνότητα 2,5MHz και για τα καλώδια 1,2/4,4 mm στη συχνότητα 1MHz.

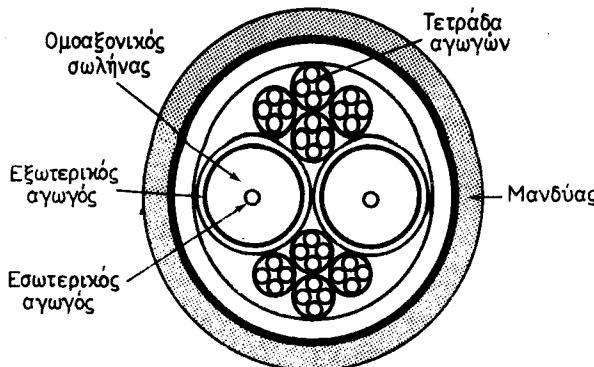
Στα ομοαξονικά καλώδια που χρησιμοποιούνται στην ξηρά εφαρμόζεται η τετρασύρματη επικοινωνία, δηλαδή χρησιμοποιείται ένας ομοαξονικός σωλήνας για τη μία και ένας άλλος για την άλλη κατεύθυνση. Για το λόγο αυτό ο αριθμός των σωλήνων των ομοαξονικών καλωδίων ξηράς είναι ζυγός (2, 4, 6, 8...).

Όπως φαίνεται στα σχήματα 4.3γ και 4.3δ που δείχνουν τομές ομοαξονικών καλωδίων, εκτός από τους ομοαξονικούς σωλήνες υπάρχουν και μερικές τετράδες αγωγών δηλαδή συμμετρικές γραμμές. Έτσι στην πραγματικότητα τα ομοαξονικά καλώδια που χρησιμοποιούνται στην υπεραστική επικοινωνία είναι συνήθως μικτά.

Επίσης μερικές φορές στο ίδιο καλώδιο χρησιμοποιούνται σωλήνες και των δύο διαμέτρων. Όπως είπαμε προηγουμένως, κάθε ομοαξονικός σωλήνας φέρει ένα περίβλημα από πλαστικό υλικό. Επίσης ολόκληρο το καλώδιο περιβάλλεται από πλαστικό υλικό για μόνωση και προστατευτικό περίβλημα για μηχανική προστασία.

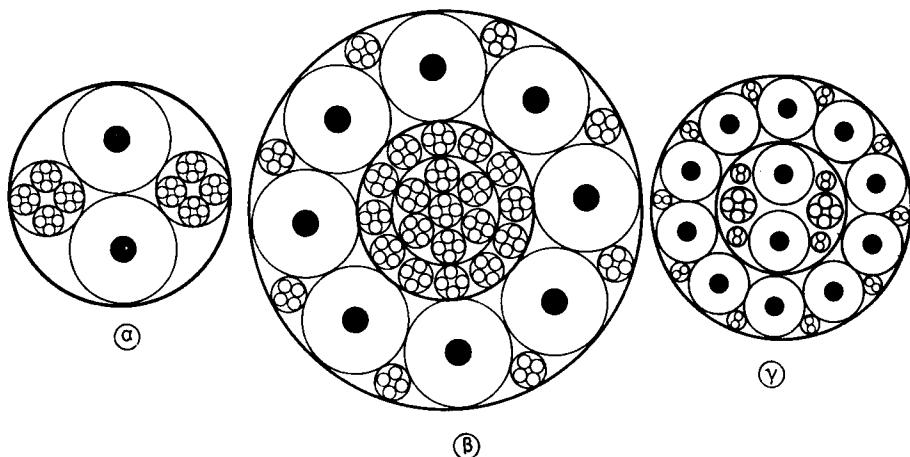
Για τον έλεγχο της καλής καταστάσεως του προστατευτικού περιβλήματος το καλώδιο είναι συνεχώς γεμάτο με αέριο υπό πίεση. Αν υπάρχει διάτρηση του περιβλήματος θα διαπιστωθεί αμέσως πτώση της πιέσεως.

Στο σχήμα 4.3ε φαίνονται ομοαξονικά καλώδια διαφόρων τύπων.



Σχ. 4.3γ.

Τομή ομοαξονικού καλωδίου με 2 σωλήνες διαμέτρου 2,6/9,5 mm και 8 τετράδες αγωγών.



Σχ. 4.3δ.

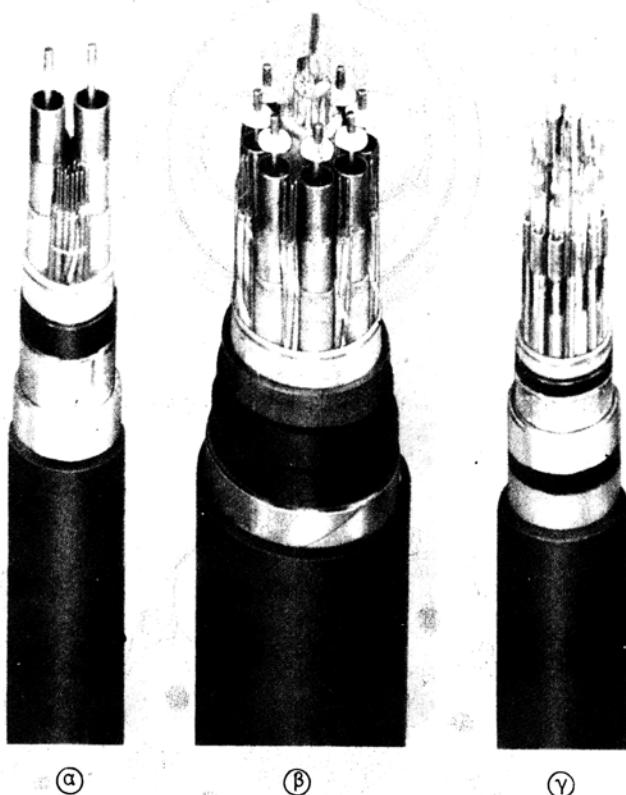
Σχηματική παράσταση τομής ομοαξονικών καλωδίων.

- α) Με 2 σωλήνες διαμέτρου 2,6/9,5 mm. β) Με 8 σωλήνες διαμέτρου 2,6/9,5 mm. γ) Με 12 σωλήνες διαμέτρου 1,2/4,4 mm.

4.3.4 Συγκρότηση καλωδιακού συστήματος.

Ένα τηλεπικοινωνιακό ομοαξονικό σύστημα αποτελείται από το καλώδιο, τα φερέσυχνα συστήματα στις δύο άκρες του και τους ενισχυτές που τοποθετούνται κατά μήκος της διαδρομής του καλωδίου.

Παλιότερα χρησιμοποιούνταν ενισχυτές με λυχνίες. Σήμερα χρησιμοποιούνται ενισχυτές με ημιαγωγούς που έχουν μεγαλύτερη πιστότητα, μικρό όγκο και μικρή κατανάλωση ρεύματος. Αυτό επιτρέπει την αύξηση του αριθμού των ενισχυτών και επομένως την αύξηση της χρησιμοποιούμενης ζώνης συχνοτήτων του καλωδίου.



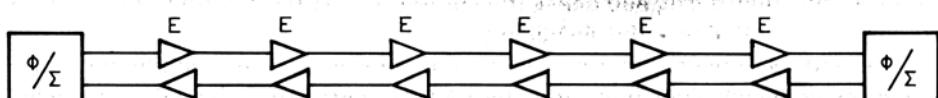
Σχ. 4.3c.

Ομοαξονικά καλώδια ξηράς.

α) Με 2 σωλήνες διαμέτρου 2,6/9,5 mm. β) Με 8 σωλήνες διαμέτρου 2,6/9,5 mm. γ) Με 12 σωλήνες διαμέτρου 1,2/4,4 mm.

Τα ομοαξονικά καλώδια και οι ενισχυτές τους τοποθετούνται μέσα στο έδαφος σε χαντάκια κατά μήκος των δρόμων, παραπλεύρως από το οδόστρωμα και σε αποστάσεις τέτοιες από αυτό που να μην ενοχλούνται από εργασίες που ενδέχεται να γίνουν στο δρόμο μελλοντικά. Επειδή οι ενισχυτές βρίσκονται μέσα στο έδαφος όπου η θερμοκρασία ανάλογα με την εποχή του έτους μεταβάλλεται πολύ, έχει γίνει ειδική πρόβλεψη στα κυκλώματα των ενισχυτών ώστε, χάρη σε ειδικές αντιστάσεις να μην επηρεάζονται οι καμπύλες ενισχύσεως από τη θερμοκρασία.

Το σχήμα 4.3τ δείχνει το μηχανισμό λειτουργίας ενός καλωδίου με δύο σωλήνες με τους ενισχυτές του και τα φερέσυχνα συστήματα στα άκρα.



Σχ. 4.3τ.

Καλωδιακό σύστημα δύο σωλήνων. Φ/Σ = Φερέσυχνα συστήματα. E = Ενισχυτής.

Η τροφοδότηση των ενισχυτών με εναλλασσόμενο ρεύμα του δικτύου της χώρας θα ήταν πολύ ακριβή λύση, αν ληφθεί υπόψη ότι ο ένας ενισχυτής απέχει από τον άλλο λίγα μόνο χιλιόμετρα. Για το λόγο αυτό οι ενισχυτές τροφοδοτούνται κυρίως από τους τερματικούς σταθμούς με συνεχές ρεύμα που διοχετεύεται δια μέσου των εσωτερικών αγωγών των ομοαξονικών γραμμών. Κατά διαστήματα υπάρχουν ενισχυτές που είναι στην επιφάνεια και είναι πιο πολύπλοκοι.

Για να αυξηθεί η μεταβιβάζομενη ζώνη από ένα καλωδιακό σύστημα, πράγμα που σημαίνει μεταβίβαση μεγαλύτερου αριθμού τηλεφωνικών κυκλωμάτων, τοποθετούνται οι ενισχυτές σε μικρότερες αποστάσεις.

4.3.5 Δυνατότητες των ομοαξονικών καλωδίων.

Τα ομοαξονικά καλώδια με μικρή διάμετρο (1,2/4,4 mm) χρησιμοποιούνται για μεταβίβαση 300 τηλεφωνικών κυκλωμάτων (ζώνη 1,3 MHz) και μερικές φορές 960 τηλεφωνικών κυκλωμάτων (ζώνη 4 MHz). Για να μεταβιβασθούν οι ζώνες αυτές, οι ενισχυτές τοποθετούνται στα 8 km και στα 4 km αντίστοιχα. Τα ομοαξονικά καλώδια με κανονική διάμετρο (2,6/9,5 mm) χρησιμοποιούνται για να μεταβιβάζουν 960 τηλεφωνικά κυκλώματα (περίπου 4 MHz) ή πρόγραμμα τηλεοράσεως (περίπου 6 MHz) με ενισχυτές τοποθετημένους σε απόσταση 9 km, 2700 τηλεφωνικά κυκλώματα (12 MHz) μέσα απόσταση μεταξύ των ενισχυτών 4,5 km και 10.800 τηλεφωνικά κυκλώματα (60 MHz) μέσα απόσταση μεταξύ των ενισχυτών 1,5 km περίπου.

4.3.6 Ομοαξονικά καλώδια υψηλής συχνότητας.

Θα πρέπει εδώ να αναφερθούν και τα ομοαξονικά καλώδια που τα μεταχειρίζομασθε για μεταβίβαση υψηλών συχνοτήτων.

Αυτά χρησιμοποιούνται για μικρές αποστάσεις, μέχρι μερικές εκατοντάδες μέτρα, για τη μεταφορά υψηλών συχνοτήτων μέχρι αρκετούς GHz από τον πομπό στην κεραία ή από την κεραία στο δέκτη (Κεφάλαια έκτο και έβδομο).

Χρησιμοποιούνται επίσης για συνδέσεις μεταξύ διαφόρων βαθμίδων υψηλής συχνότητας.

Αντίθετα από τα καλώδια τα οποία αναφέραμε προηγουμένως και τα οποία χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά φάσματος φερέσυχνων, τα καλώδια υψηλής συχνότητας μεταφέρουν μεγάλη ισχύ. Αποτελούνται από ένα μόνο ομοαξονικό σωλήνα και δεν έχουν άλλους αγωγούς.

Οι δύο αγωγοί, ο εσωτερικός και ο εξωτερικός είναι διαχωρισμένοι με δίσκους ή με έλικα από μονωτικό υλικό. Τα καλώδια αυτά έχουν αξιοπιστία, καλές ηλεκτρικές ιδιότητες και χαμηλή απόσβεση.

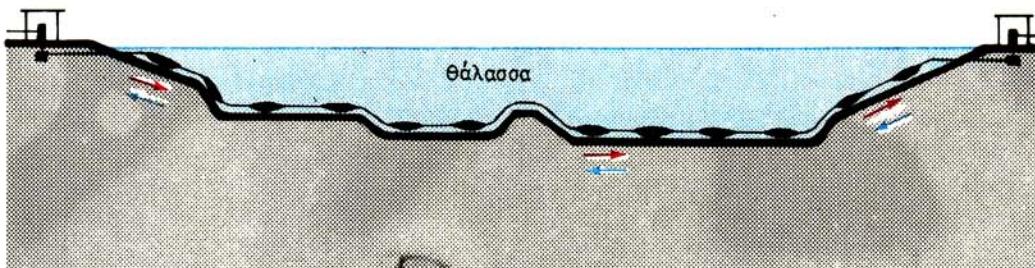
Όταν ο εξωτερικός αγωγός έχει διάμετρο μεγαλύτερη από 40 mm ενισχύεται με ειδικά σύρματα για να αντέχει στις τάσεις που δημιουργούνται λόγω του βάρους του, όταν τοποθετείται σε μεγάλα κατακόρυφα τμήματα. Εξωτερικά φέρουν και έναν μανδύα από πλαστικό υλικό, συνήθως πολυαιθυλένιο.

Η χαρακτηριστική τους αντίσταση είναι 50Ω και σε άλλα 60Ω .

4.4 Υποβρύχια καλώδια.

4.4.1 Γενικά.

Τα υποβρύχια καλώδια που χρησιμοποιούνται σήμερα στις τηλεπικοινωνίες εί-



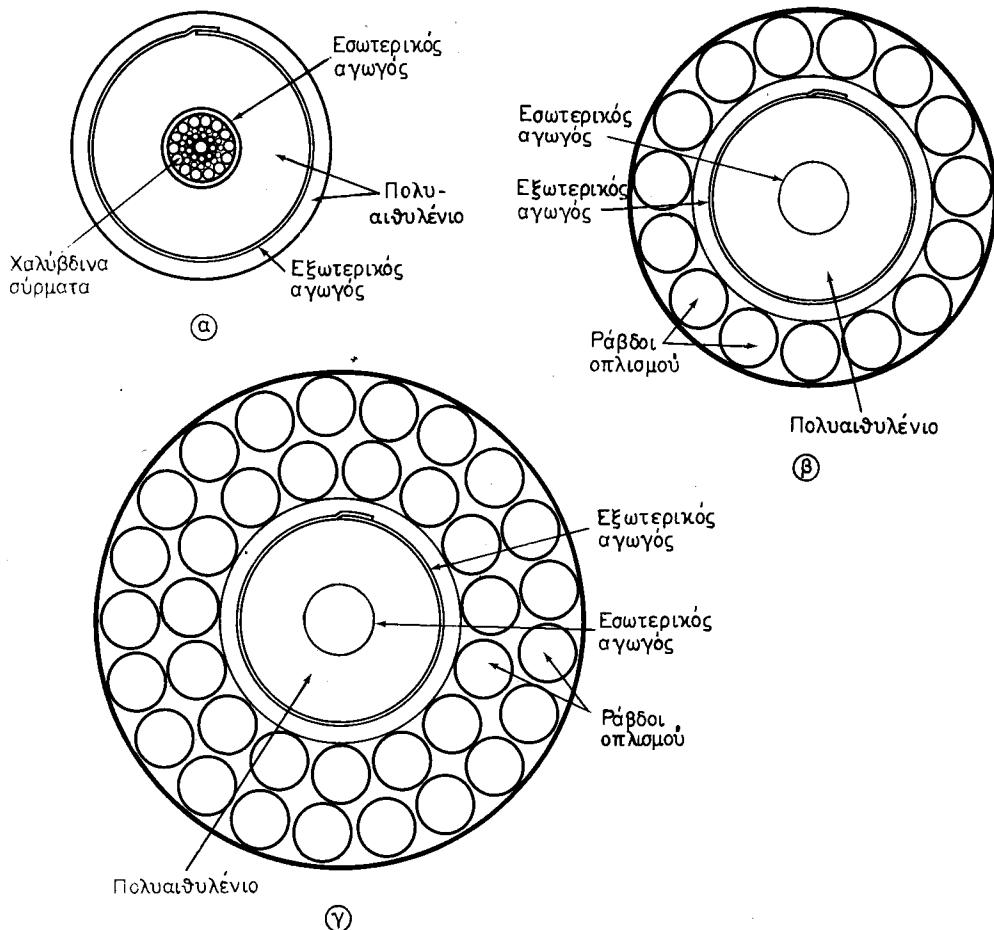
Σχ. 4.4α.
Υποβρύχιο καλώδιακό σύστημα.

vai ομοαξονικά με ενισχυτές, όπως και στα καλώδια ξηράς, τα οποία όμως τοποθετούνται στο βυθό των θαλασσών (σχ. 4.4α). Επειδή τόσο τα καλώδια όσο και οι ενισχυτές δεν είναι εύκολα προσιτά για επισκευή, όπως είναι τα καλώδια ξηράς, κατασκευάζονται από υλικά ειδικής επιλογής, τα οποία δοκιμάζονται σε αυστηρές συνθήκες, ώστε να μην παρουσιάζουν βλάβη για πολλά χρόνια. Επίσης γίνεται ειδική πρόβλεψη για να αντέχουν στις μεγάλες πιέσεις που υπάρχουν στο βυθό. Όπως είναι γνωστό από τη Φυσική σε κάθε 10m βάθους αντιστοιχεί πίεση περίπου μιας ατμόσφαιρας, που οφείλεται στο βάρος του νερού. Επομένως στα μεγάλα βάθη των θαλασσών η πίεση θα είναι πολύ μεγάλη. Τα εξωτερικά τους περιβλήματα κατασκευάζονται από υλικά που είναι ανθεκτικά στη διάβρωση του θαλάσσιου νερού, και δεν τα τρυπούν οι ζωικοί οργανισμοί της θάλασσας. Πρέπει επίσης η μηχανική τους κατασκευή να είναι τέτοια, ώστε να μπορούν να αντέχουν σε δυνάμεις έλξεως, όπως αυτές που προέρχονται από το βάρος, μέσα στο νερό μήκους καλωδίου χιλιομέτρων πολλές φορές, γιατί τέτοιες συνθήκες παρουσιάζονται κατά την πόντιση ή την ανέλκυση του καλωδίου για επισκευή. Εκτός από αυτά, επειδή οι ενισχυτές τροφοδοτούνται με ηλεκτρικό ρεύμα από τα δύο άκρα του καλωδίου, που είναι στην ξηρά, πρέπει να είναι έτσι κατασκευασμένοι, ώστε να καταναλώνουν λίγη ηλεκτρική ενέργεια.

4.4.2 Κατασκευαστικά στοιχεία υποβρυχίων καλωδίων,

Τα υποβρύχια ομοαξονικά καλώδια αποτελούνται από ένα μόνο σωλήνα που χρησιμοποιείται για μεταβίβαση και προς τις δύο κατευθύνσεις.

Ο εσωτερικός αγωγός είναι χάλκινος σωλήνας που στο εσωτερικό του είναι γεμάτος με μια δέσμη από χαλύβδινα σύρματα που δίνουν στο καλώδιο τη μηχανική αντοχή που του είναι απαραίτητη. Ο εξωτερικός κυλινδρικός αγωγός είναι από φύλλο χαλκού ή φύλλο αλουμινίου. Μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού αγωγού υπάρχει το μονωτικό που είναι πολυαιθυλένιο συμπαγές για να αντέχει στις μεγάλες πιέσεις του νερού στο βυθό. Ο εξωτερικός αγωγός καλύπτεται από προστατευτικό μανδύα από πολυαιθυλένιο. Το καλώδιο αυτό είναι για τα βαθιά νερά [σχ. 4.4β (α) και 4.4γ]. Σε βάθη μικρότερα από 500 περίπου μέτρα χρησιμοποιείται καλώδιο με οπλισμό. Ο οπλισμός αποτελείται από χαλύβδινες ράβδους που είναι γύρω από το μανδύα. Οι ράβδοι προστατεύονται από τη διάβρωση με άλλο κάλυμμα. Για πολύ μικρά βάθη χρησιμοποιείται καλώδιο με διπλό οπλισμό [σχ. 4.4β (β,γ)].

**Σχ. 4.48.**

Υποβρύχια καλώδια. α) Για βαθιά νερά. β) Απλού οπλισμού. γ) Διπλού οπλισμού.

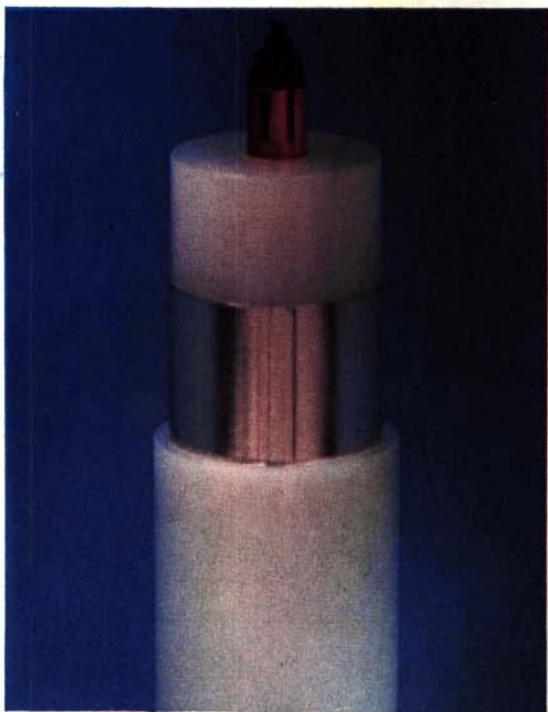
Τέλος σε μια μικρή απόσταση από την ακτή το καλώδιο εκτός από τον οπλισμό έχει και προστασία από ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις.

4.4.3 Συγκρότηση υποβρύχιας καλωδιακής ζεύξεως.

Μια υποβρύχια ομοαξονική καλωδιακή ζεύξη αποτελείται από:

- Το υποβρύχιο καλώδιο.
- Τα καλώδια ξηράς.
- Τους ενισχυτές.
- Τους τερματικούς σταθμούς.

Το υποβρύχιο ομοαξονικό καλώδιο το περιγράφαμε προηγουμένως και όπως είδαμε αποτελείται από ένα σωλήνα. Η ζώνη συχνοτήτων που μπορεί να μεταβιβα-



Σχ. 4.4γ.

Υποβρύχιο καλώδιο για βαθιά νερά.

σθεί χωρίζεται σε δυο τμήματα. Το κάτω χρησιμοποιείται για τη μια κατεύθυνση και το επάνω για την άλλη.

Τα καλώδια ξηράς είναι μικρού μήκους και αποτελούν συνέχεια του υποβρύχιου καλωδίου στα δυο άκρα και φθάνουν μέχρι τους τερματικούς σταθμούς που είναι κοντά στην ακτή.

Οι ενισχυτές (σχ. 4.4δ)·τοποθετούνται σε διάφορες αποστάσεις (από 5 ως 40 km) που εξαρτώνται από τον τύπο και την χωρητικότητα του καλωδίου και ενισχύουν προς τις δύο κατευθύνσεις (σχ. 4.4ε).

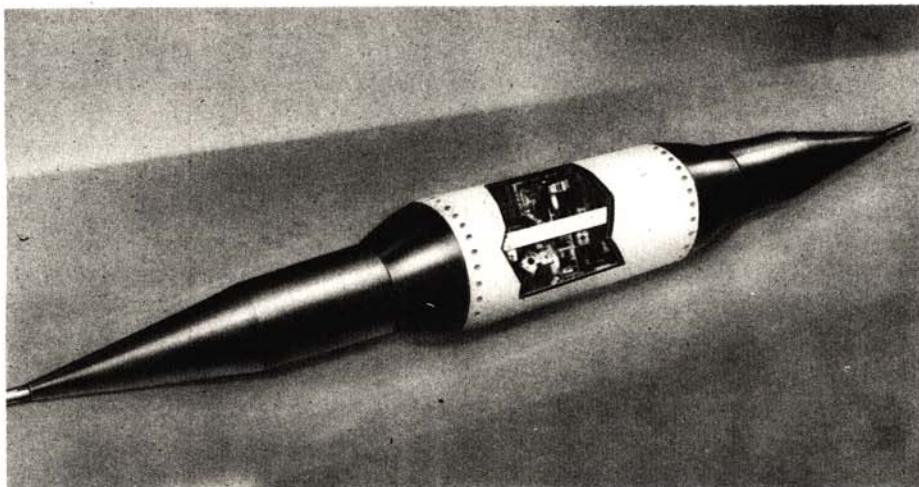
Οι **τερματικοί σταθμοί** είναι στις δύο ακτές και περιλαμβάνουν:

α) Τις διατάξεις ρευματοδοτήσεως του καλωδιακού συστήματος. Η ρευματοδότηση των ενισχυτών γίνεται από τις διατάξεις αυτές μέσα από τον εσωτερικό αγωγό του καλωδίου με επιστροφή μέσω θαλάσσης και με τή βοήθεια καλής προσγειώσεως.

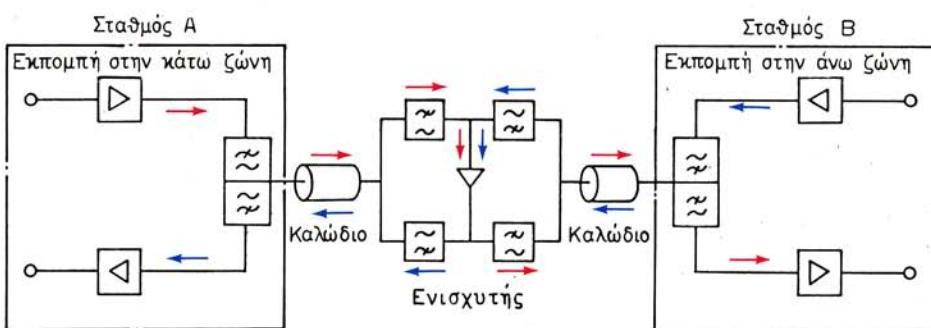
β) Τις διατάξεις παρακολουθήσεως της λειτουργίας των ενισχυτών και όλης της ζεύξεως και

γ) φερεσυχνικές συσκευές που μετατρέπουν το φάσμα που προέρχεται από το υποβρύχιο καλώδιο για να μεταβιβασθεί στη συνέχεια από χερσαία μέσα, δηλαδή από ομοαξονικό καλώδιο ή ραδιοηλεκτρικό δίκτυο.

Σε μεγάλους μήκους υποβρύχιες ζεύξεις τοποθετείται μετά από ένα αριθμό (15 – 20) ενισχυτών και ένας εξισωτής που χρησιμεύει για να εξισώσει τις μικρές



Σχ. 4.4δ.
Ενισχυτής υποβρυχίων καλωδίων.



Σχ. 4.4ε.
Συνοπτικό διάγραμμα ενισχυτή υποβρυχίων καλωδίων.

διαφορές στην **απολαβή** που προέρχονται τόσο από τους ενισχυτές όσο και από το καλώδιο.

Η πόντιση των καλωδίων γίνεται με ειδικά πλοία. Πριν από την πόντιση γίνεται, με πλοίο εφοδιασμένο με κατάλληλα όργανα, η μελέτη της διαμορφώσεως του βυθού και καθορίζεται η διαδρομή που θα ακολουθήσει το καλώδιο.

4.4.4 Χωρητικότητα και χρήσεις των υποβρυχίων καλωδιακών ζεύξεων.

Τα καλωδιακά συστήματα που κάτασκευάζονται έχουν διάφορες χωρητικότητες σε αριθμό κυκλωμάτων. Υπάρχουν συστήματα των 120 κυκλωμάτων των 480 που παράγονται από όλους τους κατασκευαστές και άλλα με μεγαλύτερη χωρητικότητα όπως 900, 1200, 1380, 2580, 2700, 4140 κυκλωμάτων που δεν κατασκευάζονται όμως από όλους. Τα κυκλώματα αυτά είναι του συνηθισμένου εύρους 4 kHz (300 – 3400 Hz). Πολλές φορές για λόγους οικονομίας χρησιμοποιούνται κυκλώματα 3 kHz και έτσι ο αριθμός των κυκλωμάτων αυξάνεται κατά το 1/3, δη-

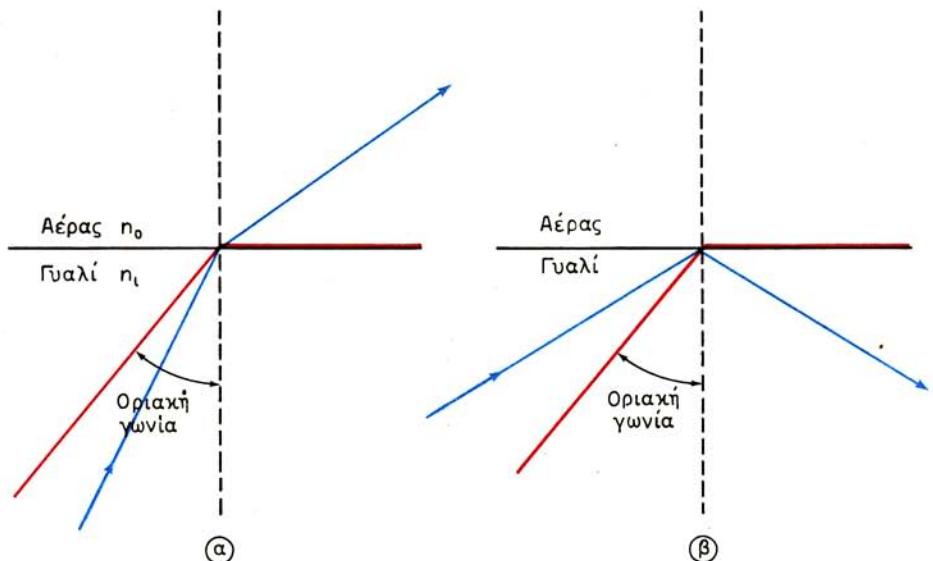
λαδή τα 120 των 4 kHz γίνονται 160 των 3 kHz, τα 480 γίνονται 640. Μειονέκτημά τους είναι ότι τους λείπει μια μικρή περιοχή συχνοτήτων στα επάνω όρια του φάσματος. Επίσης τα τελευταία χρόνια μελετήθηκε ένα σύστημα το οποίο επαυξάνει σημαντικά τον αριθμό των κυκλωμάτων μιας καλωδιακής ζεύξεως με την εγκατάσταση ειδικών συσκευών στα δύο άκρα. Η αρχή στην οποία βασίζεται είναι ότι κατά τη διάρκεια μιας συνδιαλέξεως ο ένας συνδρομητής ομιλεί και ο άλλος ακούει. Επομένως η κατεύθυνση του κυκλώματος από το συνδρομητή που ακούει προς εκείνο που ομιλεί εκείνη τη στιγμή είναι άερη. Με μια ευαίσθητη ηλεκτρονική διάταξη, η κατεύθυνση αυτή του κυκλώματος κατά τη διάρκεια που είναι άερη διατίθεται σε άλλο συνδρομητή. Αθροίζοντας όλα τα άεργα κανάλια και από τις δύο κατεύθυνσεις, γίνεται μια επαύξηση των κυκλωμάτων που πλησιάζει το διπλασισμό.

4.5 Συστήματα μεταδόσεως με οπτικές ίνες.

4.5.1 Οπτικές ίνες.

Τα συστήματα οπτικών ινών άρχισαν να μελετώνται μόλις την προηγούμενη δεκαετία και χρησιμοποιούν μια περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που δεν χρησιμοποιούνταν προηγουμένως στις τηλεπικοινωνίες, την περιοχή του υπερύθρου (300.000 GHz).

Όπως είναι γνωστό από τη Φυσική αν έχομε (σχ. 4.5a) δύο οπτικά μέσα π.χ. γυαλί και άερα, που έχουν δείκτες διαθλάσεως αντίστοιχα n_1 και n_0 όπου $n_1 > n_0$ και προσπέσει στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο μέσων μία ακτίνα φωτός με γωνία



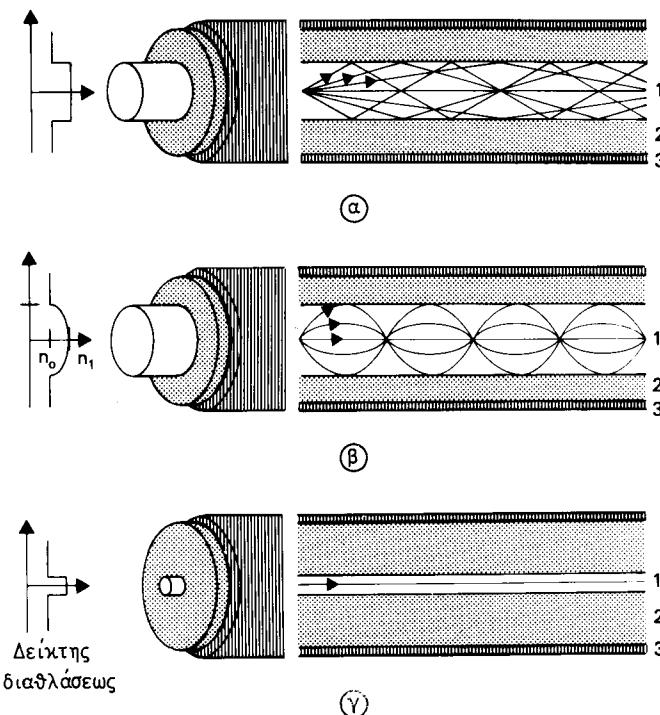
Σχ. 4.5a.

Ακτίνα που προσπίπτει α) με γωνία μικρότερη της οριακής υφίσταται διάθλαση, β) με γωνία μεγαλύτερη της οριακής υφίσταται ολική ανάκλαση.

προσπτώσεως μικρότερη από την οριακή θα έχομε διάθλαση. Αν όμως η γωνία προσπτώσεως είναι μεγαλύτερη από την οριακή θα έχομε ολική ανάκλαση.

Εάν τώρα έχομε, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.5β(α), ένα γυάλινο κύλινδρο με πολύ λεπτή διάμετρο και δείκτη διαθλάσεως n_1 που να περιβάλλεται από ένα στρώμα γυάλινο επίσης αλλά με μικρότερο δείκτη διαθλάσεως n_0 ($n_1 > n_0$) και γύρω από το γυάλινο στρώμα υπάρχει ένα κάλυμμα από πλαστικό υλικό για προστασία έχομε την οπτική ίνα. Οι ακτίνες της φωτεινής δέσμης που εισέρχεται από την αριστερή άκρη της οπτικής ίνας ανακλώνται διαδοχικά μέσα στο γυάλινο κύλινδρο, που λέγεται πυρήνας της ίνας και θα βγουν από το άλλο άκρο της. Οι διάφορες ακτίνες, όπως δείχνει το σχήμα, δεν ακολουθούν την ίδια πορεία και επειδή δεν έχουν την ίδια κλίση προς τον άξονα θα έχουν διαφορετικό μήκος διαδρομής μέχρι το άλλο άκρο της ίνας, δηλαδή δεν θα φθάνουν ταυτόχρονα. Τούτο έχει σαν συνέπεια να δημιουργούνται περιορισμοί στη μετάδοση οπτικών σημάτων με ίνα αυτού του τύπου και να προκαλούνται παραμορφώσεις.

Για να αρθεί η δυσχέρεια αυτή, δηλαδή για να εξισωθούν περίπου οι διάρκειες διαδρομής των διαφόρων ακτίνων της φωτεινής δέσμης χρησιμοποιείται ίνα με πυρήνα του οποίου ο δείκτης διαθλάσεως μειώνεται συνεχώς από τον άξονα μέχρι την επιφάνεια διαχωρισμού με το γυάλινο στρώμα. Το σχήμα 4.5β(β) δείχνει μια



Σχ. 4.5β.

Τρεις κύριοι τύποι οπτικής ίνας.

α) Ίνα με απότομη μεταβολή του δείκτη διαθλάσεως από τον πυρήνα στο γυάλινο στρώμα. β) Ίνα με πυρήνα στον οποίο μειώνεται συνεχώς ο δείκτης διαθλάσεως. γ) Ίνα με πολύ λεπτό πυρήνα.

1. Πυρήνας της ίνας. 2. Γυάλινο στρώμα. 3. Προστατευτικό κάλυμμα από πλαστικό υλικό.

τέτοια οπτική ίνα και την πορεία διαδρομής των οπτικών ακτίνων που όπως βλέπομε είναι καμπύλες, διότι διαθλώνται συνεχώς, τόσο πριν πάθουν ολική ανάκλαση όσο και μετά, λόγω της συνεχούς μεταβολής του δείκτη διαθλάσεως του πυρήνα.

Όπως είναι γνωστό από την Οπτική, η ταχύτητα διαδόσεως του φωτός αυξάνεται, όταν μειώνεται ο δείκτης διαθλάσεως του μέσου από το οποίο διέρχεται. Ο ρυθμός μειώσεως της τιμής του δείκτη διαθλάσεως του πυρήνα της ίνας είναι έτσι υπολογισμένος, ώστε η αυξημένη ταχύτητα διαδόσεως που θα έχουν τα πιο έξω μέρη του σχεδόν να αντισταθμίζει τη διαφορά χρόνου, που θα προέκυπτε από το διαφορετικό μήκος πορείας των ακτίνων. Με τον τρόπο αυτό οι διάφορες ακτίνες της φωτεινής δέσμης φθάνουν σχεδόν ταυτόχρονα.

Το αυτό αποτέλεσμα, δηλαδή να μην υπάρχουν διαφορές στο χρόνο αφίξεως των ακτίνων, μπορεί να επιτευχθεί και με σημαντική μείωση της διαμέτρου του πυρήνα της ίνας διατηρώντας σταθερό το δείκτη διαθλάσεως του, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.5β(γ).

Στην αριστερή πλευρά του σχήματος 4.5β απεικονίζεται ο τρόπος μεταβολής του δείκτη διαθλάσεως σε κάθε ένα τύπο ίνας.

Οι οπτικές ίνες είναι πολύ λεπτές. Αναφέρεται ενδεικτικά ότι στους τύπους (α) και (β) του σχήματος 4.5β η διάμετρος του πυρήνα είναι $50 \mu\text{m}$ ($1\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$) και η διάμετρος του γυάλινου στρώματος $125 \mu\text{m}$.

Στον τύπο (γ) το γυάλινο στρώμα έχει την ίδια διάμετρο αλλά η διάμετρος του πυρήνα είναι $4-10 \mu\text{m}$.

4.5.2 Καλώδια οπτικών ινών.

Τα καλώδια οπτικών ινών (σχ. 4.5γ) ανάλογα με τις ανάγκες που καλούνται να εξυπηρετήσουν κατασκευάζονται σε ποικιλία αριθμού ινών. Τα μικρά αρχίζουν με λιγότερες από 10 ίνες ενώ τα μεγάλα φθάνουν μέχρι μερικές χιλιάδες ίνες. Σε κάθε καλώδιο υπάρχουν πρώτα απ' όλα οι οπτικές ίνες, κάθε μια από τις οποίες περιβάλλεται από ένα αρκετά παχύ στρώμα συνθετικού υλικού και η μηχανική του ενίσχυση. Η ενίσχυση αυτή δίνει στο καλώδιο την απαιτούμενη μηχανική αντοχή για τις έλξεις και είναι από συνθετικό υλικό, μπορεί όμως να είναι και από χάλυβα.

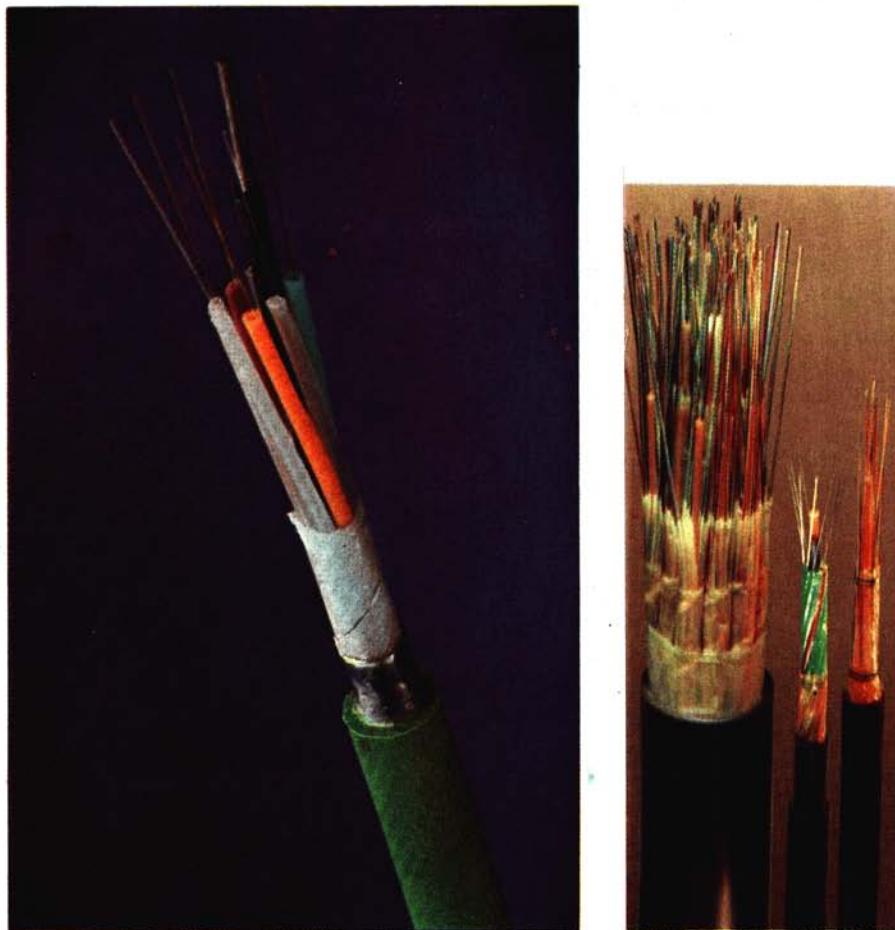
Μερικά έχουν και μεταλλικούς αγωγούς για να εξυπηρετούν τις ανάγκες ρευματοδοτήσεως. Τέλος εξωτερικά φέρουν προστατευτικό μανδύα από πολυαιθυλένιο. Στα υποβρύχια καλώδια υπάρχει και οπλισμός.

Στο σχήμα 4.5γ φαίνονται καλώδια οπτικών ινών ενώ το σχήμα 4.5δ δείχνει τομές καλωδίων με 8 οπτικές ίνες (α) με 70 ίνες (β) και με 216 ίνες (γ).

4.5.3 Ζεύξεις με καλώδια οπτικών ινών.

Το σχήμα 4.5ε δείχνει ένα συνοπτικό διάγραμμα μιας ζεύξεως με καλώδιο οπτικών ινών.

Τα σήματα οδηγούνται στο διαμορφωτή και από εκεί στον οπτικό πομπό ο οποίος χρησιμοποιεί λέιζερ (Lazer) και διόδους εκπομπής φωτός για το μετασχηματισμό των ηλεκτρικών σημάτων σε οπτικά. Τα οπτικά αυτά σήματα μεταβιβάζονται μέσω μιας οπτικής ίνας του καλωδίου στον οπτικό δέκτη του άλλου σταθμού, ο οποίος χρησιμοποιεί φωτοδιόδους για τη μετατροπή των οπτικών σημάτων που



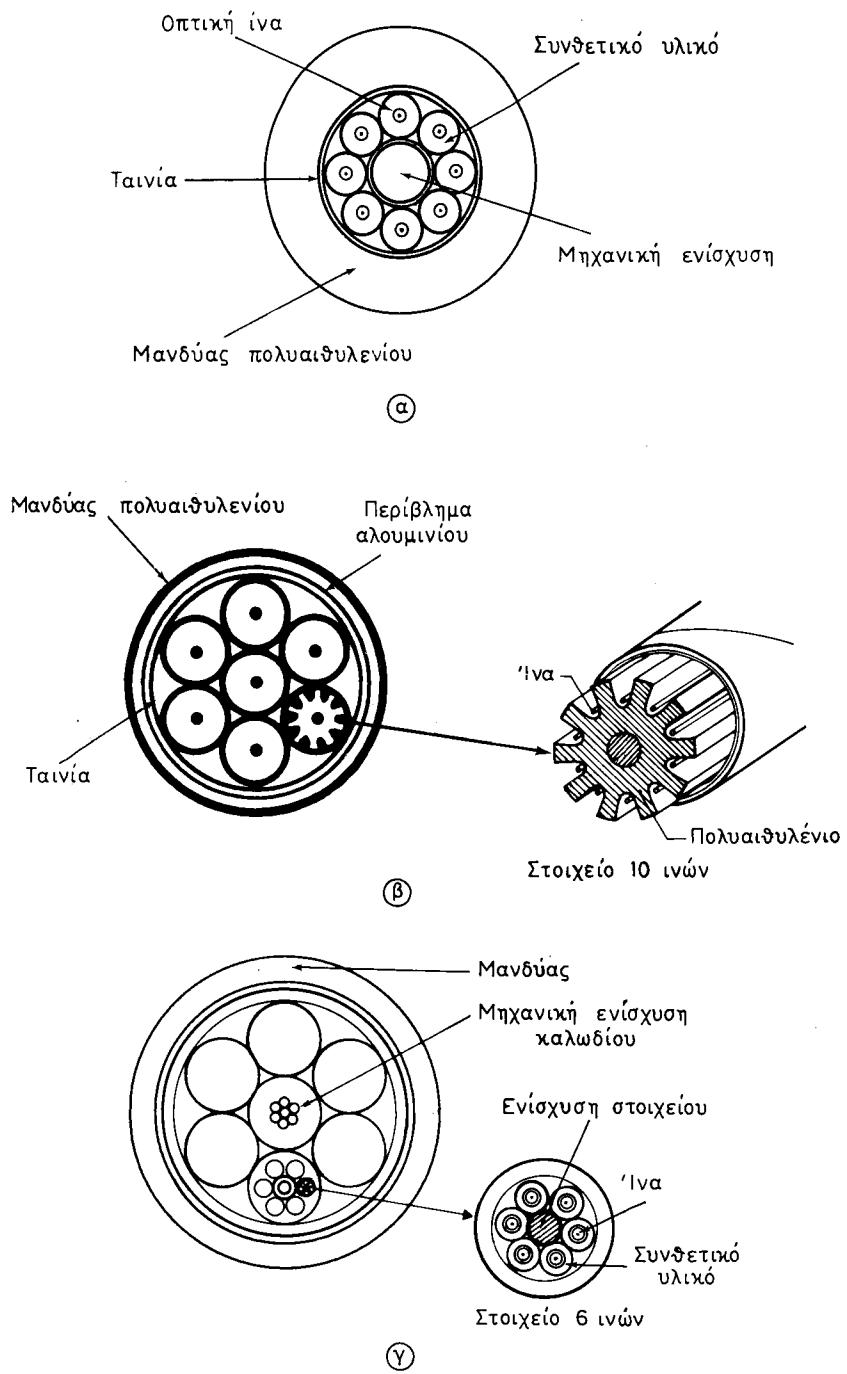
Σχ. 4.5γ.
Καλώδια οπτικών ινών.

λαμβάνει σε ηλεκτρικά, τα οποία στη συνέχεια οδηγούνται στον αποδιαμορφωτή.

Η μεταβίβαση προς την άλλη κατεύθυνση ακολουθεί την ίδια ακριβώς διαδικασία, χρησιμοποιείται όμως άλλη οπτική ίνα. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην εκπομπή πριν από το διαμορφωτή και στη λήψη μετά τον αποδιαμορφωτή υπάρχουν κατάλληλα φερέσυχνα συστήματα (multiplex) για το συνδυασμό ενός μεγάλου αριθμού κυκλωμάτων. Όταν οι αποστάσεις μεταξύ των τερματικών σταθμών είναι τέτοιες, που το σήμα εξασθενεί περισσότερο από τα παραδεκτά όρια τοποθετούνται ενδιάμεσα αναμεταβιβαστές.

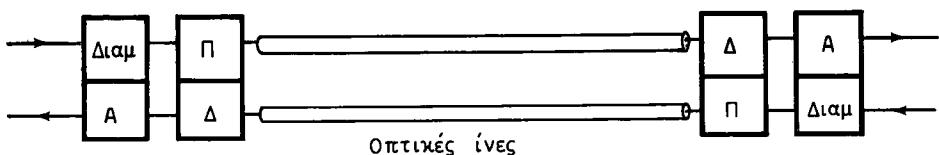
Τα καλώδια οπτικών ινών και γενικότερα οι ζεύξεις που τα χρησιμοποιούν παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα, πυλλά από τα οποία αναφέρονται παρακάτω.

Τα νέα αυτά καλώδια έχουν μικρή διάμετρο, μικρό όγκο, μικρό βάρος και είναι εύκαμπτα. Εγκαθίστανται εύκολα και μπορούν να τοποθετηθούν σε υπάρχουσες σωληνώσεις καταλαμβάνοντας μικρό χώρο. Έχουν πολύ μεγάλη χωρητικότητα σε

**Σχ. 4.56.**

Τομές καλωδίων οπτικών ινών.

- α) 8 ινών. Η εξωτερική του διάμετρος είναι περίπου 1 cm. β) 70 ινών που συγκροτείται από στοιχεία των 10 ινών. γ) 216 ινών που συγκροτείται από στοιχεία των 6 ινών.

**Σχ. 4.5ε.**

Συνοπτικό διάγραμμα ζεύξεως με καλώδιο οπτικών ινών. Δ = Δέκτης. Λ = Αποδιαμορφωτής.
 Δ ιαμ. = Διαμορφωτής. Π . = Πορπός.

αριθμό κυκλωμάτων. Δεν παρουσιάζουν διαφωνία. Δεν υφίστανται ηλεκτρικές επιδράσεις. Οι αναμεταβιβαστές των τηλεπικοινωνιακών αυτών ζεύξεων τοποθετούνται σε αρκετά μεγάλες αποστάσεις. Με τίς ζεύξεις αυτές εξασφαλίζεται κατά τη μεταβίβαση σε υψηλό βαθμό το απόρρητο των επικοινωνιών. Τα συστήματα αυτά μπορούν να συνεργασθούν με τηλεπικοινωνιακές εγκαταστάσεις αναλογικής και ψηφιακής τεχνικής.

Η τεχνική των οπτικών ινών είχε γρήγορη εξέλιξη τόσο σχετικά με τη μείωση της εξασθενήσεως, όσο και σχετικά με την αύξηση του εύρους ζώνης. Αναμένεται ότι οι οπτικές ίνες θα παίξουν σοβαρό ρόλο στις Τηλεπικοινωνίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΑ

5.1 Γενικά.

Στο Τρίτο Κεφάλαιο εξετάσαμε την πραγματοποίηση συνδιαλέξεων μεταξύ συνδρομητών, που βρίσκονται συνδεμένοι στο ίδιο αστικό τηλεφωνικό κέντρο ή σε διαφορετικά κέντρα ενός αστικού συγκροτήματος, δηλαδή σε κέντρα που εξυπηρετούν τους κατοίκους μιας μικρής ή μεγάλης πόλεως. Οι αστικές αυτές συνδιαλέξεις αποτελούν το 80% περίπου όλων των συνδιαλέξεων, που πραγματοποιούν οι συνδρομητές. Το υπόλοιπο 20% αντιπροσωπεύει συνδιαλέξεις μεταξύ κατοίκων διαφορετικών πόλεων, γι' αυτό και ονομάζονται **υπεραστικές συνδιαλέξεις**.

Η αποκατάσταση συνδέσεως μεταξύ συνδρομητών αστικών κέντρων σε διαφορετικές πόλεις, αποτελεί το αντικείμενο της **υπεραστικής τηλεφωνίας**. Ανάλογα, αν οι υπεραστικές συνδιαλέξεις ανήκουν στο ίδιο κράτος ή πραγματοποιούνται μεταξύ διαφορετικών κρατών, διακρίνομε την **εθνική υπεραστική τηλεφωνία** και τη **διεθνή υπεραστική τηλεφωνία**.

Για να πραγματοποιηθεί υπεραστική σύνδεση απαιτείται πρώτα ένα ιδιαίτερο δίκτυο, που να ενώνει τα διάφορα αστικά δίκτυα. Το δίκτυο αυτό ονομάζεται **υπεραστικό τηλεφωνικό δίκτυο** και αποτελείται γενικά από ενσύρματες γραμμές (εναέριες γραμμές και καλώδια με φερέσυχνα και ενισχυτές) και από ασυρματικές ζεύξεις (πομποδέκτες). Η διαμόρφωση του υπεραστικού δικτύου μπορεί να γίνει, όπως θα δούμε, κατά διάφορους τρόπους, γι' αυτό αναζητείται κατά το σχεδιασμό ενός τέτοιου δικτύου ο τρόπος που πληρεί τις τεχνικές απαιτήσεις και παράλληλα είναι ο οικονομικότερος.

Για τη σύνδεση των αστικών και υπεραστικών δικτύων απαιτούνται: κατόπιν, κατάλληλα ζευκτικά όργανα και διατάξεις που συγκεντρώνονται σε ανεξάρτητα κέντρα, τα **υπεραστικά κέντρα Y.K.** Αν στο υπεραστικό κέντρο η σύνδεση των γραμμών γίνεται από τηλεφωνήτριες, το κέντρο ονομάζεται **χειροκίνητο υπεραστικό κέντρο X.Y.K.** αν πραγματοποιείται εντελώς αυτόματα ονομάζεται **αυτόματο υπεραστικό κέντρο A.Y.K.** Σε δίκτυο με χειροκίνητα **μόνο** κέντρα απαιτείται η παρέμβαση δύο τηλεφωνήτριών για την αποκατάσταση μιας συνδέσεως: η τηλεφωνήτρια του υπεραστικού κέντρου του καλούντος και η τηλεφωνήτρια του υπεραστικού κέντρου του καλούμενου συνδρομητή, εφ' όσον η συνδιαλέξη είναι «άμεση» ή «συνήθης». Αν η συνδιαλέξη είναι «διαβατική», δηλαδή διεκπεραιώνεται μέσω περισσοτέρων από δύο κέντρων, αυξάνεται ανάλογα ο αριθμός των τηλεφωνήτριών. Στο αυτόματο υπεραστικό δίκτυο ο ίδιος ο συνδρομητής αποκαθιστά τη σύνδεση

με τη βοήθεια αποκλειστικά του επιλογικού του δίσκου, γι' αυτό η επιλογή αυτή χαρακτηρίζεται **συνδρομητική τηλεπιλογή**.

Παλιότερα όλα τα υπεραστικά κέντρα, εθνικά και διεθνή, ήταν χειροκίνητα. Σήμερα όμως σε προηγμένες χώρες σχεδόν όλες οι εθνικές συνδιαλέξεις και ένα μεγάλο ποσοστό των διεθνών συνδιαλέξεων πραγματοποιούνται αυτόματα και η επιδίωξη είναι να αυτοματοποιηθούν εντελώς και οι απομένουσες χειροκίνητες ζεύξεις. Με την αυτοματοποίηση επιτυγχάνεται μείωση του χρόνου αποκαταστάσεως της συνδέσεως και μείωση του κόστους των συνδιαλέξεων σα συνέπεια της μειώσεως του προσωπικού. Παράλληλα με τα αυτόματα κέντρα διατηρούνται και ορισμένα χειροκίνητα κέντρα για την αποκατάσταση των συνδέσεων, που δεν έχουν ακόμα αυτοματοποιηθεί και για την πραγματοποίηση ειδικών συνδιαλέξεων, όπως είναι π.χ. οι συνδιαλέξεις με πρόσκληση, οι πληρωτέες στον προορισμό συνδιαλέξεις κ.ο.κ. Τα χειροκίνητα όμως αυτά κέντρα χρησιμοποιούν κυρίως το δίκτυο της αυτόματης τηλεπιλογής. Για την αποκατάσταση της συνδέσεως είτε απαιτούνται δύο τηλεφωνήτριες, όπως περιγράψαμε, είτε **μία** μόνο τηλεφωνήτρια, η τηλεφωνήτρια του υπεραστικού κέντρου του καλούντος συνδρομητή συνδέεται απ' ευθείας με τον καλούμενο στην άλλη πόλη χρησιμοποιώντας το δίσκο επιλογής της. Στην περίπτωση αυτή, η επιλογή ονομάζεται **τηλεφωνητριακή ή ημιαυτόματη τηλεπιλογή**.

Στα επόμενα θα μελετήσουμε αποκλειστικά την **αυτόματη υπεραστική τηλεφωνία**, που παρουσιάζει σήμερα συγκριτικά με τη χειροκίνητη υπεραστική τηλεφωνία πολύ μεγαλύτερο ενδιαφέρον.

5.2 Διαμόρφωση δικτύου.

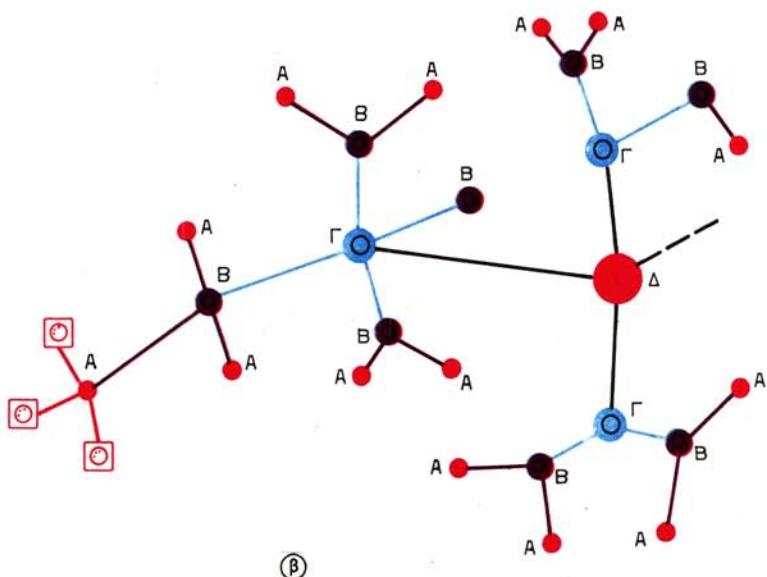
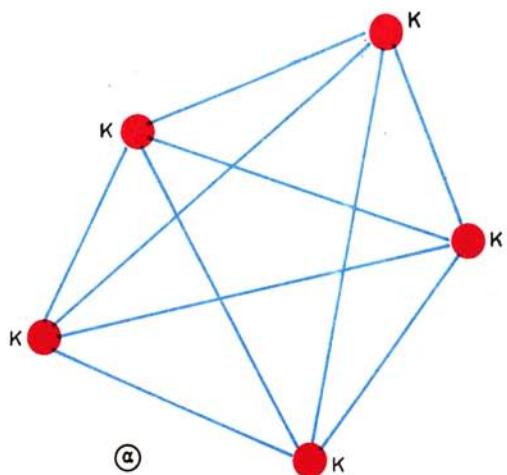
Η σύνδεση των υπεραστικών κέντρων μεταξύ τους με τη βοήθεια υπεραστικών γραμμών μπορεί να γίνει βασικά κατά δύο τρόπους:

Στην **πολυγωνική σύνδεση**, το καθένα κέντρο K συνδέεται κατ' ευθείαν με όλα τα άλλα κέντρα. 'Ετσι, αν υπάρχουν n κέντρα στο δίκτυο, απαιτούνται $n(n - 1)/2$ δέσμες γραμμών για τη σύνδεση [σχ. 5.2α (α)].

Στην **αστεροειδή σύνδεση** ορισμένα κέντρα A συνδέονται ακτινωτά σ' ένα κέντρο B , το κέντρο αυτό B συνδέεται σ' ένα υπερκείμενο κέντρο Γ , στο οποίο είναι συνδεμένα ακτινωτά περισσότερα κέντρα B , το κέντρο Γ συνδέεται σ' ένα άλλο κέντρο Δ , κ.ο.κ. [σχ. 5.2α (β)]. Με αυτόν τον τρόπο σχηματίζονται διάφορες **βαθύδεις δικτύου** και η κίνηση μεταξύ κέντρων της ίδιας βαθμίδας διεκπεραιώνεται μέσω του κέντρου της αμέσως ανώτερης βαθμίδας.

Η **πολυγωνική σύνδεση** παρουσιάζει το **πλεονέκτημα** ότι, δύο οποιαδήποτε κέντρα συνδέονται με το συντομότερο δυνατό δρόμο κι έτσι η σύνδεση αποκαθίσταται ταχύτατα. Επίσης η ποιότητα των κυκλωμάτων μπορεί να είναι χαμηλή, γιατί σε κάθε περίπτωση έχουμε διεκπεραίωση μόνο **τερματικής κινήσεως**. Μειονέκτημα της συνδέσεως αυτής είναι ο μεγάλος αριθμός γραμμών, που απαιτούνται για την κατ' ευθείαν ένωση όλων των κέντρων και η κακή εκμετάλλευσή τους, δεδομένου ότι από κάθε μια δέσμη περνά μόνο η αριθμητική κίνηση δύο κέντρων.

Η **αστεροειδής ή ακτινωτή σύνδεση** έχει το **πλεονέκτημα** ότι απαιτεί λιγότερες γραμμές δικτύου, γιατί συγκεντρώνει πολλές μικρές κινήσεις σε υπερκείμενες δέσμες, στις οποίες η εκμετάλλευση είναι πολύ καλύτερη. **Μειονέκτημά** της είναι ότι



Σχ. 5.2α.

α) Πολυγωνική σύνδεση υπεραστικών κέντρων. β) Αστεροειδής (ακτινωτή) σύνδεση υπεραστικών κέντρων.

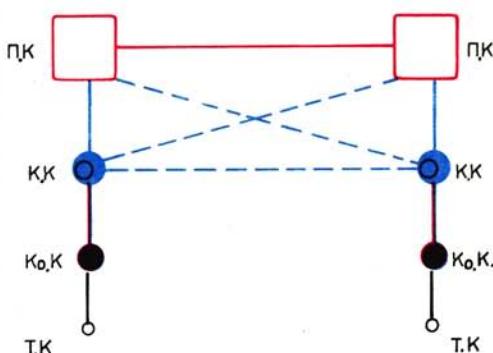
μακρύτερος δρόμος, που καταλαμβάνεται για μια σύνδεση και οι περισσότερες ζευκτικές αλλά και φερεσυχνικές διατάξεις που παρεμβάλλονται στα ενδιάμεσα κέντρα. Συνέπεια του τελευταίου είναι αυξημένες απαίτησεις μεταδόσεως στις γραμμές, οι οποίες διεκπεραιώνουν **διαβατική κίνηση**.

Στην πράξη, για να αποκτηθεί το καλύτερο οικονομικό αποτέλεσμα, συνδυάζονται κατά τη διαμόρφωση ενός υπεραστικού δικτύου οι δύο βασικοί τρόποι συνδέσεως που αναφέραμε. Στις χαμηλότερες βαθμίδες του δικτύου συνδέονται τα κέντρα ακτινωτά, ενώ στην υψηλότερη βαθμίδα συνδέονται με μία πλήρη ή μερική πολυγωνική σύνδεση. Σαν παράδειγμα ενός τέτοιου μικτού δικτύου παρουσιάζεται στο σχήμα 5.2β η δομή του υπεραστικού δικτύου της Ελλάδας, το οποίο περιλαμβάνει τέσσερις βαθμίδες κέντρων.

Την τελευταία βαθμίδα σχηματίζουν τα **τερματικά κέντρα Τ.Κ.**, που συνδέονται ακτινωτά στα υπερκείμενα **κομβικά κέντρα Κ.Ο.Κ.** Ένα Τ.Κ. είναι κατά κανόνα το αστικό κέντρο μιας πόλεως ή ενός χωριού. Κάθε Κ.Ο.Κ. εξυπηρετεί τα Τ.Κ. μιας μικρής περιοχής. Είναι εγκαταστημένο συνήθως στον ίδιο χώρο με το αστικό κέντρο της σπουδαιότερης πόλεως της περιοχής και το αστικό αυτό κέντρο χαρακτηρίζεται **τερματικό κέντρο στην έδρα του κομβικού Τ.Κ. Κ.Ο.Κ.** σε αντίδιαστολή προς τα άλλα Τ.Κ. της περιοχής. Όλα τα Τ.Κ. της περιοχής ενός Κ.Ο.Κ. συνδέονται μεταξύ τους μέσω του Τ.Κ. Κ.Ο.Κ. .

Την επόμενη βαθμίδα σχηματίζουν τα **κύρια κέντρα Κ.Κ.** Σ' ένα Κ.Κ. είναι συνδεμένα ακτινωτά όλα τα κομβικά μιας ευρύτερης περιοχής. Κάθε Κ.Κ. συνδέεται κατόπιν σ' ένα **πρωτεύον κέντρο Π.Κ.** που ανήκει στην ανώτατη βαθμίδα και εξυπηρετεί τα Κ.Κ. μιας μεγάλης περιοχής. Τα Π.Κ. είναι συνδεμένα μεταξύ τους με πολυγωνική σύνδεση.

Το δίκτυο που περιγράψαμε αποτελεί το λεγόμενο **βασικό δίκτυο** της υπεραστικής τηλεφωνίας και οι γραμμές που περιλαμβάνει ονομάζονται **κανονικές γραμμές**. Έχει το πλεονέκτημα της **καλής εκμεταλλεύσεως** των γραμμών και παρέχει τη δυνατότητα μιας **συστηματικής αριθμοδοτήσεως** των κέντρων, όπως θα δούμε αρέσως πιο κάτω. Το μειονέκτημα που παρουσιάζει είναι, ότι για να συνδεθούν δύο γειτονικά κέντρα, π.χ. δύο κύρια κέντρα, που δεν ανήκουν στο ίδιο υπερκείμενο κέντρο (δηλαδή στο ίδιο πρωτεύον), απαιτείται **λοξοδρομία** μέσω ακριβών κυκλωμάτων και ζευκτικών οργάνων. Για το λόγο αυτό συμπληρώνεται το βασικό δίκτυο με **κατ' ευθείαν ζεύξεις** μεταξύ κέντρων, που έχουν αρκετά μεγάλη αμοιβαία κίνηση και που η θέση τους στο δίκτυο ευνοεί μια τέτοια σύνδεση. Οι **κατ' ευθείαν** αυ-



Σχ. 5.2β.
Δομή του υπεραστικού δικτύου της Ελλάδος.

τές ή γεφυρωτικές ζεύξεις παριστάνονται στο σχήμα 5.2β με διακεκομμένες γραμμές.

Κατά τη διεκπεραίωση της κινήσεως κατευθύνεται η σύνδεση πρώτα στις γεφυρωτικές ζεύξεις, εφ' όσον υπάρχουν και μόνον όταν όλα τα κυκλώματά τους είναι κατειλημμένα, οδηγείται στις κανονικές γραμμές. Έτσι στις τελευταίες διοχετεύεται η **υπερροή**, το πλεόνασμα δηλαδή της κινήσεως των γεφυρωτικών ζεύξεων.

5.3 Αριθμοδότηση.

Στη συνδρομητική τηλεπιλογή κάθε υπεραστικό κέντρο και κατ' επέκταση η περιοχή που εξυπηρετεί, λαμβάνει ένα **χαρακτηριστικό αριθμό κλήσεως ή πρόθεμα**, που επιλέγεται από τον καλούντα συνδρομητή πριν από τον αριθμό κλήσεως του καλούμενου και κατευθύνει τη σύνδεση μέχρι το αστικό κέντρο, στο οποίο είναι συνδεμένος ο καλούμενος συνδρομητής. Ο αριθμός κλήσεως ενός συνδρομητή και ο χαρακτηριστικός αριθμός του υπεραστικού κέντρου, στο οποίο ανήκει, σχηματίζουν τον **εθνικό συνδρομητικό αριθμό** του.

Οι χαρακτηριστικοί αριθμοί μπορούν να διανεμηθούν στα υπεραστικά κέντρα **τυχαία ή συστηματικά**. Στην πρώτη περίπτωση δεν υπάρχει καμία σχέση μεταξύ αριθμού και θέσεως του κέντρου μέσα στο δίκτυο. Ο χαρακτηριστικός αριθμός πρέπει να **ληφθεί ολόκληρος** κατά την αποκατάσταση της συνδέσεως στο υπεραστικό κέντρο του καλούντος, να μεταφραστεί σε διαδρομή που θα ακολουθηθεί και **κατόπιν ν'** αρχίσει η σύνδεση. Στη δεύτερη περίπτωση ο χαρακτηριστικός αριθμός αντιπροσωπεύει τη **δομή** του δικτύου. Το πρώτο του ψηφίο χαρακτηρίζει την περιοχή του υπεραστικού κέντρου της ανώτατης βαθμίδας, το δεύτερο ψηφίο ένα ορισμένο τμήμα αυτής της περιοχής, το τρίτο ψηφίο ένα ορισμένο τμήμα του προηγούμενου τμήματος, κ.ο.κ.

Η **συστηματική αριθμοδότηση** απαιτεί προγραμματισμό στην κατασκευή του δικτύου και πρόβλεψη για τη δημιουργία μελλοντικών κέντρων, αντ' αυτού όμως οδηγεί σε απλές και φτηνές διατάξεις δρομολογήσεως της συνδέσεως, γιατί κάθε ψηφίο χαρακτηρίζει μια ορισμένη κατεύθυνση στο δίκτυο. Παράδειγμα συστηματικής αριθμοδότησεως δίνει το υπεραστικό δίκτυο της Ελλάδας, που περιγράψαμε προηγουμένων.

Η χώρα έχει διαιρεθεί σε οκτώ μεγάλες περιοχές, που εξυπηρετούνται από Π.Κ. με τα εξής **πρώτα** ψηφία του χαρακτηριστικού αριθμού:

Αθήνα	1
Λοιπή περιοχή Αθηνών	2
Θεσσαλονίκη	3
Λάρισα	4
Καβάλα	5
Πάτρα	6
Τρίπολη	7
Ηράκλειο	8

Για την αυτόματη εξυπηρέτηση της Κύπρου έχει χορηγηθεί προσωρινά το ψηφίο 9 στο πρωτεύον κέντρο της Λευκωσίας.



Σχ. 5.3.

Παράδειγμα αριθμοδοτήσεως τερματικών κέντρων.

Το δεύτερο ψηφίο του χαρακτηριστικού αριθμού προσδιορίζει ένα Κ.Κ. του Π.Κ., το τρίτο ψηφίο ένα Κο.Κ. του Κ.Κ. Το χαρακτηριστικό ψηφίο ενός Τ.Κ. είναι **ενσωματωμένο** στον αριθμό κλήσεως των συνδρομητών και βρίσκεται στην αρχή του αριθμού αυτού.

Το αστικό κέντρο της **Βολισσού** π.χ., στη νήσο **Χίο**, είναι ένα Τ.Κ. με χαρακτηριστικό ψηφίο το 3 (σχ. 5.3). Το ψηφίο αυτό βρίσκεται στην πρώτη θέση όλων των αστικών αριθμών της Βολισσού (Αριθμοί κλήσεως, π.χ. 31261, 31307 κ.ο.κ.). Το πρόθεμα της Βολισσού είναι 272. Ο αριθμός αυτός είναι επίσης πρόθεμα των **Καρδαμύλων** που έχουν χαρακτηριστικό ψηφίο το 2 και των **Οινουσσών** με χαρακτηριστικό ψηφίο το 5, είναι δηλαδή ο χαρακτηριστικός αριθμός της περιοχής του Κο.Κ. 272, στο οποίο είναι συνδεμένα τα τρία Τ.Κ. Βολισσός, Καρδάμυλα και Οινούσσες. Το Κο.Κ. 272 είναι εγκαταστημένο στα Καρδάμυλα (το Τ.Κ. Καρδαμύλων είναι δηλαδή Τ.Κ.-Κο.Κ. και είναι συνδεμένο στο Κ.Κ.27 της Χίου). Η Χίος είναι συνδεμένη με τη σειρά της στο Π.Κ. 2 των Αθηνών.

Για να κατευθυνθεί επομένως μια κλήση προς οποιοδήποτε αστικό κέντρο της χώρας, πρέπει να επιλεγεί πριν από το συνδρομητικό αριθμό ένας τριψήφιος χαρακτηριστικός αριθμός (το πρόθεμα του Κο.Κ.), στο οποίο ανήκει το αστικό κέντρο. Κατ' εξαίρεση τα μεγάλα αστικά κέντρα και αστικά συγκροτήματα των πόλεων, στις οποίες είναι εγκαταστημένα τα Π.Κ., καλούνται με συντημένους χαρακτηριστικούς αριθμούς. Το αστικό δίκτυο των Αθηνών π.χ. με το πρόθεμα 1, των Πατρών με 61 κ.ο.κ. Με την αριθμοδότηση αυτή βέβαια, δεν μπορούν να συνδεθούν Κ.Κ. στο Π.Κ. 1 των Αθηνών, ούτε να δοθεί το ψηφίο 1 σε ένα Κ.Κ. στα υπόλοιπα Π.Κ. της χώρας. Επιτυγχάνεται δύναμη **συντήμευση** στην αποκατάσταση της συνδέσεως και μείωση της **επλογικής εργασίας**, που καταβάλλει ο συνδρομητής. Και τα δύο αυτά πλεονεκτήματα δεν είναι μικρά, αν ληφθεί υπόψη, ότι στα μεγάλα κέντρα κατευθύνεται ο κύριος όγκος των υπεραστικών συνδιαλέξεων. Ακόμα επιτυγχάνεται μείωση του συνολικού αριθμού των ψηφίων του εθνικού συνδρομητικού αριθμού, ο οποίος δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερος από 11 σύμφωνα με τις προδιαγραφές - συστάσεις της CCITT, για να μπορούν να πραγματοποιούνται σήμερα αυτόματες διεθνείς συνδέσεις.

Διοθέντος ότι με συντημένους χαρακτηριστικούς αριθμούς καλούνται μεταξύ τους και τα **χειροκίνητα υπεραστικά κέντρα** που βρίσκονται στην έδρα των Π.Κ. και Κ.Κ. (διψήφιοι και τριψήφιοι αριθμοί με το 0 στο τέλος, π.χ. Χ.Υ.Κ. Αθηνών 20, Χ.Υ.Κ. Λαμίας 230), περιορίζεται σε οκτώ ο αριθμός των Κ.Κ., που μπορούν να συνδεθούν σ' ένα Π.Κ. και σε 9 ο αριθμός των Κο.Κ. που μπορούν να συνδεθούν σ' ένα Κ.Κ. Ο μέγιστος αριθμός των Π.Κ. με μονοψήφιο χαρακτηριστικό αριθμό είναι εννέα, γιατί το 0 χρησιμοποιείται για τη διάκριση της διεθνούς κινήσεως.

Η σχέση του χαρακτηριστικού αριθμού των υπεραστικών κέντρων προς τον αριθμό κλήσεως των συνδρομητών καθορίζει δύο διαφορετικούς τρόπους αριθμοδοτήσεως: Την **ανοικτή** και την **καλυμμένη** αριθμοδότηση.

Στην **ανοικτή αριθμοδότηση** επιλέγεται ο χαρακτηριστικός αριθμός μόνο στις υπεραστικές κλήσεις. Ο συνδρομητής πρέπει να γνωρίζει το υπεραστικό κέντρο, στο οποίο ανήκει ο καλούμενος συνδρομητής. Για τη διάκριση της υπεραστικής από την αστική κίνηση επιλέγεται σ' αυτή την περίπτωση ένα χαρακτηριστικό ψηφίο στην αρχή του χαρακτηριστικού αριθμού, συνήθως το μηδέν.

Στην **καλυμμένη αριθμοδότηση** ο χαρακτηριστικός αριθμός των υπεραστικών κέντρων είναι ενσωματωμένος στον αριθμό κλήσεως των συνδρομητών και επιλέγεται πάντοτε στην αρχή τόσο των **υπεραστικών**, όσο και των **αστικών** συνδιαλέξεως. Ο συνδρομητής δεν χρειάζεται να γνωρίζει το υπεραστικό κέντρο του καλούμενου συνδρομητή, καταβάλλει όμως πολύ περισσότερη «επιλογική εργασία» στις αστικές κλήσεις (δηλαδή στο 80% όλων των κλήσεων). Καλυμμένη αριθμοδότηση στο ελληνικό δίκτυο έχομε μόνο στις περιοχές των Κο.Κ. Ο χαρακτηριστικός αριθμός των Τ.Κ. είναι, όπως είδαμε, ενσωματωμένος στους συνδρομητικούς αριθμούς και επιλέγεται και στις αστικές κλήσεις των Τ.Κ. Στην περιοχή του Κο.Κ. 272 π.χ., που αναφέραμε προηγουμένως, έχομε καλυμμένη αριθμοδότηση. Τα χαρακτηριστικά ψηφία 2, 3 και 5 των τριών Τ.Κ. της περιοχής επιλέγονται και στις αστικές κλήσεις.

Όλοι οι εθνικοί συνδρομητικοί αριθμοί στην Ελλάδα προβλέπεται να περιλαμβάνουν μετά την ολοκλήρωση του υπεραστικού δικτύου 8 ψηφία. Έτσι τα αστικά δίκτυα στην έδρα των Π.Κ. (που έχουν διψήφιους χαρακτηριστικούς αριθμούς) θα περιλαμβάνουν 6ψήφιους συνδρομητικούς αριθμούς, ενώ τα αστικά δίκτυα στην έδρα των Κ.Κ. καθώς και όλα τα αστικά δίκτυα στις περιοχές των Κο.Κ. (που έχουν 3ψήφιους χαρακτηριστικούς αριθμούς) θα περιλαμβάνουν 5ψήφιους συνδρομητικούς αριθμούς. Εξαίρεση θα αποτελεί το αστικό δίκτυο των Αθηνών με 7ψήφιους συνδρομητικούς αριθμούς. Στο Π.Κ. Αθηνών έχει διοθεί γι' αυτό το λόγο μονοψήφιος χαρακτηριστικός αριθμός (το 1).

5.4 Τελοχέωση.

Όπως στις αστικές συνδιαλέξεις έτσι και στις υπεραστικές καταβάλλεται από τον καλούντα συνδρομητή, ορισμένο τέλος για κάθε πραγματοποιούμενη συνδιαλέξη. Ενώ όμως στην αστική τηλεφωνία το τέλος αυτό είναι σταθερό και ανεξάρτητο από τη διάρκεια της συνδιαλέξεως, στην υπεραστική τηλεφωνία, εξ αιτίας του υψηλού κόστους των κυκλωμάτων και των εγκαταστάσεων, το τέλος υπολογίζεται ανάλογα με τη **διάρκεια** της συνδιαλέξεως και την **απόσταση** των υπεραστικών κέντρων.

Υπάρχουν βασικά δύο τρόποι καταγραφής των πραγματοποιουμένων υπεραστικών συνδιαλέξεων:

Η **κεντρική χρέωση** με μηχανή **υπολογισμού** και **εκτυπώσεως** των τελών και η **ατομική πολλαπλή χρέωση** με παλμοσειρές στο μετρητή του καλούντος συνδρομητή. Στην κεντρική χρέωση το τέλος προσδιορίζεται αυτόματα από κεντρικές διατάξεις, στις οποίες μεταβιβάζονται τα απαραίτητα στοιχεία (χρόνος πραγματοποίησεως της συνδιαλέξεως, διάρκεια, αριθμός καλούντος και καλούμενου συνδρομητή κ.ο.κ.). Τα στοιχεία αυτά εκτυπώνονται από τη μηχανή μαζί με το αντίστοιχο τέλος και αποστέλλονται στο συνδρομητή με το λογαριασμό, όπως και στις χειροκίνητες υπεραστικές συνδιαλέξεις.

Στην **ατομική πολλαπλή χρέωση** καταγράφονται οι υπεραστικές συνδιαλέξεις στον ίδιο συνδρομητικό μετρητή, που καταγράφονται και οι αστικές συνδιαλέξεις, με τη βοήθεια παλμοσειρών. Το τέλος μιας υπεραστικής συνδιαλέξεως είναι στην περίπτωση αυτή **πολλαπλάσιο** του αστικού τέλους.

Ο τρόπος αυτός εφαρμόζεται και στο ελληνικό δίκτυο. Συγκεκριμένα μεταβιβάζεται κάτα τη **διάρκεια** της συνδιαλέξεως και σε κανονικά χρονικά διαστήματα από ένας παλμός στο μετρητή του καλούντος συνδρομητή (μονοπαλμική μέθοδος). Ο **ρυθμός** αποστολής των παλμών προσδιορίζεται ανάλογα με την απόσταση των υπεραστικών κέντρων.

Η απόσταση υπολογίζεται μεταξύ των κομβικών κέντρων καλούντος και καλούμενου συνδρομητή και κατά **ζώνες χρεώσεως**. Όλα π.χ. τα κομβικά κέντρα που βρίσκονται μεταξύ 21 και 30 χιλ. από το κομβικό κέντρο του καλούντος, ανήκουν στην ίδια ζώνη και έχουν το ίδιο τέλος, τα κέντρα μεταξύ 31 και 45 χιλ. σε άλλη ζώνη κ.ο.κ. Στην περιοχή κάθε κομβικού κέντρου χρεώνεται **μία** αστική μονάδα για κάθε συνδιάλεξη από τερματικό σε τερματικό κέντρο.

Ως προς την **τιμολόγηση** των συνδιαλέξεων πρέπει να σημειώσουμε ότι τη νύκτα ισχύει ιδιαίτερο μειωμένο τιμολόγιο για την υπεραστική επικοινωνία πλην της διεθνούς. Η μείωση επιτυγχάνεται αυτόματα με μεταβολή του ρυθμού των παλμών κατά ζώνη, που αποστέλλονται στο συνδρομητικό μετρητή. Μία υπεραστική συνδιάλεξη όμως, που άρχισε πριν από τη μεταβολή του τιμολογίου, θα χρεωθεί με το υψηλότερο τιμολόγιο.

5.5 Διεθνής Τηλεφωνία.

Για την πραγματοποίηση αυτομάτων διεθνών συνδιαλέξεων συνδέονται τα αυτόματα εθνικά υπεραστικά δίκτυα μεταξύ τους με κατάλληλες γραμμές και διατάξεις και σχηματίζουν ένα ενιαίο αυτόματο **διεθνές δίκτυο**. Συγκεκριμένα, σε κάθε χώρα δημιουργείται ένα αυτόματο **διεθνές υπεραστικό κέντρο**, μέσω του οποίου διεκπεραιώνεται η εισερχόμενη και εξερχόμενη διεθνής κίνηση της χώρας. Το κέντρο αυτό συνδέεται κατ' ευθείαν με τα διεθνή κέντρα των άλλων χωρών. Το διεθνές υπεραστικό κέντρο της Ελλάδας βρίσκεται στην Αθήνα, εγκαταστημένο στο πολυόροφο κτίριο του ΟΤΕ στην οδό 3ης Σεπτεμβρίου.

Στο διεθνές κέντρο βρίσκονται οι διατάξεις για τη **δρομολόγηση** της συνδέσεως στο διεθνές δίκτυο και για τη χρέωση της συνδιαλέξεως. Η δρομολόγηση και ο προσδιορισμός της ζώνης χρεώσεως επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ενός ιδιαίτερου χαρακτηριστικού αριθμού, που έχει δοθεί σε κάθε χώρα (στην Ελλάδα, π.χ. ο αρι-

θμός 30, στη Γερμανία ο αριθμός 49 κ.ο.κ.). Ο αριθμός αυτός επιλέγεται μετά το πρόθεμα 00 με το οποίο διακρίνονται οι διεθνείς κλήσεις από τις αστικές και τις εθνικές υπεραστικές κλήσεις και πριν από τον εθνικό συνδρομητικό αριθμό του καλούμενου συνδρομητή. Χαρακτηριστικός αριθμός και εθνικός συνδρομητικός αριθμός μεταβιβάζονται από το υπεραστικό κέντρο του καλούντος στο διεθνές κέντρο, όπου ενταμιεύονται σε κατάλληλες διατάξεις. Όταν η σύνδεση φθάσει στο διεθνές κέντρο προορισμού, αποστέλλεται σε τούτο ο εθνικός συνδρομητικός αριθμός και με τη βοήθειά του καθοδηγείται η σύνδεση μέχρι τον καλούμενο συνδρομητή μέσω του εθνικού υπεραστικού δικτύου της ξένης χώρας.

Η **τελοχέωση** των διεθνών συνδιαλέξεων μπορεί να είναι κεντρική ή ατομική, όπως στις εθνικές υπεραστικές κλήσεις. Κατά κανόνα ακολουθείται στη διεθνή τηλεφωνία μιας χώρας η μέθοδος χρεώσεως της εθνικής υπεραστικής της τηλεφωνίας. Στην Ελλάδα, π.χ. χρεώνονται και οι διεθνείς συνδιαλέξεις στο συνδρομητικό μετρητή μαζί με τις αστικές και τις εθνικές υπεραστικές συνδιαλέξεις, σύμφωνα με τη μονοπαλμική μέθοδο.

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΚΕΡΑΙΕΣ

6.1 Γενικά.

Οι κεραίες είναι διατάξεις που είτε ακτινοβολούν στον ελεύθερο χώρο την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια με την οποία τις τροφοδοτεί η γραμμή μεταφοράς, οπότε λέγονται **κεραίες εκπομπής**, είτε λαμβάνουν ηλεκτρομαγνητική ενέργεια από τον ελεύθερο χώρο και την οδηγούν στη γραμμή και λέγονται **κεραίες λήψεως**.

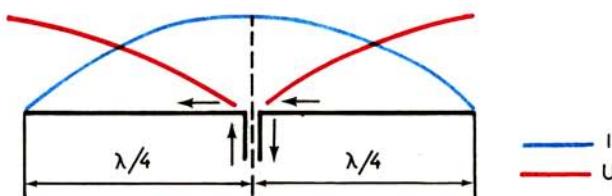
Η κεραία και στην πιο απλή της μορφή έχει κατανεμημένες χωρητικότητες, αυτεπαγγές και ωμικές αντιστάσεις όπως οι γραμμές μεταφοράς. Μια κεραία με μήκος $\lambda/2$ μπορεί να θεωρηθεί ότι αντιστοιχεί με ένα κυμαινόμενο κύκλωμα. Η ένταση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου της ακτινοβολούμενης ενέργειας μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με την απόσταση από την κεραία. Ο ρυθμός αυτός ελαπτώσεως της εντάσεως δεν είναι μεγάλος, γι' αυτό και τα κύματα διαδίδονται σε μεγάλη απόσταση. Εκτός από το πεδίο αυτό υπάρχει και το επαγωγικό πεδίο γύρω από την κεραία, του οποίου η ένταση μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με το τετράγωνο της αποστάσεως και εξασθενεί σε μικρή απόσταση.

Σημειώνεται ότι αν από δύο όμοιες κεραίες η μία χρησιμοποιείται για εκπομπή και η άλλη για λήψη, τα διαγράμματα ακτινοβολίας τους στον ελεύθερο χώρο είναι τελείως όμοια. Συνέπεια αυτού είναι ότι όταν αναφέρονται τα χαρακτηριστικά μιας κεραίας, αυτά ισχύουν και για την κεραία εκπομπής και για την κεραία λήψεως.

Ισοτροπική κεραία είναι μία υποθετική κεραία που ακτινοβολεί ενέργεια με την ίδια πυκνότητα προς όλες τις κατεύθυνσεις. Ο τύπος αυτός κεραίας είναι αδύνατο να πραγματοποιηθεί, αλλά είναι ιδιαίτερα χρήσιμος κατά τους υπολογισμούς των συστημάτων.

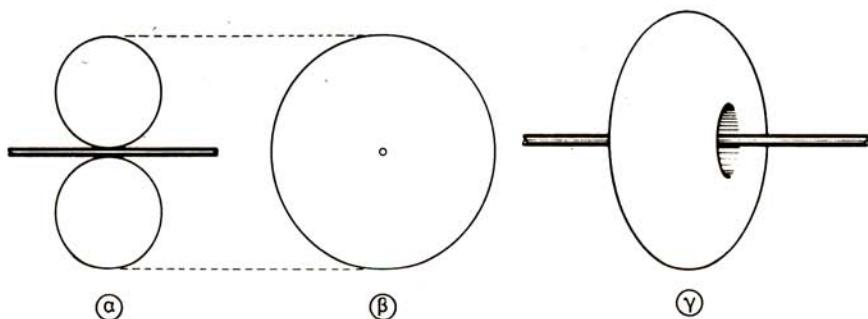
Απολαβή ή κέρδος μιας κεραίας σε μια κατεύθυνση είναι το πηλίκον της ισχύος που ακτινοβολεί η κεραία στην κατεύθυνση αυτή, προς την ισχύ που ακτινοβολεί μία ισοτροπική κεραία στην ίδια κατεύθυνση όταν τροφοδοτείται με την ίδια ισχύ. Η απολαβή συνήθως εκφράζεται σε dB.

Δίπολο είναι κεραία μήκους $\lambda/2$ και αποτελείται από δύο μεταλλικά στελέχη μήκους $\lambda/4$ που βρίσκονται σε ευθεία γραμμή και διαχωρίζονται από ένα μικρό διάστημα όπου και γίνεται η σύνδεση με τη γραμμή μεταφοράς. Η κατανομή των τάσεων και των ρευμάτων προκύπτει εύκολα όπως φαίνεται στο σχήμα 6.1a. Στα άκρα του διπόλου το ρεύμα είναι μηδέν και η τάση μέγιστη. Το δίπολο είναι συμμετρικό. Επειδή στην είσοδό του τα ρεύματα έχουν αντίθετη φορά, στα δύο στελέχη τα ρεύματα είναι ίσα και έχουν την ίδια φορά. Τα ακτινοβολούμενα πεδία από κάθε στελέχος αθροίζονται στα σημεία του χώρου που έχουν την ίδια φάση και εξουδε-



Σχ. 6.1α.

Δίπολο.



Σχ. 6.1β.

Διάγραμμα ακτινοβολίας διπόλου. α) Σε επίπεδο που περνά από το δίπολο. β) Σε επίπεδο κάθετο στη μέση του διπόλου. γ) Μορφή του διαγράμματος στο χώρο.

τερώνονται, όταν οι φάσεις διαφέρουν κατά 180° . Δηλαδή, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.1β που δείχνει το διάγραμμα ακτινοβολίας, το δίπολο δεν ακτινοβολεί το ίδιο προς όλες τις κατευθύνσεις. Προς την κατεύθυνση των άκρων του η ακτινοβολία είναι μηδέν [σχ. 6.1β (α)] και έχει τη μεγαλύτερη τιμή, που είναι $2,14 \text{ dB}$, στο επίπεδο που είναι κάθετο στη μέση του διπόλου [σχ. 6.1β (β)]. Το σχήμα 6.1β (γ) δείχνει τη μορφή του διαγράμματος στο χώρο.

Η ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στα μέταλλα είναι λίγο μικρότερη (περίπου 5%) από τον ελεύθερο χώρο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το μήκος κύματος στο μέταλλο για την ίδια συχνότητα να είναι περίπου 5% μικρότερο από τον ελεύθερο χώρο. Για να αντισταθμιστεί η διαφορά αυτή πρέπει το μέγεθος του διπόλου να είναι 5% μικρότερο από το μήκος κύματος στον ελεύθερο χώρο, δηλαδή 0.95λ .

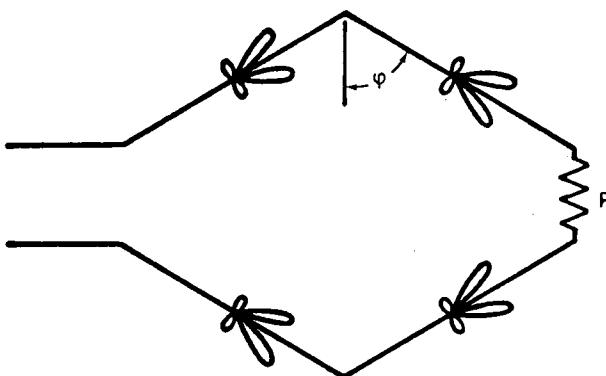
Υπάρχουν διάφοροι τύποι κεραιών ανάλογα με το σκοπό που πρόκειται να έχει πηρετήσουν. Στη συνέχεια περιγράφονται οι σπουδαιότεροι από αυτούς.

6.2 Κεραίες βραχέων κυμάτων.

Οι κεραίες των βραχέων κυμάτων διακρίνονται στις **συντονισμένες** που χρησιμοποιούνται για τη συχνότητα που έχουν υπολογισθεί και είναι δίπολα, και στις **α-συντόνιστες** που χρησιμοποιούνται για μια μεγάλη περιοχή συχνοτήτων και είναι ρομβικές, λογαριθμικές κλπ.

6.3 Ρομβική κεραία.

Αποτελείται όπως φαίνεται στο σχήμα 6.3 από 4 αγωγούς τοποθετημένους σε σχήμα ρόμβου και είναι τερματισμένη σε μια ωμική αντίσταση R . Κάθε ένας από τούς 4 αγωγούς έχει μήκος $2 \text{ ως } 4 \text{ λ}$ και έχει ένα δικό του διάγραμμα με λοβούς ακτινοβολίας. Όταν η γωνία ϕ εκλεγεί κατάλληλα, είναι δυνατόν ένας από τους μεγαλύτερους λοβούς ακτινοβολίας κάθε αγωγού να έχει την κατεύθυνση του κύριου άξονα του ρόμβου, ώστε οι 4 αυτοί λοβοί να αθροίζονται.



Σχ. 6.3.

Ρομβική κεραία με τα διαγράμματα ακτινοβολίας.

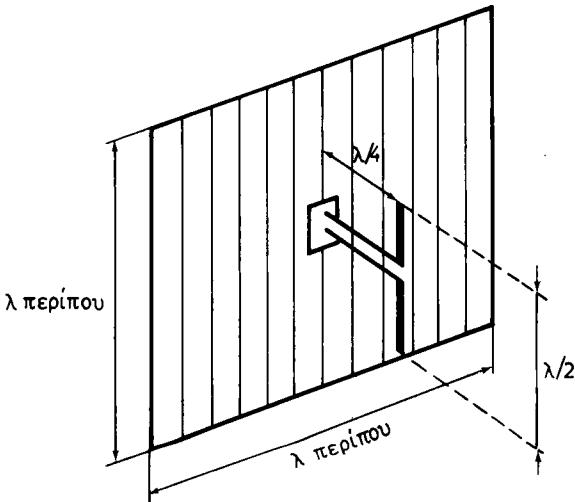
Η ρομβική κεραία λειτουργεί ικανοποιητικά για μεγάλη περιοχή συχνοτήτων. Αυτό είναι σημαντικό για την επικοινωνία με βραχέα κύματα σε μεγάλες αποστάσεις, γιατί είναι συχνά ανάγκη να γίνει αλλαγή συχνότητας, επειδή μεταβάλλονται οι συνθήκες διαδόσεως. Η ρομβική κεραία είναι κατευθυνόμενη και χρησιμοποιείται τόσο για εκπομπή όσο και για λήψη.

6.4 Κεραία με επίπεδο ανακλαστήρα.

Η κεραία αυτή αποτελείται από ένα δίπολο και ένα επίπεδο ανακλαστήρα που βρίσκεται σε απόσταση $\lambda/4$ όπως φαίνεται στο σχήμα 6.4a. Ο ανακλαστήρας αποτελείται από μεταλλικά στελέχη τοποθετημένα παράλληλα προς το δίπολο, σε απόσταση το ένα από το γειτονικό του περίπου $\lambda/32$ ώστε η διάτρητη επιφάνεια να παίζει το ρόλο κατόπιτρου (καθρέφτη). Ο ανακλαστήρας είναι τετράγωνος με πλευρά περίπου λ . Η πόλωση μπορεί να είναι οριζόντια ή κατακόρυφη.

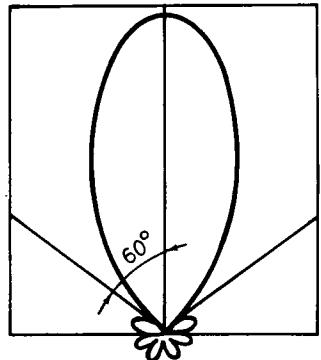
Χάρη στον ανακλαστήρα το διάγραμμα ακτινοβολίας του διπόλου θα αλλάξει. Οι ακτίνες που κατευθύνονται προς τα εμπρός δεν παθαίνουν καμία μεταβολή, ενώ αυτές που κατευθύνονται προς τον ανακλαστήρα όταν διατρέξουν την απόσταση $\lambda/4$, ανακλώνται στα μεταλλικά στελέχη του, αλλάζοντας φάση κατά 180° και κατευθύνονται προς τα εμπρός διανύοντας πάλι μία διαδρομή $\lambda/4$. Επομένως οι ακτίνες αυτές μέχρι να φθάσουν στη θέση του διπόλου έχουν διανύσει διαδρομή $\lambda/2$ που σημαίνει αλλαγή φάσεως κατά 180° . Όμως η φάση τους έχει αλλάξει κατά άλλες 180° κατά την ανάκλαση, συνεπώς άλλαξε η φάση τους συνολικά κατά 360° , δηλαδή βρίσκονται σε φάση με εκείνες που ξεκινούν από το δίπολο. Αυτό έχει ως

αποτέλεσμα η ενέργεια που κατεύθυνεται προς τα εμπρός να είναι θεωρητικά διπλάσια. Είναι δηλαδή σαν να αφαιρούσαμε τον ανακλαστήρα και να τοποθετούσαμε ένα δεύτερο δίπολο σε συμμετρική θέση του πρώτου σε σχέση με τον ανακλαστήρα. Η τροφοδότησή του δε να είναι σε φάση με τον πρώτο. Η απολαβή της κεραίας αυτής είναι 5 dB.



Σχ. 6.4α.

Κεραία με επίπεδο ανακλαστήρα.



Σχ. 6.4β.

Διάγραμμα ακτινοβολίας κεραίας με επίπεδο ανακλαστήρα.

Σημειώνεται ότι υπάρχει μία μικρή δέσμη προς την αντίθετη κατεύθυνση που οφείλεται στη διαφάνεια του ανακλαστήρα και κυρίως στην περίθλαση στα άκρα του. Το διάγραμμα ακτινοβολίας φαίνεται στο σχήμα 6.4β.

Η ζώνη που περνάει είναι ίση με το 10% της κεντρικής συχνότητας. Η κεραία αυτή χρησιμοποιείται στην περιοχή 50 - 2000 MHz. Για να αυξηθεί η απολαβή και η κατεύθυντικότητα της κεραίας αυτού του τύπου τοποθετούνται περισσότερα του ενός δίπολα (2, 4, 8 κλπ.).

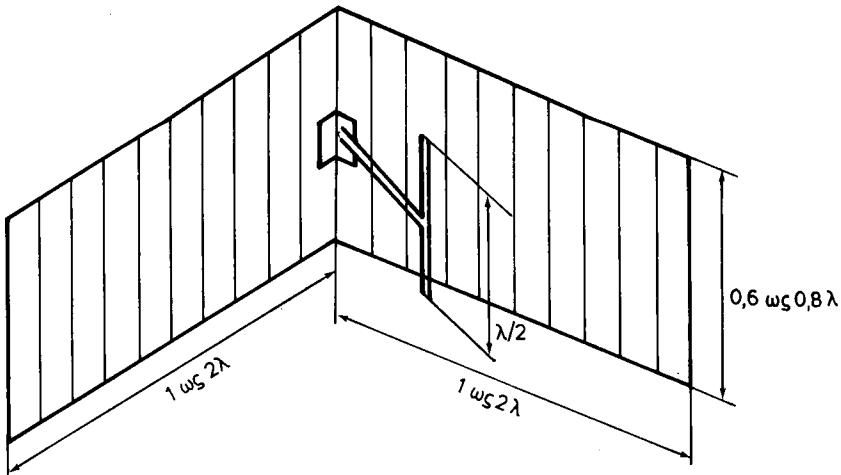
6.5 Κεραία με δίεδρο ανακλαστήρα.

Αυτός ο τύπος της κεραίας αποτελείται από ένα δίπολο τοποθετημένο στο εσωτερικό μιας δίεδρης γωνίας παράλληλα προς την ακμή της, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.5α.

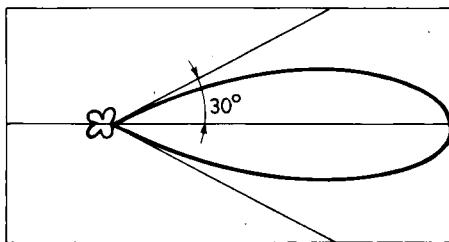
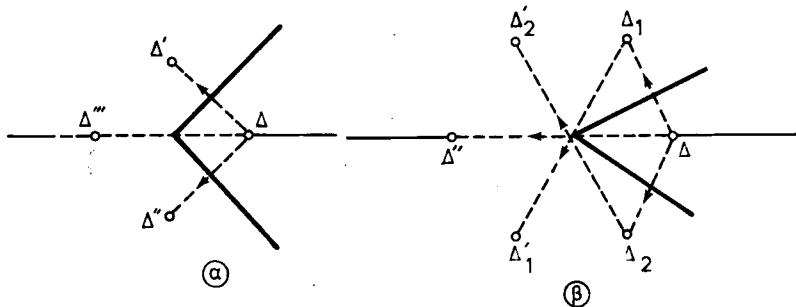
Η δίεδρη γωνία μπορεί να είναι 45°, 60° ή 90°. Οι δύο επιφάνειες του ανακλαστήρα πρέπει να έχουν πλάτος μεγαλύτερο από το $\lambda/2$ και μήκος 1 ως 2 λ. Η πόλωση μπορεί να είναι κατακόρυφη ή οριζόντια.

Η απολαβή της κεραίας αυτής εξαρτάται από τη γωνία και μπορεί να εξηγηθεί απλά με τα είδωλα, όπως και στην κεραία με επίπεδο ανακλαστήρα. Στα σχήματα 6.5β (α) και 6.5β (β) φαίνονται οι περιπτώσεις που η γωνία των δύο επιφανειών είναι 90° και 60° όπου είναι ως να υπάρχουν 4 και 6 πηγές (δίπολα) αντίστοιχα.

Στο σχήμα 6.5β (γ) φαίνεται η μορφή του διαγράμματος ακτινοβολίας. Η απο-



Σχ. 6.5α.
Κεραία με δίεδρο ανακλαστήρα.



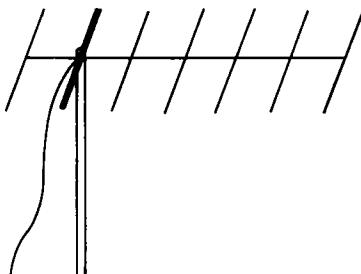
Σχ. 6.5β.

Σχηματισμός ειδώλων σε κεραία με δίεδρο ανακλαστήρα. α) Γωνία διέδρου 90° . β) Γωνία διέδρου 60° . γ) Διάγραμμα ακτινοβολίας.

Λαβή της κεραίας αυτής είναι $9 - 14$ dB και χρησιμοποιείται στην περιοχή συχνοτήτων $150 - 600$ MHz.

6.6 Κεραία Γιάγκι (Yagi).

Η πειραματική μελέτη της ακτινοβολίας ενός διπόλου κοντά στο οποίο τοποθετείται παράλληλα σε απόσταση 0,2 ως 0,3 λ (ή και μέχρι $\lambda/2$) ένα μεταλλικό στέλέχος, με το ίδιο μήκος χωρίς να τροφοδοτείται με σήμα (παρασιτικό στοιχείο), δείχνει ότι αποκτάται μία απολαβή περίπου 5 db. Το παρασιτικό δηλαδή στοιχείο ενεργεί ως ανακλαστήρας. Αν, εκτός από τον ανακλαστήρα, τοποθετηθούν ένα ή περισσότερα παρασιτικά στελέχη από την άλλη πλευρά (μπροστά) του διπόλου, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.6, τότε έχουμε μεγαλύτερη απολαβή. Τα παθητικά αυτά στοιχεία είναι κατευθυντήρες της δέσμης. Το δίπολο με τον ανακλαστήρα και τους κατευθυντήρες συγκροτούν την κεραία Γιάγκι.



Σχ. 6.6.
Κεραία Γιάγκι (Yagi).

Ο αριθμός των κατευθυντήρων, η μεταξύ τους απόσταση και το μήκος τους εξαρτάται από το αποτέλεσμα που επιδιώκομε. Τα δεδομένα κατά προσέγγιση είναι τα παρακάτω:

- Με μεγαλύτερο αριθμό κατευθυντήρων έχουμε μεγαλύτερη απολαβή, χωρίς να υπάρχει αναλογία.

Το μήκος των κατευθυντήρων και οι μεταξύ τους αποστάσεις εξαρτώνται από τον αριθμό τους.

Όταν μεγαλώνει ο αριθμός των κατευθυντήρων, μικραίνει το πλάτος της ζώνης.

Όταν μεγαλώνει ο αριθμός των κατευθυντήρων, μικραίνει η σύνθετη αντίσταση της κεραίας.

Η απολαβή εξαρτάται από τον αριθμό των στοιχείων και τη συχνότητα. Υπάρχει μεγάλος αριθμός συνδυασμών. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι υπάρχουν απολαβές από 7 ως 20 dB χωρίς αυτά να είναι και τα όρια.

Με τη σύνδεση δύο ή τεσσάρων ομοίων κεραιών μέσω προσαρμοστών, αυξάνεται η απολαβή κατά 3 ή 6 dB.

Οι κεραίες Γιάγκι χρησιμοποιούνται στην περιοχή συχνότων από 50 - 1000 MHz. Οι κεραίες αυτές χρησιμοποιούνται συχνά και ως κεραίες λήψεως στους δέκτες τηλεοράσεως.

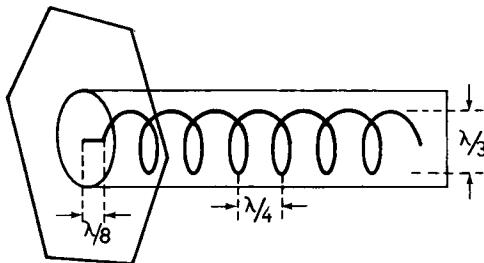
6.7 Ελικοειδής κεραία.

Η ελικοειδής κεραία αποτελείται από έναν αγωγό σχήματος στερεάς έλικας (σχ.

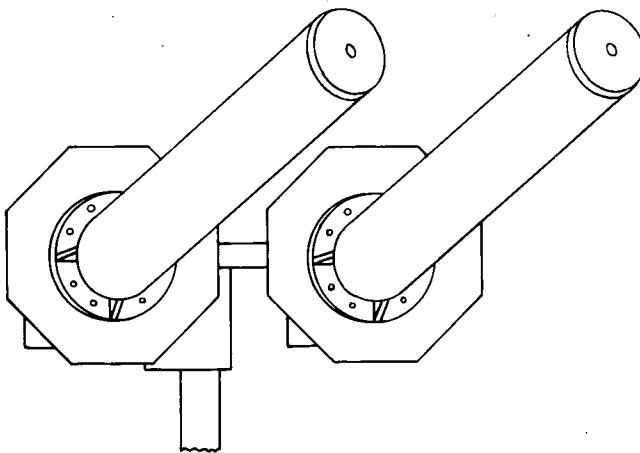
6.7α). Το βήμα της συνήθως είναι $\lambda/4$ και η διάμετρος των σπειρών $\lambda/3$. Ο αριθμός των σπειρών εξαρτάται από τις απαιτήσεις. Η έλικα τοποθετείται μπροστά από έναν ανακλαστήρα κάθετο στον άξονα της και σε απόσταση $\lambda/8$.

Συχνά η έλικα προστατεύεται με ένα κάλυμμα από μίγμα γυαλιού και πολυεστέρα.

Επειδή το κύμα στρέφεται γύρω από τον άξονα της έλικας, η πόλωση είναι κυκλική, δηλαδή το ακτινοβολούμενο πεδίο γυρίζει γύρω από τον άξονα διαδόσεως της ραδιοηλεκτρικής δέσμης. Η ιδιότητα αυτή είναι πολύτιμη σε περιπτώσεις λήψεως από κινούμενους δέκτες.



Σχ. 6.7α.
Ελικοειδής κεραία.



Σχ. 6.7β.
Εξωτερική μορφή δύο ελικοειδών κεραιών.

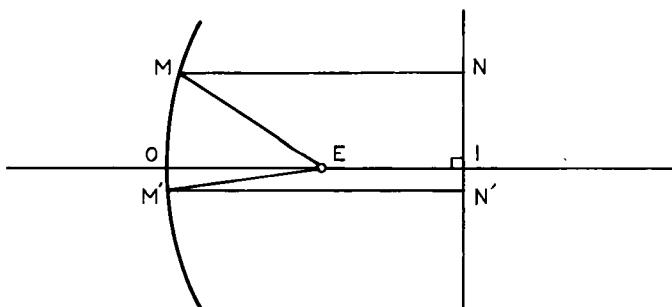
Ο τρόπος που η κεραία αυτή δημιουργεί κατευθυντικότητα και απολαβή δεν είναι απλός. Γενικά αναφέρομε ότι κάθε σπείρα μπορεί να θεωρηθεί ως ένα δίπολο. Αθροίζοντας την κατευθυντικότητα των διπόλων αυτών δημιουργείται τελικά η κατευθυντικότητα και η απολαβή της κεραίας.

Το πλάτος ζώνης της ελικοειδούς κεραίας είναι 20% της ονομαστικής συχνότητας. Η τροφοδότηση γίνεται με ομοαξονικό καλώδιο. Η απολαβή της κεραίας αυτής είναι της τάξεως των 15 dB. Με τη σύνδεση 2 ή 4 ελικοειδών κεραιών αυξάνει η απολαβή κατά 3 ή 6 dB αντίστοιχα (σχ. 6.7β). Η τροφοδότηση βέβαια των ελίκων πρέπει να είναι σε φάση.

Οι ελικοειδείς κεραίες χρησιμοποιούνται σε συχνότητες μεγαλύτερες από 300 MHz.

6.8 Κεραία με παραβολικό κάτοπτρο.

Ο παραβολικός ανακλαστήρας που χρησιμοποιείται στα δίκτυα μικροκυμάτων είναι ένα τρίγμα παραβολοειδούς από περιστροφή που περιορίζεται από ένα επίπεδο κάθετο στον άξονα. Στην εστία του παραβολοειδούς τοποθετείται ένα δίπολο σε συχνότητες από 400 MHz μέχρι 2 GHz περίπου ή μία χοανοειδής κεραία ή το στόμιο κυματοδηγού σε συχνότητες από 2 ή 3 GHz και επάνω. Σύμφωνα με τις γεωμετρικές ιδιότητες της παραβολής, κάθε ακτίνα που περνά από την εστία ανακλάται παράλληλα προς τον άξονα και αντίστροφα. Αυτό είναι που κάνει ενδιαφέροντα αυτόν τον τύπο του ανακλαστήρα. Για οποιοδήποτε σημείο M του κατόπτρου η πορεία EM + MN έχει το ίδιο μήκος με την πορεία EO + OI (σχ. 6.8a).



Σχ. 6.8a.
Παραβολική κεραία.

Μία δέσμη κωνική με κορυφή το E μετασχηματίζεται σε δέσμη παράλληλη και αντίστροφα.

Η επιφάνεια του ανακλαστήρα είναι γενικά πλήρης και ομαλή (ανοχή μικρότερη από το $\lambda/32$) για συχνότητες μεγαλύτερες από 1 GHz. Μπορεί όμως να είναι δικτυωτή ή διάτρητη για συχνότητες μικρότερες από 1 GHz.

Αν υποθέσουμε ότι η πηγή ήταν σημείο, η ενέργεια θα συγκεντρώνονταν σε ένα κύλινδρο που θα είχε για βάση τον κύκλο στον οποίο τελειώνει η ανακλώσα επιφάνεια. Επειδή το δίπολο δεν είναι σημείο, αλλά έχει διαστάσεις (μέγεθος $\lambda/2$) η ενέργεια δεν συγκεντρώνεται ακριβώς στην εστία, με αποτέλεσμα η ανακλώμενη δέσμη να μην είναι κύλινδρος, αλλά να έχει μορφή κώνου.

Η απολαβή των κεραιών με παραβολικά κάτοπτρα που λέγονται συχνά και παραβολικές κεραίες εξαρτάται από τη διάμετρο του κατόπτρου και τη συχνότητα. Την τιμή της απολαβής σε dB μας τη δίνει ο τύπος:

$$G = 18 + 20 \log D + 20 \log f$$

όπου: G η απολαβή της κεραίας σε dB

D η διάμετρος του κατόπτρου σε m και

f η συχνότητα σε GHz.

Παραδείγματα υπολογισμού απολαβής κεραίας σε dB.

— Κεραία διαμέτρου 3 m στη συχνότητα 2 GHz:

$$G = 18 + 20 \log 3 + 20 \log 2 = 18 + 15,6 = 33,6 \text{ dB}$$

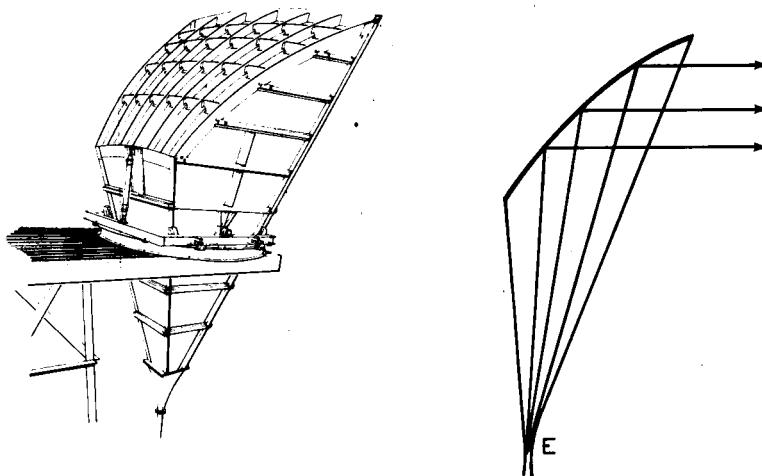
— Κεραία διαμέτρου 1 m στη συχνότητα 7 GHz.

$$G = 18 + 20 \log 1 + 20 \log 7 = 34,9 \text{ dB}$$

Εκτός από τον υπολογισμό, την απολαβή της κεραίας μπορούμε να την βρούμε εύκολα από το διάγραμμα 6.8.1: Αν συνδέσουμε με μια ευθεία γραμμή τη συχνότητα σε MHz στην πρώτη κλίμακα, με τη διάμετρο του κατόπτρου σε μέτρα ή πόδια στην τρίτη κλίμακα, το σημείο στο οποίο η γραμμή τέμνει τη μεσαία κλίμακα μας δίνει την απολαβή σε dB.

Οι παραβολικές κεραίες κατασκευάζονται σε πολλές διαμέτρους. Στα δίκτυα μικροκυμάτων συνήθως χρησιμοποιούνται κεραίες 1 - 3 m και σπανιότερα μικρότερης ή μεγαλύτερης διαμέτρου. Στα συστήματα τροποσφαιρικής σκεδάσεως οι κεραίες είναι συνήθως 10 m.

Το πλάτος ζώνης μιας παραβολικής κεραίας εξαρτάται, βασικά, από το στοιχείο ακτινοβολίας, γιατί ο ανακλαστήρας ενεργεί για ένα μεγάλο πλάτος συχνότητας ανεξάρτητα από τη συχνότητα.



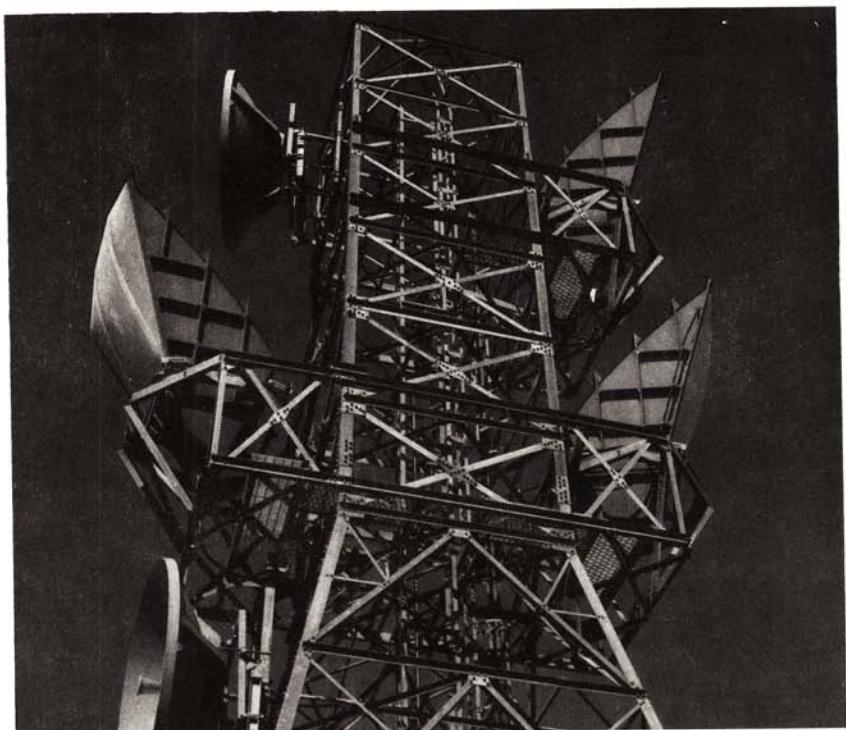
Σχ. 6.8β.
Κερατοειδής κεραία.

Μια άλλη μορφή κεραίας με παραβολικό ανακλαστήρα είναι η κερατοειδής κεραία (σχ. 6.8β). Η επιφάνειά της είναι επιφάνεια παραβολοειδούς στα πλάγια φέρει μεταλλικά καλύμματα και μπροστά κάλυμμα από διηλεκτρικό υλικό. Η κεραία αυτή χρησιμοποιείται για συχνότητες 3.600 MHz και επάνω.

Στα σχήματα 6.8γ και 6.8δ φαίνονται παραβολικές και κερατοειδείς κεραίες.

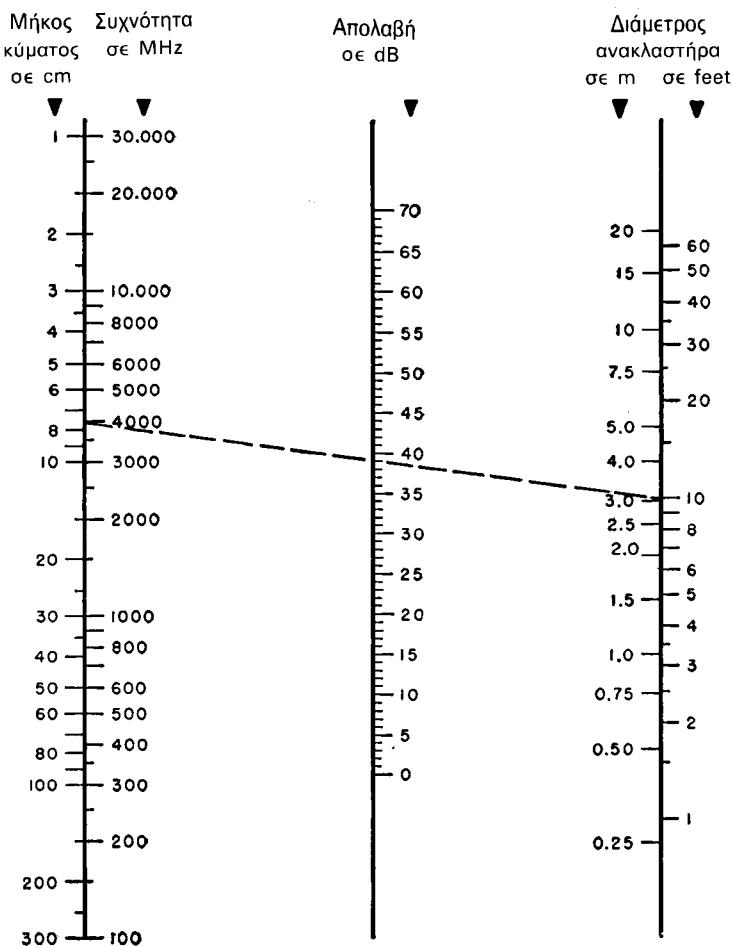


Σχ. 6.8γ.
Παραβολικές κεραίες σε σταθμό μικροκυμάτων.



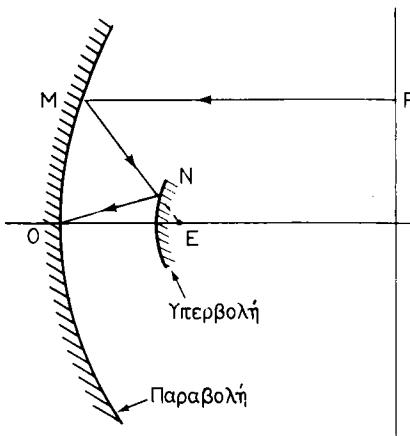
Σχ. 6.8δ.
Παραβολικές και κερατοειδείς κεραίες.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6.8.1.
Υπολογισμός απολαβής παραβολικών κεραιών



6.9 Κεραία Κασεγκρέιν (Cassegrain).

Ο τύπος αυτός κεραίας χρησιμοποιείται για δορυφορικές επικοινωνίες. Πρόκειται όπως φαίνεται στο σχήμα 6.9 για ένα σύστημα που αποτελείται από ένα μεγάλο ανακλαστήρα παραβολοειδούς από περιστροφή, όπως στις κεραίες με παραβολικό κάτοπτρο, και ένα μικρότερο με σχήμα υπερβολοειδούς από περιστροφή. Οι άξονες των δύο ανακλαστήρων συμπίπτουν ενώ οι δύο επιφάνειες στις οποίες γίνεται ανάκλαση βρίσκονται η μία απέναντι στην άλλη. Η μία από τις εστίες του υπερβολοειδούς ανακλαστήρα συμπίπτει με την εστία E του παραβολικού ανακλαστήρα, ενώ η άλλη εστία του υπερβολοειδούς βρίσκεται στην κορυφή O του παραβολικού ή πιο πέρα. Στην κορυφή O του παραβολικού ανακλαστήρα υπάρχει στό-



Σχ. 6.9.
Κεραία Κασεγκρέιν (Cassegrain).

μιο για να περνούν οι ακτίνες. Στο σχήμα υποτίθεται ότι η δεύτερη εστία του υπερβολοειδούς συμπίπτει με την κορυφή Ο.

Ας εξετάσομε την περίπτωση της λήψεως που η πορεία των ακτίνων φαίνεται καλύτερα. Τα ίδια ασφαλώς ισχύουν και για την εκπομπή.

Μία ακτίνα που έρχεται παράλληλα προς τον κοινό άξονα των δύο κατόπτρων ανακλάται στο Μ και θα έφθανε κανονικά στην εστία Ε. Συναντά όμως στο σημείο Ν το υπερβολοειδές κάτοπτρο, ανακλάται και οδηγείται στην κορυφή Ο που συμπίπτει και με την άλλη εστία του υπερβολοειδούς. Το μήκος της διαδρομής $PM + MN + NO$ αποδεικνύεται εύκολα ότι είναι σταθερό:

$$PM + ME = I_1 = \text{σταθερό από ιδιότητα της παραβολής.}$$

$$NO - NE = I_2 = \text{σταθερό από τον ορισμό της υπερβολής.}$$

$$MN = ME - NE$$

Άρα: $PM + MN + NO = PM + ME - NE + NE + I_2 = I_1 + I_2 = \text{σταθερό}$, πράγμα που σημαίνει ότι όλες οι ακτίνες που φθάνουν στό Ο έχουν την ίδια φάση. Έτσι έχομε συγκέντρωση των ακτίνων στην κορυφή Ο αντί στην εστία Ε.

Τα πλεονεκτήματα είναι δύο:

- Μικραίνει το άνοιγμα του κώνου των κυμάτων, δηλαδή έχομε μεγαλύτερη συγκέντρωση των ακτίνων που σημαίνει μεγαλύτερη απολαβή της κεραίας.
- Ο παραμετρικός ενισχυτής του δέκτη των δορυφορικών σταθμών εδάφους που λειτουργεί σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία, εύκολα τοποθετείται στον πύργο της κεραίας πίσω ακριβώς από την κορυφή του παραβολικού ανακλαστήρα και αποφεύγεται η σύνδεσή του με κυματοδηγό που αυξάνει το θόρυβο. Θα ήταν πολύ δύσκολο να εγκατασταθεί ο παραμετρικός ενισχυτής στην εστία Ε αν γινόταν εκεί η συγκέντρωση των ακτίνων.

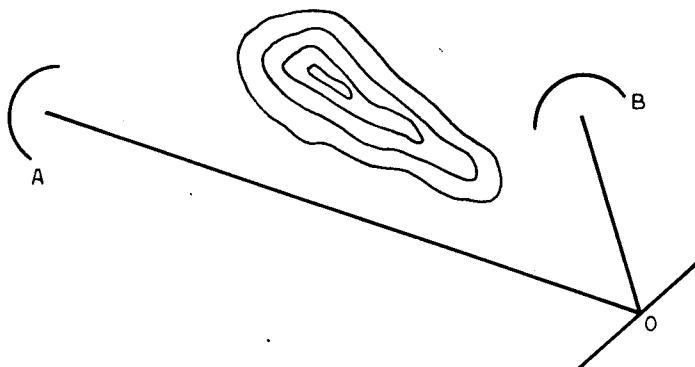
Κατασκευάζονται κεραίες αυτού του τύπου με διάμετρο 30 m περίπου και απολαβή γύρω στα 60 dB.

6.10 Παθητικό κάτοπτρο.

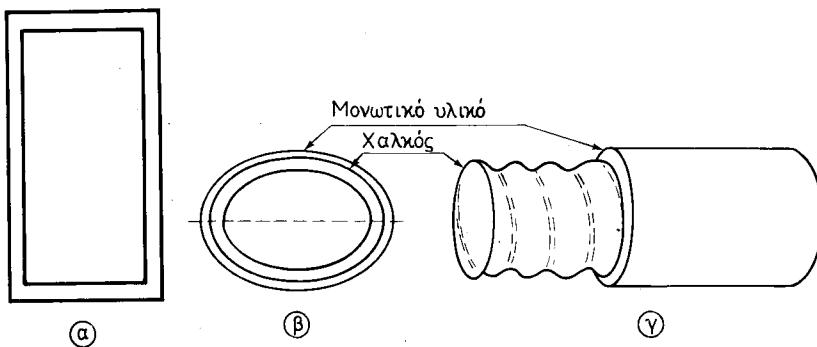
Το παθητικό κάτοπτρο είναι μια μεγάλη επίπεδη μεταλλική επιφάνεια χωρίς κα-

νένα ενεργό στοιχείο. Όταν στην επιφάνεια αυτή πέσει μία ηλεκτρομαγνητική δύναμη ανακλάται και αλλάζει πορεία.

Τα παθητικά κάτοπτρα χρησιμοποιούνται, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.10, ότι δύο σταθμοί μικροκυμάτων Α και Β βρίσκονται αρκετά κοντά, αλλά δεν έχουν πτική επαφή, επειδή υπάρχει ανάμεσά τους εμπόδιο. Με την τοποθέτηση του θητικού κατόπτρου σε κατάλληλη θέση παρακάμπτεται το εμπόδιο.



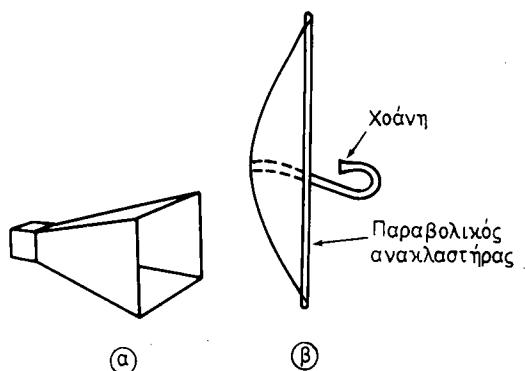
Σχ. 6.10.
Παθητικό κάτοπτρο.



Σχ. 6.11α.
Κυματοδηγοί. α) Ορθογωνικής τομής. β) και γ) Ελλειπτικής τομής.

6.11 Κυματοδηγοί — Χοάνη.

Σε συχνότητες μεγαλύτερες από 2 ή 3 GHz οι απώλειες στα ομοαξονικά καλώδια, ακόμα και σε εκείνα που είναι εξαιρετικής κατασκευής, είναι σημαντικές. Στη συχνότητα αυτή η σύνδεση των πομπών και δεκτών με τις κεραίες γίνεται με τους κυματοδηγούς. Οι κυματοδηγοί είναι αγωγοί κοίλοι (κούφιοι) μέσα από τους οποίους μπορούν να μεταβιβάζονται τα κύματα με πολύ μικρές απώλειες ακόμα και στις πολύ υψηλές συχνότητες. Η τομή τους μπορεί να είναι ορθογώνιο, κύκλος ή έλλειψη και πολύ σπάνια τετράγωνο, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.11a.

**Σχ. 6.11β.**

α) Χοάνη. β) Χοάνη τοποθετημένη σε παραβολική κεραία.

Η χοάνη συνδεόμενη με κυματοδηγό χρησιμοποιείται ως στοιχείο ακτινοβολίας σε συχνότητες μεγαλύτερες από 2 ή 3 GHz, όπως το δίπολο για συχνότητες 2 GHz και κάτω συνδεόμενο με ομοαξονικό καλώδιο.

Πρόκειται για μια μεταλλική πυραμίδα όπως δείχνει το σχήμα 6.11β (α) η τομή της οποίας από το ένα άκρο είναι ορθογώνια και ίση με την τομή του κυματοδηγού με τον οποίο συνδέεται, ενώ από το άλλο η τομή της είναι πολύ μεγαλύτερη και είναι ορθογώνια ή τετραγωνική. Το άκρο της χοάνης με τη μεγάλη τομή τοποθετείται στην εστία του κατόπτρου [σχ. 6.11β (β)].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ ΑΣΥΡΜΑΤΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

7.1 Ζεύξεις βραχέων κυμάτων.

7.1.1 Γενικά

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα της περιοχής των βραχέων κυμάτων (συχνότητες 3-30 MHz), ανακλώνται στην ιονόσφαιρα, μεταδίδονται σε μεγάλες αποστάσεις και καλύπτουν μεγάλες εκτάσεις. Οι διαθέσιμες όμως συχνότητες είναι περιορισμένες παρόλο που το φάσμα της ζώνης αυτής αξιοποιείται σήμερα καλύτερα από άλλοτε.

Η επικοινωνία μεγάλων αποστάσεων και ιδιαίτερα η διηπειρωτική, γινόταν παλιά, αποκλειστικά με συσκευές βραχέων κυμάτων. Σήμερα όμως έχουν αναπτυχθεί τα δίκτυα μικροκυμάτων, τα χερσαία και υποβρύχια καλώδια και τελευταία οι δορυφορικές επικοινωνίες που έχουν δυνατότητες πολύ περισσότερες και ποιότητα επικοινωνίας πολύ καλύτερη από τα συστήματα βραχέων κυμάτων. Για το λόγο αυτό τα βραχέα κύματα χρησιμοποιούνται πλέον, κυρίως για σύνδεση με περιοχές που δεν έχουν αναπτυχθεί τα άλλα είδη επικοινωνίας ή ως εφεδρικοί δρόμοι, αλλά κυρίως για την επικοινωνία με τα πλοία και τα αεροπλάνα.

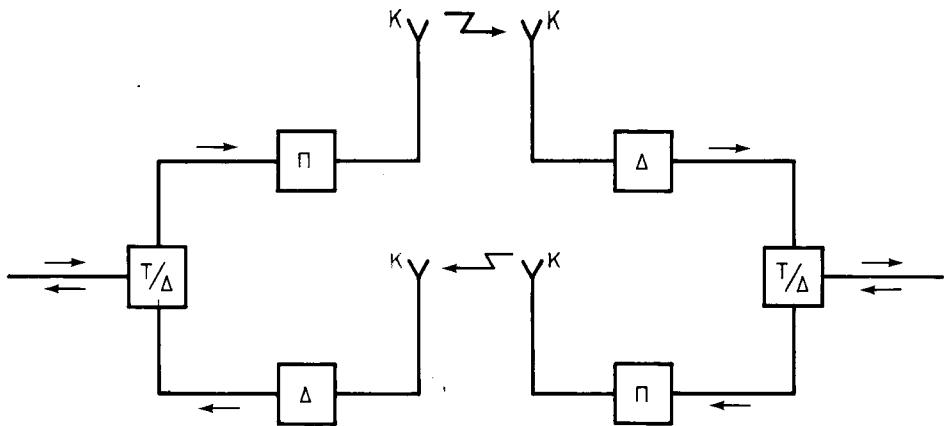
7.1.2 Βασικές συσκευές μιας συνδέσεως βραχέων κυμάτων.

Οι συσκευές βραχέων κυμάτων χρησιμοποιούν διαμόρφωση πλάτους, τα τελευταία μάλιστα χρόνια απλης πλευρικής ζώνης.

Σε μια τηλεπικοινωνιακή σύνδεση με βραχέα κύματα (σχ. 7.1a) υπάρχει ο πορόπος στον οποίο το σήμα ομιλίας διαμορφώνει μια υψηλή συχνότητα που λέγεται φέρον κύμα, η κεραία εκπομπής, που ακτινοβολεί ένα μεγάλο μέρος από την ενέργεια του φέροντος, η κεραία λήψεως, που λαμβάνει ένα μικρό ποσοστό από την ενέργεια που ακτινοβολείται στο χώρο κατά την εκπομπή, ο δέκτης, που επιλέγει από τα διάφορα κύματα το επιθυμητό φέρον κύμα και ξεχωρίζει από αυτό το σήμα ομιλίας και τέλος οι τερματικές διατάξεις. Οι ίδιες συσκευές βέβαια υπάρχουν και προς την αντίθετη κατεύθυνση.

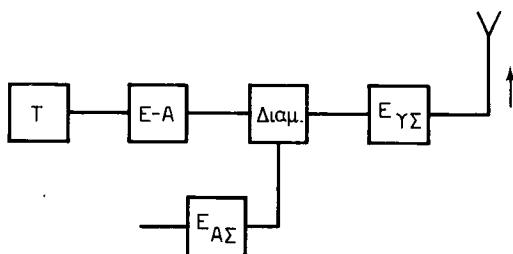
Η συχνότητα που χρησιμοποιείται στη μια κατεύθυνση είναι διαφορετική από τη συχνότητα που χρησιμοποιείται στην άλλη.

Στην επικοινωνία μεγάλων αποστάσεων, επειδή τα λαμβανόμενα σήματα παρουσιάζουν διαλείψεις, χρησιμοποιείται διαφορική λήψη χώρου και συχνότητας.



Σχ. 7.1α.

Ζεύξη βραχέων κυμάτων.

 Π = Πομπός. Δ = Δέκτης. K = Κεραία. T/Δ = Τερματική Διάταξη.

Σχ. 7.1β.

Βασική συγκρότηση πομπού βραχέων κυμάτων.

 T = Ταλαντωτής. $E - A$ = Ενισχυτής Υψηλής Συχνότητας – Απομονωτής. Διαμ. = Διαμορφωτής.
 $E_{A\Sigma}$ = Ενισχυτής Ακουστικής Συχνότητας. E_Σ = Ενισχυτής Υψηλής Συχνότητας.

7.1.3 Πομπός βραχέων κυμάτων.

Το σχήμα 7.1β δείχνει ένα συνοπτικό διάγραμμα πομπού βραχέων κυμάτων.

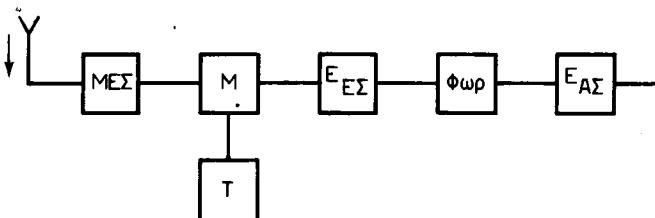
Η συχνότητα που θα εκπεμφθεί δημιουργείται στον ταλαντωτή, αλλά έχει χαμηλή στάθμη. Ακολουθεί ένας ενισχυτής υψηλής συχνότητας (ή και περισσότεροι), ο οποίος ενισχύει το σήμα και απομονώνει τον ταλαντωτή από το διαμορφωτή. Αν η συχνότητα που θα ακτινοβοληθεί είναι μεγαλύτερη από τη συχνότητα του ταλαντωτή, προβλέπεται στον ενισχυτή βαθμίδα που πολλαπλασιάζει τη συχνότητα του ταλαντωτή.

Ο ενισχυτής ακουστικής συχνότητας ενισχύει το σήμα ομιλίας το οποίο στη συνέχεια οδηγείται στο διαμορφωτή και διαμορφώνει την υψηλή συχνότητα. Σε αρκετές περιπτώσεις το διαμορφωμένο σήμα από την έξοδο του διαμορφωτή ενισχύεται από ένα ή και περισσότερους ενισχυτές ισχύος και οδηγείται στην κεραία για να ακτινοβοληθεί.

Η ισχύς εξόδου των πομπών είναι συχνά 1 kW ή και περισσότερο.

7.1.4 Δέκτης βραχέων κυμάτων.

Στο σχήμα 7.1γ φαίνεται ένα συνόπτικό διάγραμμα υπερετερόδυνου δέκτη βραχέων κυμάτων.



Σχ. 7.1γ.

Βασική συγκρότηση δέκτη βραχέων κυμάτων.

$M_{ΕΣ}$ = Μονάδα Επιλογής Συχνότητας. M = Μίκτης. T = Ταλαντωτής. $E_{ΕΣ}$ = Ενισχυτής Ενδιάμεσης Συχνότητας. $\Phiωρ$ = Φωρατής. $E_{ΑΣ}$ = Ενισχυτής Ακουστικής Συχνότητας.

Το εισερχόμενο από την κεραία σήμα εισάγεται στη μονάδα επιλογής συχνότητας που συντονίζει το δέκτη. Η μονάδα αυτή σε αρκετές περιπτώσεις περιλαμβάνει και βαθμίδα ενισχύσεως, επειδή το εισερχόμενο σήμα είναι συνήθως μικρό (ασθενές). Στο μίκτη, που λέγεται και αποδιαμορφωτής ή υποβιβαστής συχνότητας, το σήμα υψηλής συχνότητας μετατρέπεται σε μια ενδιάμεση συχνότητα με τη βοήθεια του τοπικού ταλαντωτή.

Η συχνότητα του τοπικού ταλαντωτή μεταβάλλεται κατά το συντονισμό του δέκτη μαζί με τη συχνότητα στην οποία συντονίζεται το κύκλωμα που επιλέγει τη συχνότητα λήψεως στην είσοδο του δέκτη έτσι, ώστε πάντα η διαφορά των δύο αυτών συχνοτήτων να είναι ίση με την ενδιάμεση συχνότητα.

Στη συνέχεια το σήμα ενδιάμεσης συχνότητας ενισχύεται και οδηγείται στο φωρατή από τον οποίο λαμβάνεται το σήμα χαρηλής συχνότητας που ενισχύεται από έναν ενισχυτή ακουστικής συχνότητας.

7.1.5 Τερματική διάταξη.

Στην τερματική διάταξη η δισύρματη επικοινωνία μετατρέπεται σε τετρασύρματη, που κατευθύνεται προς τον πλέοντα και το δέκτη, με τη βοήθεια διαφορικού μετασχηματιστή. Επίσης ρυθμίζονται από αυτήν οι στάθμες λήψεως και έχει και τις συσκευές μυστικότητας.

Επειδή τα σήματα που εκπέμπονται στα βραχέα κύματα, έστω και αν η εκπομπή είναι κατευθυνόμενη, μπορεί να ληφθούν σε πολλές περιοχές και με απλούς δέκτες, αρκετές φορές χρησιμοποιούνται συσκευές μυστικότητας οι οποίες χωρίζουν το φάσμα ομιλίας πριν να διαμορφώσει τον πομπό σε στενά φάσματα τα οποία στη συνέχεια αναμιγνύονται με κάποιο συνδυασμό και έτσι η ομιλία γίνεται ακατάλληλη. Στην πλευρά της λήψεως μετά τη φώραση γίνεται η αντίστροφη ακριβώς διαδικασία για να τοποθετηθούν πάλι τα τρύματα της ζώνης ομιλίας στην κανονική τους θέση.

Επειδή η ισχύς που ακτινοβολείται από την κεραία εκπομπής είναι μεγάλη και οι

δέκτες αρκετά ευαίσθητοι, για να αποφεύγεται η επίδραση της εκπομπής στη λήψη, ο σταθμός στον οποίο εγκαθίστανται οι πομποί, δηλαδή το κέντρο εκπομπής, βρίσκεται σε απόσταση χιλιομέτρων από το κέντρο λήψεως που είναι εγκαταστημένοι οι δέκτες.

Οι πομποί, δέκτες και τερματικές διατάξεις που αναφέραμε χρησιμοποιούνται στην τηλεφωνία. Υπάρχουν ανάλογες συσκευές και για την τηλεγραφία βραχέων κυμάτων.

7.2 Ζεύξεις υπερβραχέων κυμάτων.

Ένα σημαντικό τμήμα του φάσματος της περιοχής των υπερβραχέων κυμάτων (συχνότητες 30-300 MHz) χρησιμοποιείται για ραδιοφωνία και τηλεόραση. Ορισμένες περιοχές συχνότητας χρησιμοποιούνται για επικοινωνία μεταξύ σταθερών σημείων και άλλες για κινητή τηλεφωνία ξηράς καθώς και για επικοινωνία με σκάφη που βρίσκονται κοντά στις ακτές.

7.2.1 Πομποδέκτης υπερβραχέων κυμάτων.

Ο πομπός, ο δέκτης και οι άλλες βοηθητικές μονάδες των συσκευών που λειτουργούν στην περιοχή των υπερβραχέων κυμάτων βρίσκονται στο ίδιο ικρίωμα. Λειτουργούν με διαμόρφωση συχνότητας και η ισχύς εξόδου του πομπού αρχίζει από μερικά Watt μέχρι λίγες δεκάδες Watt. Είναι συνήθως συσκευές ενός τηλεφωνικού κυκλώματος. Οι κεραίες τους είναι επίπεδος ανακλαστήρας, δίεδρο ή Yagi. Χρησιμοποιούνται για επικοινωνία μεταξύ σημείων που έχουν μικρή τηλεπικοινωνιακή κίνηση. Οι συνδέσεις αυτές δεν χρησιμοποιούν σταθμούς αναμεταδόσεως, αλλά μόνο τερματικούς.

7.2.2 Κινητή τηλεφωνία.

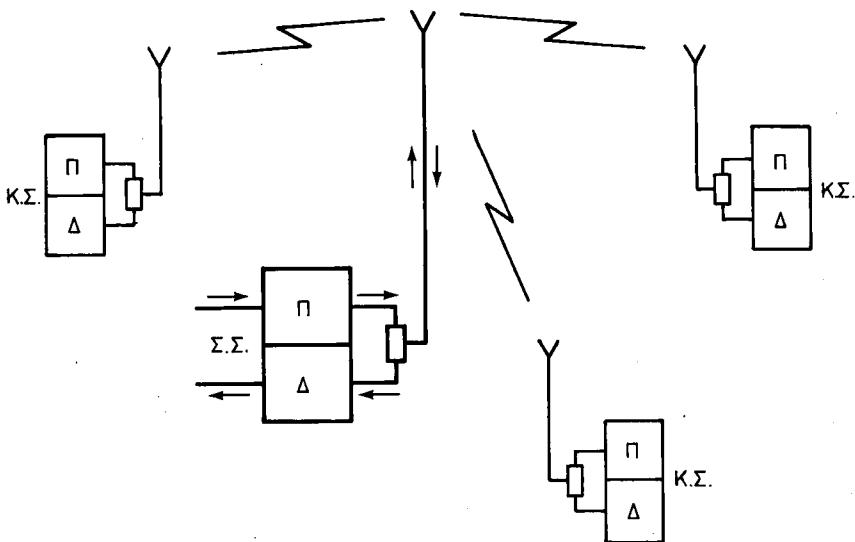
Το ειδος αυτό επικοινωνίας χρησιμοποιείται για να συνδέονται κινούμενα οχήματα, δηλαδή αυτοκίνητα, μοτοσυκλέτες κλπ., με σταθερούς σταθμούς ή και μεταξύ τους. Τέτοιες ανάγκες παρουσιάζονται στην Αστυνομία, στις Υπηρεσίες Πρώτων Βοηθειών, στην Πυροσβεστική, στα ταξί, καθώς και σε ιδιώτες.

Η κινητή τηλεφωνία χρησιμοποιεί ορισμένα τμήματα του φάσματος από 30 ως 470 MHz που έχουν εκχωρηθεί για το σκοπό αυτό. Εκτός από την περιοχή δηλαδή των υπερβραχέων κυμάτων επεκτείνεται και στο κάτω τμήμα της περιοχής των μικροκυμάτων. Επίσης γίνονται δοκιμές για τη χρησιμοποίηση και των περιοχών των 850 MHz, επειδή οι διαθέσιμες ζώνες είναι ανεπαρκείς.

Το σύστημα αποτελείται από τους σταθερούς σταθμούς που είναι μεγάλοι και εγκαθίστανται σε υψηλά σημεία για να καλύπτουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερη περιοχή και από τους κινητούς σταθμούς των οχημάτων που είναι μικροί. Σε ορισμένες περιπτώσεις ένας κινητός σταθμός μπορεί μέσω του σταθερού σταθμού να διασυνδεθεί και με τους συνδρομητές του τηλεπικοινωνιακού δικτύου της χώρας.

Τόσο ο σταθερός σταθμός όσο και οι κινητοί αποτελούνται από πομπό και δέκτη που λειτουργούν με διαμόρφωση συχνότητας, την κεραία και τις τερματικές διατάξεις που έχουν το μικρόφωνο, το ακουστικό ή μεγάφωνο και άλλες βοηθητικές μονάδες.

Ο σταθερός σταθμός (σχ. 7.2) επικοινωνεί με πολλούς κινητούς σταθμούς που



Σχ. 7.2.

Σύστημα κινητής τηλεφωνίας.

ΣΣ = Σταθερός Σταθμός. ΚΣ = Κινητός Σταθμός. Π = Πομπός. Δ = Δέκτης.

βρίσκονται σε διάφορες θέσεις γύρω του, και γι' αυτό η κεραία του είναι υπολογι-
σμένη για να εκπέμπει και να λαμβάνει πρας όλες τις κατεύθυνσεις.

Το ίδιο βέβαια ισχύει και για τους κινητούς, γιατί τα οχήματα όταν κινούνται, αλ-
λάζουν συνεχώς προσανατολισμό προς το σταθερό σταθμό.

Το είδος αυτό επικοινωνίας παρουσιάζει αρκετές δυσκολίες, γιατί τα οχήματα
βρίσκονται συχνά σε στενούς δρόμους ανάμεσα σε ψηλά κτίρια και δημιουργούν-
ται προβλήματα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων ιδιαίτερα όταν χρη-
σιμοποιούνται οι μεγαλύτερες περιοχές της ζώνης που αναφέραμε προηγουμένως.

Επειδή το φάσμα συχνοτήτων είναι περιορισμένο και οι απαιτήσεις μεγάλες, η
απόσταση μεταξύ των καναλιών από 100 kHz, που ήταν παλιότερα, έχει περιορι-
σθεί πολύ, μέχρι 12,5 kHz, χάρη στην κατασκευή τελειοτέρων συσκευών.

Τρόπος λειτουργίας.

Κατά την επικοινωνία έχομε δύο κατεύθυνσεις ομιλίας, τη μία από το σταθερό
σταθμό, που είναι και ο κεντρικός, προς τους κινητούς και την άλλη από τους κινη-
τούς προς το σταθερό.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι λειτουργίας:

α) Οι δύο συνδρομητές του συστήματος, δηλαδή του σταθερού και του κινητού
να μπορούν να μιλούν ταυτόχρονα (ντούπλεξ). Στον τρόπο αυτό χρειάζονται δύο
διαφορετικές συχνότητες εκπομπής, μία για κάθε κατεύθυνση.

β) Όταν ο ένας από τους δύο συνδρομητές ομιλεί ο άλλος μόνο ακούει. Όταν
σταματήσει να ομιλεί ο πρώτος με κατάλληλο χειρισμό ένας κουμπιό μπορεί να
μιλήσει ο άλλος, ενώ τότε ο πρώτος μπορεί μόνο να ακούει (σίμπλεξ). Η επικοινω-
νία δηλαδή δεν είναι ταυτόχρονη. Για τον τρόπο αυτό φθάνει μια συχνότητα και
για τις δύο κατεύθυνσεις που χρησιμοποιείται άλλοτε για την εκπομπή προς τη μία
κατεύθυνση και άλλοτε προς την άλλη.

Υπάρχουν και άλλοι τρόποι που προκύπτουν από το συνδυασμό των δύο προηγουμένων. Κατά ένα μεγάλο ποσοστό χρησιμοποιείται η μη ταυτόχρονη επικοινωνία (σίμπλεξ), αλλά με δύο συχνότητες. Το μειονέκτημα του χειρισμού του κουμπιού για να μιλήσει ο συνδρομητής δεν είναι τόσο μεγάλο και αν μάλιστα ο κεντρικός σταθμός θέλει να επικοινωνεί συγχρόνως με πολλούς κινητούς, τότε η διαδικασία επικοινωνίας γίνεται πιο απλή. Επίσης ο τρόπος αυτός επιτρέπει τη χρησιμοποίηση μεγαφώνων αντί για μικροτηλέφωνα. Στον κεντρικό σταθμό η επικοινωνία είναι ταυτόχρονη και έτσι είναι δυνατόν να επικοινωνούν, όταν χρειάζεται, δύο κινητοί μεταξύ τους μέσω του σταθερού που στην περίπτωση αυτή παίζει το ρόλο σταθμού αναμεταδόσεως.

Στα συστήματα που χρησιμοποιούνται για σύνδεση με ιδιώτες υπάρχει ειδική πρόβλεψη στις τερματικές συσκευές ώστε κατά το διάστημα που ένας οποιοσδήποτε από τους κινητούς έχει συνδεθεί με τον κεντρικό και συνομιλεί μαζί του ή μέσω αυτού με κάποιο συνδρομητή του τηλεπικοινωνιακού δικτύου της χώρας, απομονώνονται οι άλλοι κινητοί και δεν ακούνε τη συνδιάλεξη.

7.2.3 Συστήματα Τηλεειδοποιήσεως.

Επειδή υπάρχει σοβαρός περιορισμός του φάσματος συχνοτήτων, δεν πρέπει να περιμένομε ότι η κινητή τηλεφωνία θα αναπτυχθεί σε μεγάλη έκταση. Υπάρχει όμως ένα άλλο σύστημα, που μπορεί να καλύψει το μεγαλύτερο μέρος από τις ανάγκες και δεν χρειάζεται μεγάλο εύρος του φάσματος συχνοτήτων. Αυτό είναι το σύστημα τηλεειδοποιήσεως, που ήδη λειτουργεί σε μερικές χώρες.

Η διάρθρωσή του είναι όμοια με της κινητής τηλεφωνίας, με τη διαφορά ότι ο σταθερός σταθμός έχει μόνο πομπό και δεν έχει δέκτη, ενώ οι συσκευές των συνδρομητών του συστήματος δεν έχουν πομπό, αλλά αποτελούνται από ένα μικρό δέκτη που μπορεί να τοποθετηθεί στο αυτοκίνητο. Ο δέκτης αυτός ενεργοποιείται, όταν λάβει το κωδικοποιημένο σήμα που προέρχεται από συνδυασμό ακουστικών συχνοτήτων και ανάβει ένα λαμπάκι. Με τον τρόπο αυτό ειδοποιείται ο συνδρομητής, ότι τον αναζητούν και από τον πρώτο τηλεφωνικό θάλαμο, που θα συναντήσει, επικοινωνεί τηλεφωνικώς. Έτσι με μια συχνότητα εκπομπής μπορεί να ξυπηρετηθούν πολλές χιλιάδες συνδρομητές.

Το σύστημα δεν έχει ακόμα τυποποιηθεί, αλλά οι ενδείξεις είναι ότι θα εξελιχθεί και θα αναπτυχθεί στο μέλλον.

7.3 Ραδιοηλεκτρικά Δίκτυα.

Τα Ραδιοηλεκτρικά (Ρ/Η) Δίκτυα ή Δίκτυα Μικροκυμάτων, όπως και τα άλλα συστήματα, δηλαδή τα περιοχικά και ομοαξονικά καλώδια που ήδη περιγράφαμε, μεταβιβάζουν φάσμα φερεσύχνων που περιέχει μεγάλο αριθμό τηλεφωνικών κυκλωμάτων. Η διαφορά είναι ότι τους τερματικούς σταθμούς με τους ενδιάμεσους ενισχυτές δεν τους συνδέουν αγωγοί, αλλά τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που διαδίδονται μέσα στον ελεύθερο χώρο. Τα Ρ/Η δίκτυα έχουν αναπτυχθεί και διαδοθεί πολύ. Η επιλογή βέβαια του ενός ή του άλλου συστήματος εξαρτάται από οικονομικούς, γεωγραφικούς και άλλους παράγοντες.

Τα δίκτυα μικροκυμάτων λειτουργούν στη ζώνη συχνοτήτων από 900 MHz και επάνω και περιλαμβάνουν τα συστήματα οπτικής με τα οποία και θα ασχο-

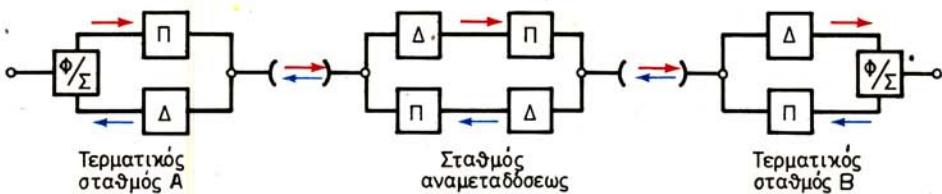
ληθούμε και τα πέραν από τον ορίζοντα τροποσφαιρικά συστήματα που θα τα αναφέρομε στο τέλος του κεφαλαίου. Η Διεθνής Συμβουλευτική Επιτροπή Ραδιοεπικοινωνιών CCIR έχει καθορίσει τις ζώνες του φάσματος συχνοτήτων στις οποίες λειτουργούν αυτά τα δίκτυα.

Σήμερα λειτουργούν ραδιοηλεκτρικά δίκτυα στην περιοχή συχνοτήτων των 2, 4, 6, 7 και 8 GHz. Πειραματικά λειτουργούν δίκτυα στην περιοχή των 11 GHz και επάνω, αλλά η βροχή στις συχνότητες αυτές προκαλεί μια πρόσθετη εξασθένηση.

Οι χωρητικότητες των P/H δίκτυών είναι των 120, 300, 600, 960, 1800 και 2700 τηλεφωνικών κυκλωμάτων. Τα συστήματα που έχουν τις τρεις τελευταίες χωρητικότητες λέγονται συστήματα ευρείας ζώνης και μπορούν να μεταβιβάζουν και πρόγραμμα τηλεοράσεως.

7.3.1 Τεχνική των ραδιοηλεκτρικών δίκτυων.

Κάθε P/H δίκτυο έχει δύο τερματικούς σταθμούς στα άκρα και έναν αριθμό σταθμών αναμεταδόσεως που βρίσκονται ανάμεσα στους τερματικούς.



Σχ. 7.3α.

Βασική διάρθρωση ενός ραδιοηλεκτρικού δίκτυου με τους δύο τερματικούς σταθμούς και ένα σταθμό αναμεταδόσεως. Π = Πομπός. Δ = Δέκτης. Φ/Σ = Φερέσυχνα Συστήματα.

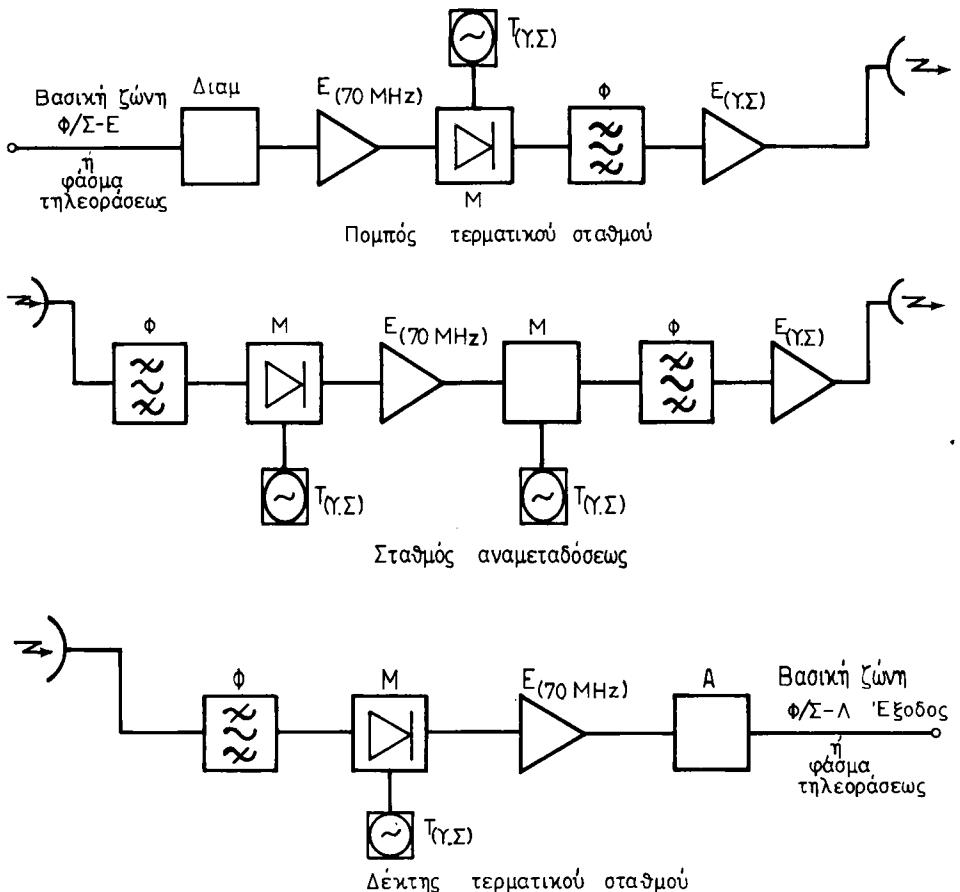
Όπως δείχνει το σχήμα 7.3α στο οποίο φαίνεται η αρχή λειτουργίας, υπάρχει άλλο κανάλι υψηλής συχνότητας για τήν εκπομπή από τον τερματικό Α προς τον Β και άλλο κανάλι από τον Β προς τον Α, αλλά χρησιμοποιείται η ίδια κεραία και για τις δύο κατευθύνσεις. Τα δύο αυτά κανάλια μαζί αποτελούν την αρτηρία.

Θα περιγράψουμε λίγο αναλυτικότερα τη λειτουργία ενός καναλιού ευρείας ζώνης μιας κατευθύνσεως στην περιοχή των 6 GHz κατάλληλου για τηλεφωνία και μεταβίβαση τηλεοράσεως. Τα ίδια ακριβώς ισχύουν και για τα P/H κανάλια της άλλης κατευθύνσεως.

7.3.2 Πομπός τερματικού σταθμού.

Η ζώνη συχνοτήτων που προέρχεται από το Φερέσυχνο Σύστημα (Φ/Σ) εκπομπής που λέγεται και βασική ζώνη ή το φάσμα τηλεοράσεως (σχ. 7.3β) οδηγείται στο διαμορφωτή και διαμορφώνει κατά συχνότητα μια συχνότητα 70 MHz. Η συχνότητα αυτή συνιστάται από τη CCIR και λέγεται ενδιάμεση συχνότητα.

Το σήμα αυτό ενισχύεται και ακολούθως μετατρέπεται σε συχνότητα εκπομπής με τη βοήθεια τοπικού ταλαντωτή και μίκτη κρυστάλλου. Η έξοδος του μίκτη έχει δύο πλευρικές ζώνες, η μία από τις οποίες διακόπτεται με φίλτρο. Το σήμα στή σύνεχεια οδηγείται στον ενισχυτή ισχύος και από εκεί, μέσω του κυματοδηγού, στην



Σχ. 7.3β.

Συγκρότηση πομπού τερματικού σταθμού, δέκτη και σταθμού αναμεταδόσεως ενός ραδιοηλεκτρικού δικτύου. $\Phi/\Sigma - E$ = Φερέσυχνα Εκπομπής. $\Phi/\Sigma - \Lambda$ = Φερέσυχνα Λήψεως. Διαμ. = Διαμορφωτής. A = Αποδιαμοφωτής. Φ = Φίλτρο. E = Ενισχυτής. T = Ταλαντωτής. $\Upsilon\Sigma$ = Υψηλή Συχνότητα. M = Μίκτης.

κεραία για να εκπεμφθεί προς τον απέναντι σταθμό.

Η ισχύς εξόδου του πομπού είναι συνήθως 1-5 W.

7.3.3 Σταθμός αναμεταδόσεως.

Το σήμα λήψεως που προέρχεται από την κεραία δια του κυματοδηγού (σχ. 7.3β) περνάει από ένα φίλτρο και στη συνέχεια μετατρέπεται στην ενδιάμεση συχνότητα 70 MHz με τη βοήθεια μίκτη και τοπικού ταλαντωτή. Ακολούθως ενισχύεται και με μίκτη - τοπικό ταλαντωτή μετατρέπεται πάλι σε υψηλή συχνότητα με μια μετατόπιση από τη συχνότητα εισόδου κατά 252 MHz (βλέπε παράγρ. 7.3.5, κατανομή συχνοτήτων).

Στη συνέχεια περνάει από φίλτρο, ενισχυτή και μέσω κυματοδηγού στην κεραία για να εκπεμφθεί προς τον επόμενο σταθμό. Δηλαδή στο σταθμό αναμεταδόσεως έχομε μετατόπιση της συχνότητας του σήματος που λαμβάνεται από τον προηγού-

μενο και μεγάλη ενίσχυση του σήματος για να εκπεμφθεί δια μέσου της κεραίας και να φθάσει σε ικανοποιητική στάθμη στον επόμενο σταθμό.

Οι σταθμοί αναμεταδόσεως απέχουν συνήθως από τους τερματικούς και μεταξύ τους 40-50 km. Στα δίκτυα που χρησιμοποιούν συχνότητες 2 GHz, οι αποστάσεις μεταξύ των σταθμών είναι μεγαλύτερες από τις αποστάσεις των σταθμών στα δίκτυα που χρησιμοποιούν υψηλότερες συχνότητες, π.χ. 6 GHz.

Ο σταθμός αναμεταδόσεως που περιγράφηκε με μετατροπή της υψηλής συχνότητας στην ενδιάμεση, είναι ο πιο συνηθισμένος. Υπάρχουν όμως και σταθμοί που αποδιαμορφώνουν το σήμα στη ζώνη φερεσύχνων (βασική ζώνη). Οι σταθμοί αυτοί χρησιμοποιούνται κυρίως στα σημεία που γίνεται διακλάδωση του P/H δικτύου για τη σύνδεση μιας περιοχής κατά μήκος του δικτύου. Ένας σταθμός διακλαδώσεως έχει εξοπλισμό τριών (ή περισσοτέρων) τερματικών σταθμών.

Στο σχήμα 7.3γ φαίνεται πύργος μικροκυμάτων του ΟΤΕ στον οποίο είναι εγκατεστημένες οι συσκευές των ραδιοηλεκτρικών δικτύων και οι πομποί τηλεοράσεως.



Σχ. 7.3γ.

Πύργος σταθμού μικροκυμάτων του ΟΤΕ στον οποίο στεγάζονται οι συσκευές των ραδιοηλεκτρικών δικτύων και οι πομποί τηλεοράσεως. Διακρίνονται οι παραβολικές κεραίες των P/H δικτύων και η κεραία τηλεοράσεως στην κορυφή.

7.3.4 Δέκτης τερματικού σταθμού.

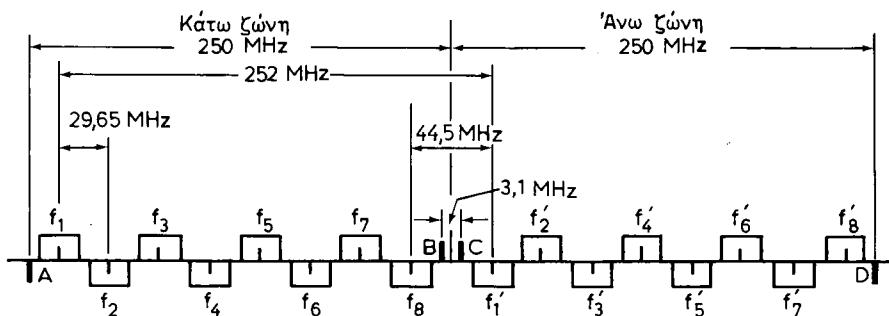
Το σήμα λήψεως που έρχεται από την κεραία μέσω του κυματοδηγού (σχ. 7.3β) περνάει από φίλτρο και ακολούθως μετατρέπεται, όπως στο σταθμό αναμεταδόσεως, μέσω μίκτη και τοπικού ταλαντωτή στην ενδιάμεση συχνότητα 70 MHz, ενισχύεται και με τον αποδιαμορφωτή μετατρέπεται στη βασική ζώνη των φερεσύχνων ή στο φάσμα τηλεοράσεων.

Με κατάλληλες διατάξεις συνδυασμού και φίλτρα διαχωρισμού καναλιών, είναι δυνατό να συνδυάσουμε στην εκπομπή ή να διαχωρίσουμε στη λήψη αρκετά κανάλια, όπως αυτό που περιγράφαμε, σε μία κεραία. Έτσι σε μία παραβολική κεραία, είναι δυνατό να συνδεθούν μέχρι 4 πομποί και 4 δέκτες που να λειτουργούν στην ίδια περιοχή συχνοτήτων.

7.3.5 Κατανομή συχνοτήτων.

Η CCIR έχει καθορίσει την κατανομή των συχνοτήτων στις διάφορες περιοχές συχνότητας από 2 ως 11 GHz για P/H δίκτυα με διάφορες χωρητικότητες.

Για την περίπτωση του δικτύου ευρείας ζώνης, που εξετάσαμε, το οποίο λειτουργεί στην περιοχή των 6 GHz, η κατανομή φαίνεται στο σχήμα 7.3δ.



Σχ. 7.3δ.

Κατανομή συχνοτήτων στην περιοχή 5925–6425 MHz για την παράθεση 8 αρτηριών.

Η περιοχή αυτή έχει εύρος 500 MHz (5925 – 6425 MHz) και χωρίζεται σε δύο ζώνες, την επάνω και την κάτω ζώνη, από 250 MHz κάθε μια.

Η κεντρική συχνότητα είναι 6175 MHz. Κάθε ζώνη περιέχει 8 P/H κανάλια που το ένα απέχει από το γειτονικό του 29,65 MHz. Όλες οι συχνότητες εκπομπής σε κάθε σταθμό ανήκουν στην ίδια ζώνη και όλες οι συχνότητες λήψεως στην άλλη. Δηλαδή, αν οι συχνότητες εκπομπής f_1 – f_8 ανήκουν στην κάτω ζώνη, τότε όλες οι συχνότητες λήψεως f'_1 – f'_8 θα ανήκουν στην επάνω. Για να διαχωρίζονται καλύτερα τα P/H κανάλια, κάθε ένα χρησιμοποιεί διαφορετική πόλωση από το γειτονικό του. Δηλαδή αν το ένα χρησιμοποιεί οριζόντια, το γειτονικό χρησιμοποιεί κατακόρυφη. Ανάμεσα στη ζώνη εκπομπής και λήψεως υπάρχει ένα κενό 44,5 MHz για να αποφεύγεται η επίδραση των πομπών στους δέκτες.

Μια συχνότητα της επάνω ζώνης είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη συχνότητα της κάτω ζώνης κατά 252 MHz. Έτσι σε ένα σταθμό αναμεταδόσεως η συ-

χνότητα λήψεως μετατοπίζεται κατά 252 MHz και σχηματίζεται η αντίστοιχη συχνότητα εκπομπής.

7.3.6 Εφεδρική και υπηρεσιακή αρτηρία.

Κάθε δίκτυο εκτός από τις αρτηρίες κανονικής λειτουργίας έχει και μία ακόμη αρτηρία που χρησιμοποιείται ως εφεδρική. Αν πάρομε ως παράδειγμα, ένα δίκτυο που έχει δύο αρτηρίες για τηλεφωνία και μία για μεταβίβαση προγράμματος τηλεοράσεως, θα έχει και μία τέταρτη αρτηρία εφεδρική στις τρεις άλλες.

Η αρτηρία αυτή με σύστημα αυτόματης μεταγωγής που υπάρχει στους τερματικούς σταθμούς αντικαθιστά ταχύτατα όποια από τις άλλες πάθει ανωμαλία και έτσι περιορίζεται ο χρόνος διακοπών.

Επίσης στα μεγάλα δίκτυα υπάρχει και μία βοηθητική αρτηρία στενής ζώνης που χρησιμοποιεί τις συχνότητες A, B, C και D του σχήματος 7.3δ.

Με την υπηρεσιακή αρτηρία εξασφαλίζεται η επικοινωνία μεταξύ των σταθμών και μεταβιβάζονται τα σήματα τα σχετικά με τη μεταγωγή, την τηλεπίβλεψη και τη-λεχειρισμό των σταθμών αναμεταδόσεως από τους τερματικούς.

7.3.7 Ηλεκτροδότηση σταθμών.

Οι σταθμοί των δικτύων μικροκυμάτων ρευματοδοτούνται από το εθνικό δίκτυο, της ΔΕΗ για τη χώρα μας. Εγκαθίστανται όμως στους σταθμούς εφεδρικά η-λεκτροπαραγωγά ζεύγη με σύστημα αδιάλειπτης λειτουργίας που εξασφαλίζουν συνεχή και σταθερή παροχή ρεύματος και όταν ακόμη διακοπεί ή παρουσιάζει διακυμάνσεις το εθνικό δίκτυο ρευματοδοτήσεως.

7.3.8 Ζεύξεις τροποσφαιρικής σκεδάσεως.

Με τα τηλεπικοινωνιακά συστήματα τροποσφαιρικής σκεδάσεως μπορούν να συνδεθούν με μικροκύματα της περιοχής συχνοτήτων 900 MHz ως 3 GHz (ή και 5 GHz), που διαδίδονται δια μέσου της τροπόσφαιρας, σημεία που απέχουν 100 ως 1000 km και επομένως δεν έχουν οπτική επαφή.

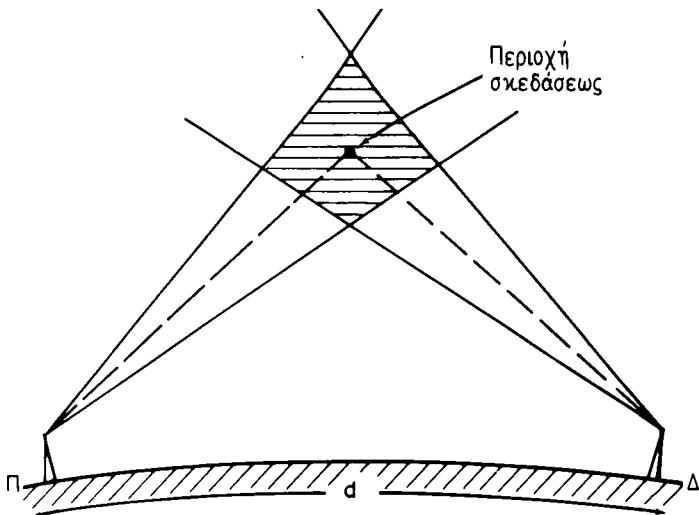
Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται όταν τα σημεία, που θέλομε να συνδέσομε, βρίσκονται στις αποστάσεις που αναφέραμε προηγουμένως και ανάμεσά τους υπάρχει θάλασσα ή ξηρά που το έδαφός της δεν είναι εύκολα προσιτό και δεν συμφέρει οικονομικά η εγκατάσταση σταθμών αναμεταδόσεως.

Το μειονέκτημά τους είναι ότι χρειάζονται μεγάλη ισχύ εκπομπής, ευαίσθητους δέκτες και μεγάλες κεραίες.

Η σκέδαση των ακτίνων (σχ. 7.3ε) οφείλεται στη διαταραχή της περιοχής αυτής της ατμόσφαιρας που λέγεται τροπόσφαιρα, χωρίς όμως να είναι ακριβώς γνωστός ο μηχανισμός. Οι σχεδιασμοί των τροποσφαιρικών δικτύων βασίζονται περισσότερο σε πειραματικά παρά σε θεωρητικά δεδομένα.

Επειδή το φαινόμενο των διαλείψεων είναι έντονο, στις τροποσφαιρικές ζεύξεις χρησιμοποιείται συνδυασμός διαφορικής λήψεως συχνότητας και χώρου.

Οι συσκευές των πέραν από τον ορίζοντα συστημάτων είναι κατ' αρχήν όμοιες με τις συσκευές των δικτύων οπτικής επαφής, μέ τη διαφορά ότι στους πομπούς υπάρχει ένας μεγάλος ενισχυτής ισχύος 1 kW, ο δέκτης έχει στην είσοδό του έναν



Σχ. 7.3ε.
Τροποσφαιρική σκέδαση.

πολύ ευαίσθητο ενισχυτή και οι κεραίες έχουν διάμετρο 10 m. Η χωρητικότητά τους είναι 60 - 300 κυκλώματα και χρησιμοποιούν φερέσυχνα συστήματα.

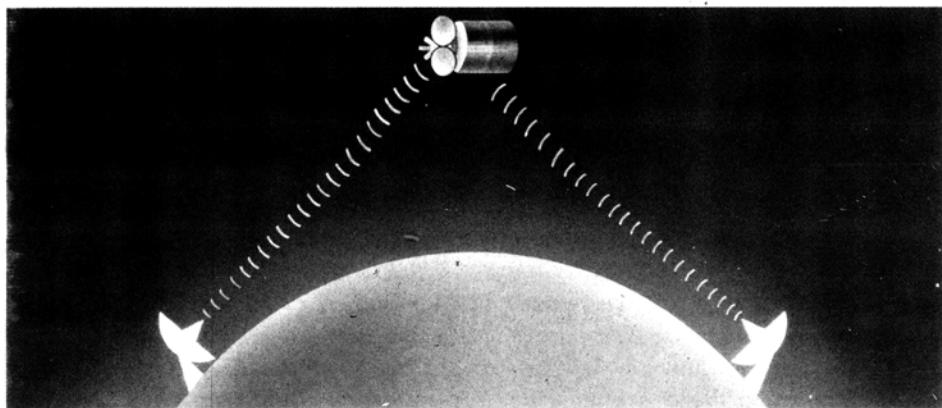
7.4 Δορυφορικές επικοινωνίες.

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί οι τηλεπικοινωνίες μέσω δορυφόρων οι οποίες παρουσίασαν μια ραγδαία εξέλιξη και χρησιμοποιούνται κυρίως για τη σύνδεση σημείων που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση, αλλά σε αρκετές περιπτώσεις και σημείων που η απόστασή τους δεν είναι πολύ μεγάλη, αλλά υπάρχουν διάφορα εμπόδια μεταξύ τους, όπως ζουγκλές, έρημοι κλπ., που κάνουν εξαιρετικά δύσκολη τη σύνδεσή τους με επίγεια μέσα.

7.4.1 Αρχή λειτουργίας.

Μια δορυφορική σύνδεση αποτελείται, όπως φαίνεται στο σχήμα 7.4a από το δορυφόρο και τους σταθμούς εδάφους. Από τεχνικής πλευράς οι δορυφορικές ζεύξεις μοιάζουν με τις συνδέσεις των δικτύων μικροκυμάτων οπτικής επαφής όπου οι επίγειοι σταθμοί αντιστοιχούν με τερματικούς σταθμούς και ο δορυφόρος με σταθμό αναμεταδόσεως.

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο των ραδιοηλεκτρικών δικτύων, η απόσταση από σταθμό σε σταθμό είναι συνήθως 40 - 50 χιλιόμετρα. Η επαύξηση της απόστασης μεταξύ των σταθμών προσκρούει στην καμπυλότητα της γης. Για να εξασφαλισθεί η οπτική επαφή πρέπει οι σταθμοί να τοποθετούνται σε υψηλότερα σημεία και οι κεραίες τους σε μεγάλους ιστούς. Εκτός από αυτό όσο μεγαλώνει η απόσταση, οι αυξομειώσεις του λαμβάνομενου σήματος, που οφείλονται στο ότι από τους δέκτες λαμβάνονται εκτός από το κατευθείαν κύμα και άλλα, μετά από ανάκλαση στη θάλασσα ή το έδαφος και περίθλαση και είναι γνωστές ως διαλεί-



Σχ. 7.4α.
Τηλεπικοινωνιακή δορυφορική ζεύξη.

ψεις, γίνονται πιο έντονες. Οι αυξομειώσεις αυτές στις μικρές αποστάσεις αντιμετωπίζονται με τα γνωστά συστήματα διαφορικής λήψεως και με αυτόματη ρύθμιση στάθμης.

Οι δυσκολίες αυτές, από ένα όριο αποστάσεως και πέρα, το οποίο κυμαίνεται από 50 ως 100 χιλιόμετρα, δεν μπορούν να αντιμετωπισθούν. Για το λόγο αυτό αν ανάμεσα στα σημεία που επιθυμούμε να συνδέσουμε υπάρχει ξηρά, τοποθετούνται σταθμοί αναμεταδόσεως. Αν όμως υπάρχει θάλασσα, όπως μεταξύ Ευρώπης και Αμερικής, τότε η επικοινωνία με μικροκύματα δεν είναι δυνατή. Για να υπάρχει μεταξύ των δύο αυτών Ηπείρων μικροκυματική σύνδεση θα έπρεπε να τοποθετηθεί στον Ατλαντικό* ωκεανό και στο μέσο περίπου της αποστάσεώς τους, ένας ιστός ύψους αρκετών εκατοντάδων χιλιομέτρων, πράγμα που φυσικά δεν είναι τεχνικά δυνατό. Κάτι τέτοιο όμως γίνεται με το δορυφόρο (σχ. 7.4α). Ο δορυφόρος στην πραγματικότητα είναι ένας σταθμός αναμεταδόσεως ο οποίος αντί να είναι τοποθετημένος σε υψηλό ιστό, βρίσκεται στο χώρο και μάλιστα σε ένα πολύ μεγαλύτερο ύψος και αποφεύγονται έτσι και τα φαινόμενα των διαλείψεων.

7.4.2 Ιστορικό.

Οι πρώτοι τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι ήταν παθητικοί, αποτελούνταν δηλαδή από μεγάλα μπαλόνια χωρίς ηλεκτρονικές διατάξεις που ανακλούσαν στην επιφάνειά τους τα σήματα που προέρχονταν από ισχυρούς επίγειους σταθμούς. Τέτοιοι δορυφόροι ήταν οι ΗΧΩ (ECHO 1 και 2) και άρχισαν να εκτοξεύονται από το 1960. Οι ΗΧΩ ήταν πειραματικοί. Το 1962 εκτοξεύθηκε ο Telstar που ήταν ενεργός, δηλαδή έφερε ηλεκτρονικές διατάξεις που ενίσχυαν το σήμα που λάβαινε από το έδαφος και χρησιμοποιήθηκε για τη μετάδοση προγράμματος τηλεοράσεως.

Στις 6 Απριλίου 1965 εκτοξεύθηκε πάνω από τον Ατλαντικό Ωκεανό ο πρώτος τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος του διεθνούς οργανισμού δορυφορικών τηλεπικοινωνιών INTELSAT που ιδρύθηκε το 1964. Ο δορυφόρος αυτός ήταν ενεργός και είχε τη δυνατότητα να μεταβιβάζει 240 τηλεφωνικά κυκλώματα και πρόγραμμα τη-

λεοράσεως. Η εκμετάλλευσή του άρχισε στις 28 Ιουνίου 1965 και ονομάσθηκε INTELSAT I (ή πρώιμο πουλί).

Από τότε ο Οργανισμός INTELSAT χρησιμοποίησε τις σειρές δορυφόρων II, III, IV, IV-A, και V που η χωρητικότητά τους αυξάνονταν συνεχώς. Οι δορυφόροι της σειράς V έχουν χωρητικότητα 12.000 τηλεφωνικών κυκλωμάτων και δύο κανάλια τηλεοράσεως.

Το σχετικά νέο τούτο είδος επικοινωνίας αναπτύχθηκε πολύ γρήγορα χάρη στα τεχνικά και οικονομικά του πλεονεκτήματα. Σήμερα, μετέχουν στο διεθνές σύστημα INTELSAT οι περισσότερες χώρες του κόσμου.

Εκτός από την επικοινωνία μεταξύ σταθερών σημείων ξηράς, άρχισε η χρησιμοποίηση των δορυφορικών ζεύξεων και για την επικοινωνία με τα πλοία με την εγκατάσταση στα πλοία σταθμών με κεραίες μικρής διαμέτρου.

7.4.3 Τροχιά δορυφόρων.

Ο χρόνος περιφοράς ενός δορυφόρου που κινείται σε κυκλική τροχιά γύρω από τη γη, δηλαδή η περίοδος, εξαρτάται, κατά τη Μηχανική, από τη μάζα της γης, τη μάζα του δορυφόρου και την απόσταση από το κέντρο βαρύτητας της γης. Επειδή όμως η μάζα του δορυφόρου είναι εξαιρετικά μικρή σε σύγκριση με τη μάζα της γης, η περίοδος εξαρτάται ουσιαστικά από την απόσταση. Από τον υπολογισμό προκύπτει ότι δορυφόρος που βρίσκεται σε ύψος 36.000 km από την επιφάνεια της γης έχει περίοδο 24 ώρες. Επομένως αν βρίσκεται στο ύψος των 36.000 km και περιστρέφεται στο επίπεδο του Ισημερινού της γης προς ανατολάς θα είναι ως προς την επιφάνεια της γης ακίνητος και θα φαίνεται πάντοτε από τις ίδιες περιοχές της γης. Οι δορυφόροι αυτοί λέγονται **γεωστατικοί**. Επειδή όμως στην πράξη δεν είναι τελείως ακίνητοι ως πρός τη γη λέγονται **σύγχρονοι**. Όταν όμως έχουν περίοδο διαφορετική από τη διάρκεια περιστροφής της γης λέγονται **ασύγχρονοι**.

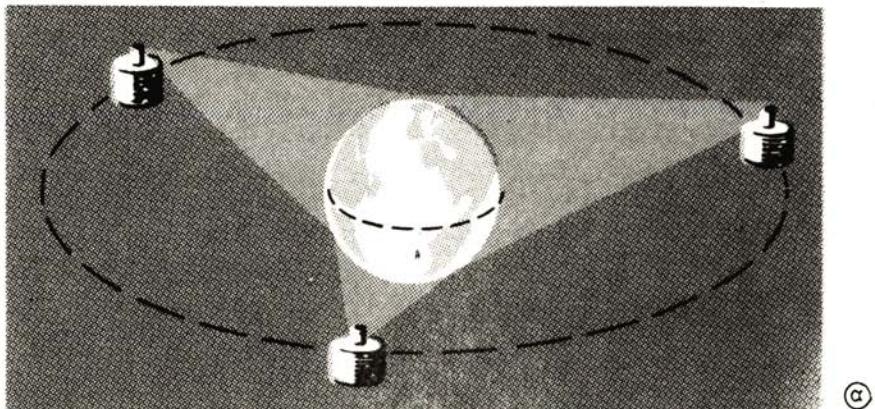
Οι ασύγχρονοι, επειδή ανατέλλουν και δύουν, έχουν το σοβαρό μειονέκτημα ότι απαιτούν για τη συνεχή επικοινωνία μεγάλο αριθμό δορυφόρων ώστε πριν δύσει ο ορατός να ανατέλλει άλλος. Επίσης σε κάθε σταθμό εδάφους πρέπει να υπάρχουν δύο κεραίες, η μία να επικοινωνεί με το δορυφόρο που δύει και η άλλη με εκείνον που ανατέλλει.

Οι πρώτοι πειραματικοί τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι ήταν ασύγχρονοι. Σήμερα από τον οργανισμό INTELSAT χρησιμοποιούνται σύγχρονοι δορυφόροι που βρίσκονται στο επίπεδο του Ισημερινού [σχ. 7.4β (α)]. Από ένα σύγχρονο δορυφόρο η γη φαίνεται από κώνο γωνίας 17°.

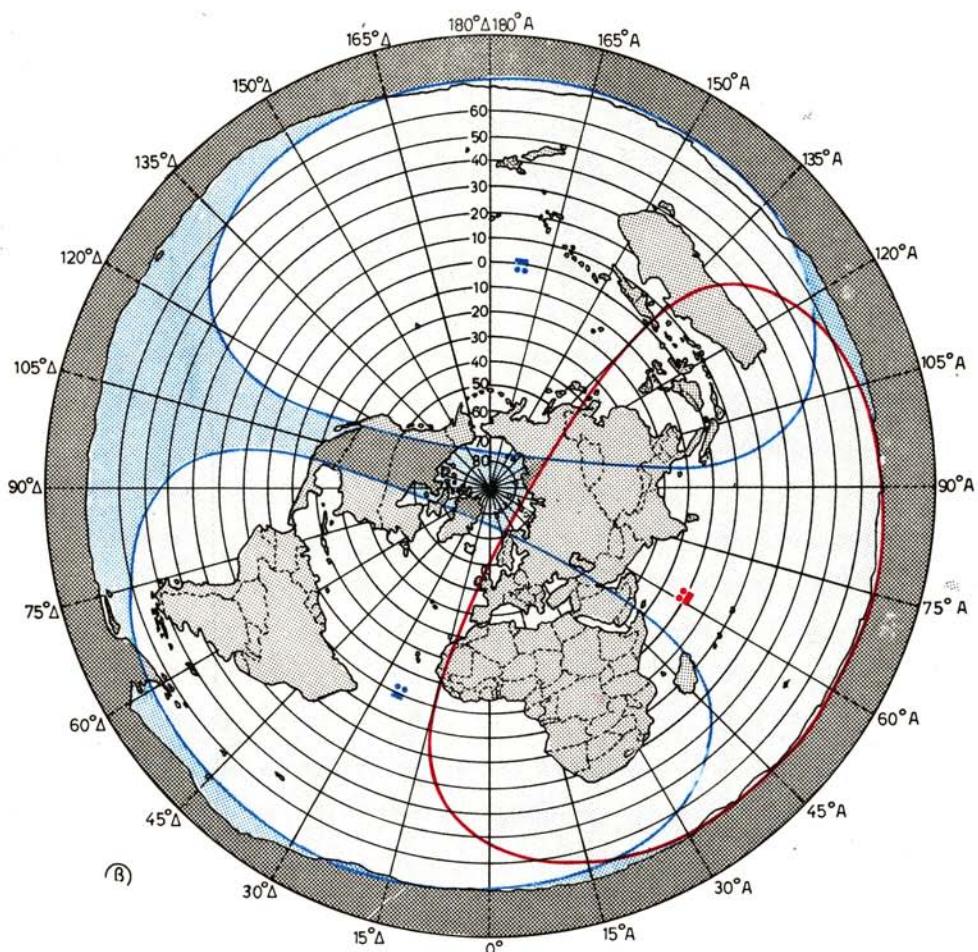
Άν τρεις σύγχρονοι δορυφόροι τροχιοθετηθούν στο επίπεδο του Ισημερινού σε κατάλληλες θέσεις, μπορούν να καλύψουν ολόκληρη την υδρόγειο, εκτός από δύο περιοχές στους δύο πόλους, όπως φαίνεται στο σχήμα 7.4β (α) και (β). Οι θέσεις αυτές είναι πάνω από τους τρεις ακεανούς, Ατλαντικό, Ειρηνικό και Ινδικό. Από την Ελλάδα είναι ορατοί οι δορυφόροι του Ατλαντικού και του Ινδικού ακεανού.

7.4.4 Τροχιοθέτηση δορυφόρων.

Η τοποθέτηση δορυφόρου στην τροχιά του γίνεται όπως φαίνεται παραστατικά



(C)

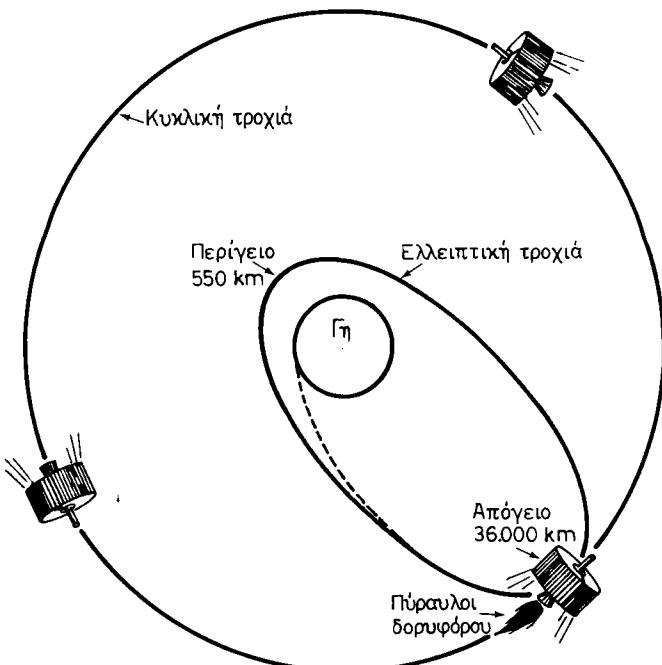


(B)

Σχ. 7.4β.

Τρεις σύγχρονοι δορυφόροι καλύπτουν σχεδόν ολόκληρη την υδρόγειο.

στο σχήμα 7.4γ. Από τη γη εκτοξεύεται ο δορυφόρος με πύραυλο. Όταν ο πύραυλος φθάσει στο ύψος των 36.000 km αποχωρίζεται και μένει ο δορυφόρος ο οποίος λόγω της ταχύτητας που έχει και της έλξεως της γης, εκτελεί ελλειπτική τροχιά, στη μία εστία της οποίας βρίσκεται η γη, με απόγειο 36.000 km περίπου και περίγειο 550 km. Με τηλεχειρισμό, ο οποίος γίνεται από τη γη, πυροδοτούνται μικροί πύραυλοι που έχει ο δορυφόρος τη στιγμή που βρίσκεται στο απόγειο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να τεθεί ο δορυφόρος σε τροχιά που είναι περίπου κυκλική και λόγω του ύψους, έχει περίοδο 24 ώρες. Χάρη στην ταχύτητα που έχει ο δορυφόρος και στην κεντρομόλο δύναμη που τον έλκει προς τη γη εξακολουθεί να περιφέρεται στην κυκλική τροχιά, χωρίς να χρειάζεται κάποια άλλη δύναμη προωθήσεως και επομένως καύσιμα, επειδή στα ύψη αυτά δεν υπάρχουν τριβές.



Σχ. 7.4γ.
Τοποθέτηση σύγχρονου δορυφόρου στην τροχιά του.

Η πράξη έδειξε ότι η θέση του δορυφόρου ως προς τη γη δεν είναι σταθερή, αλλά μεταβάλλεται, γιατί επιδρά η έλξη της σελήνης, του ήλιου και η πίεση ακτινοβολίας.

Κατά διαστήματα γίνεται μικρή διόρθωση της τροχιάς με τη βοήθεια των πυραύλων που έχει ο δορυφόρος για το σκοπό αυτό. Τέλος σημειώνεται ότι ο δορυφόρος περιστρέφεται γύρω από τον άξονά του.

7.4.5 Συγκρότηση δορυφόρου.

Ο δορυφόρος ενεργεί ως σταθμός αναμεταδόσεως των σημάτων, που λαμβά-

νει ταυτόχρονα από πολλούς σταθμούς εδάφους, τα οποία είναι στην περιοχή των 6 GHz, αλλά σε διαφορετικές συχνότητες από κάθε σταθμό. Τα σήματα αυτά τα ενισχύει και τα επανεκπέμπει προς όλους τους σταθμούς στην περιοχή των 4 GHz, δηλαδή με μια μετατόπιση συχνότητας προς τα κάτω. Κάθε σταθμός εδάφους επιλέγει από όλο αυτό το φάσμα που λαμβάνει από το δορυφόρο, τις ζώνες εκείνες συχνοτήτων που περιέχουν τα σήματα που προέρχονται από τους σταθμούς με τους οποίους έχει επικοινωνία και προορίζονται γι' αυτόν.

Η χρησιμοποιούμενη περιοχή συχνότητας είναι:

5925 - 6425 MHz από τη γη προς το δορυφόρο.

3700 - 4200 MHz από το δορυφόρο προς τη γη.

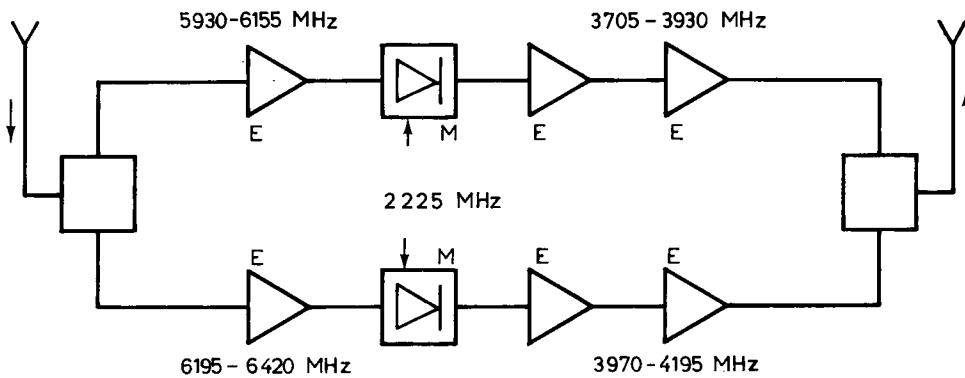
Στον INTELSAT V εκτός από την περιοχή αυτή χρησιμοποιείται και η περιοχή 14/11 GHz.

Ένας τηλεπικονωνιακός δορυφόρος αποτελείται από:

- Τις κεραίες.
- Τους αναμεταβιβαστές.
- Τις διατάξεις πληροφοριών ελέγχου και τηλεχειρισμών.
- Το σύστημα ρευματοδοτήσεως.

Ο δορυφόρος έχει κεραίες που λειτουργούν στην περιοχή των μικροκυμάτων με διάγραμμα ακτινοβολίας κατευθυνόμενο προς τη γη για να μην ακτινοβολείται ενέργεια προς το χώρο. Εκτός από τις κεραίες αυτές, που είναι οι κεραίες του ως σταθμού αναμεταδόσεως, έχει και κεραίες βραχέων και υπερβραχέων κυμάτων για την παρακολούθησή του και την οδήγησή του από τη γη.

Ένα απλοποιημένο διάγραμμα του δορυφόρου INTELSAT III παριστάνεται στο σχήμα 7.4δ. Ο δορυφόρος αυτός έχει δύο αναμεταβιβαστές των 2225 MHz που χρησιμοποιούν την ίδια κεραία με γωνία δέσμης 17°.



Σχ. 7.4δ.

Διάγραμμα δορυφόρου INTELSAT III με τις συχνότητες λειτουργίας των δύο αναμεταβιβαστών.

E = Ενισχυτής, M = Μίκτης.

Η κεραία του δορυφόρου λαμβάνει το σήμα που προέρχεται από το σταθμό εδάφους και είναι στην περιοχή συχνότητας των 6 GHz. Το σήμα αυτό ενισχύεται από τους ενισχυτές των αναμεταβιβαστών και στη συνέχεια με τη βοήθεια της συχνότητας 2225 MHz γίνεται μετατόπιση συχνότητας στην περιοχή των 4 GHz. Μετά από δύο στάδια ενισχύσεως το σήμα επανεκπέμπεται από την κεραία. Στο

σχήμα αναγράφονται οι περιοχές συχνότητας στις οποίες λειτουργεί καθένας από τους δύο αναμεταβιβαστές που έχει ο δορυφόρος αυτός. Οι αναμεταβιβαστές δηλαδή ενισχύουν το λαμβανόμενο σήμα κατά 104 dB και μετατοπίζουν τη συχνότητά του από τους 6 GHz στους 4 GHz.

Ο δορυφόρος INTELSAT IV χρησιμοποιεί 12 αναμεταβιβαστές των 36 MHz.

Με τις διατάξεις πληροφοριών ελέγχου και τηλεχειρισμού, οι οποίες όμως δεν έχουν απεικονισθεί στο διάγραμμα, δίνονται οι πληροφορίες από το δορυφόρο σχετικά με τη λειτουργική του κατάσταση, σήματα για να προσανατολίζονται οι κεραίες των σταθμών εδάφους προς το δορυφόρο και γίνεται η διόρθωση της τροχιάς του.

Οι ηλεκτρονικές συσκευές του δορυφόρου πρέπει να έχουν μικρό βάρος, μικρές διαστάσεις, μικρή κατανάλωση ρεύματος, εξαιρετική πιστότητα και να μην παθαίνουν εύκολα βλάβες. Για το λόγο αυτό τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι ειδικής επιλογής και δοκιμάζονται σε αυστηρές συνθήκες μηχανικής, θερμικής και ηλεκτρικής καταπονήσεως.

Η ρευματοδότηση του δορυφόρου γίνεται από φωτοστοιχεία που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Τα φωτοστοιχεία αυτά στις γενιές των δορυφόρων μέχρι του INTELSAT IV εκάλυπταν την εξωτερική επιφάνεια του δορυφόρου, στον INTELSAT V δωματίουνται σε μεγάλα πτερύγια. Για να προστατεύονται τα φωτοστοιχεία από κτυπήματα ξένων σωματείων φέρουν διαφανές κάλυμμα. Υπάρχουν επίσης και συσσωρευτές μέσα στο δορυφόρο που φορτίζονται από τα φωτοστοιχεία και τροφοδοτούν με ρεύμα το δορυφόρο όταν βρίσκεται στη σκιά της γης και επομένως δεν φωτίζεται από τον ήλιο. Στο σχήμα 7.4ε φαίνονται ο INTELSAT I, ο πρώτος τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος που χρησιμοποιήθηκε στην κανονική εκμετάλλευση και οι νεώτεροι INTELSAT IV, IV A, και V.

7.4.6 Συγκρότηση σταθμού εδάφους.

Ένας σταθμός εδάφους αποτελείται από:

- Την κεραία.
- Τις ραδιοηλεκτρικές συσκευές.
- Το σύστημα ελέγχου.
- Τις συσκευές ρευματοδοτήσεως.

Στους δορυφορικούς σταθμούς εδάφους χρησιμοποιούνται **κεραίες Καστεγκρέιν** (*Cassegrain*) που περιγράφηκαν στο κεφάλαιο για τις κεραίες. Ο τρόπος στηρίζεως είναι τέτοιος που να μπορεί η κεραία να περιστρέφεται κατά αζιμούθιο και καθ' ύψος. Αυτό είναι αναγκαίο για πολλούς λόγους. Οι κεραίες εγκαθίστανται σε διάφορα γεωγραφικά μήκη και πλάτη. Επομένως οι γωνίες σκοπεύσεως προς το δορυφόρο είναι διαφορετικές. Άλλα και στον ίδιο σταθμό, άλλη είναι η γωνία σκοπεύσεως προς το δορυφόρο του ενδός ακεανού και άλλη προς το δορυφόρο του άλλου. Για την Ελλάδα π.χ. άλλη η γωνία προς το δορυφόρο του Ατλαντικού και άλλη προς εκείνον του Ινδικού.

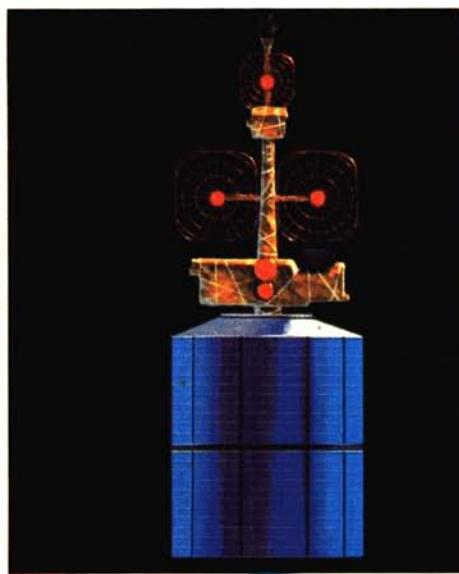
Άλλα και ο δορυφόρος, όπως είπαμε, δεν μένει τελείως ακίνητος. Επομένως η κεραία πρέπει να περιστρέφεται για να τον παρακολουθεί. Τέλος, στις σπάνιες περιπτώσεις που η ταχύτητα του ανέμου είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα για την οποία έχει υπολογισθεί η κεραία, κατά το διάστημα αυτό μπορεί να τοποθετηθεί η κεραία στη θέση αναπαύσεως με τον ανακλαστήρα προς τα επάνω για να μην καταστραφεί.



I



IV

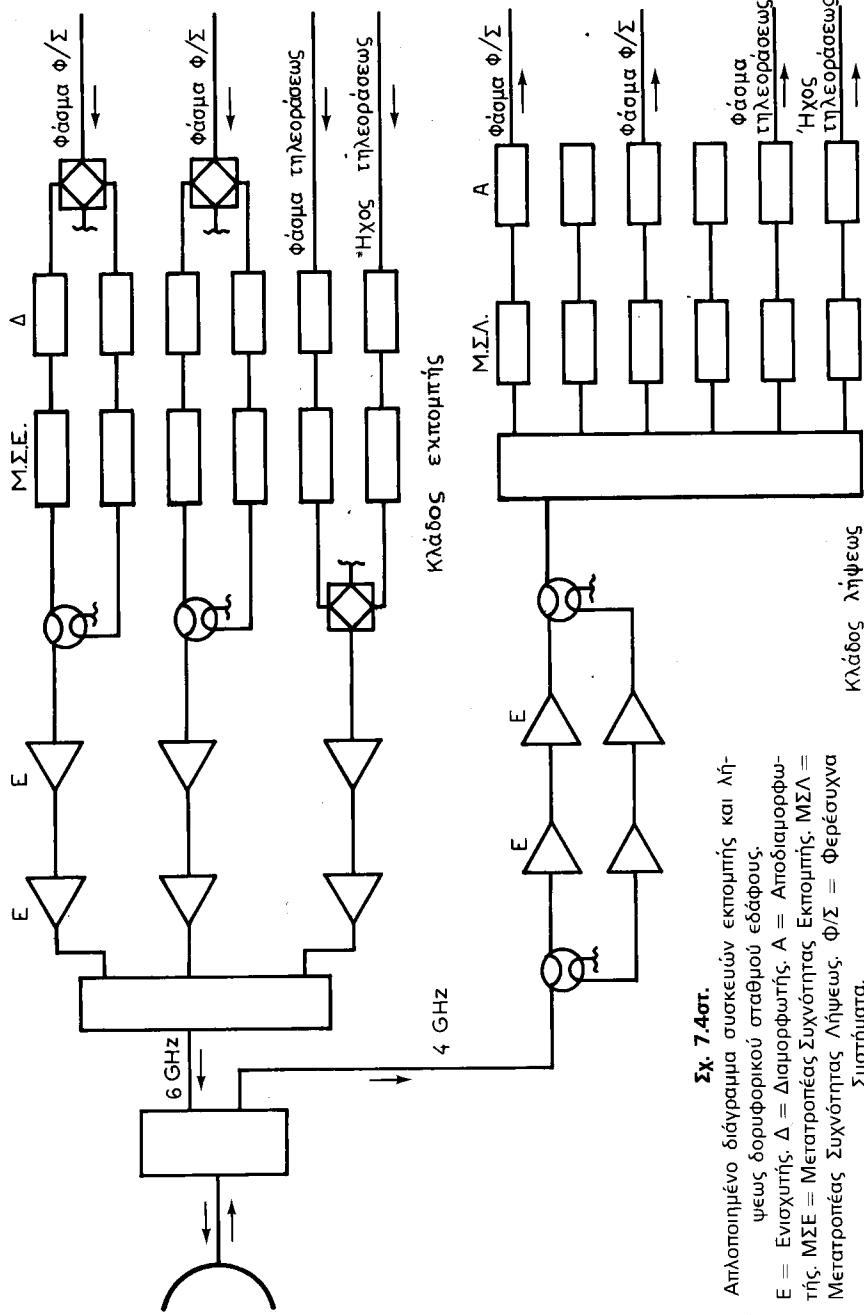


IV-A



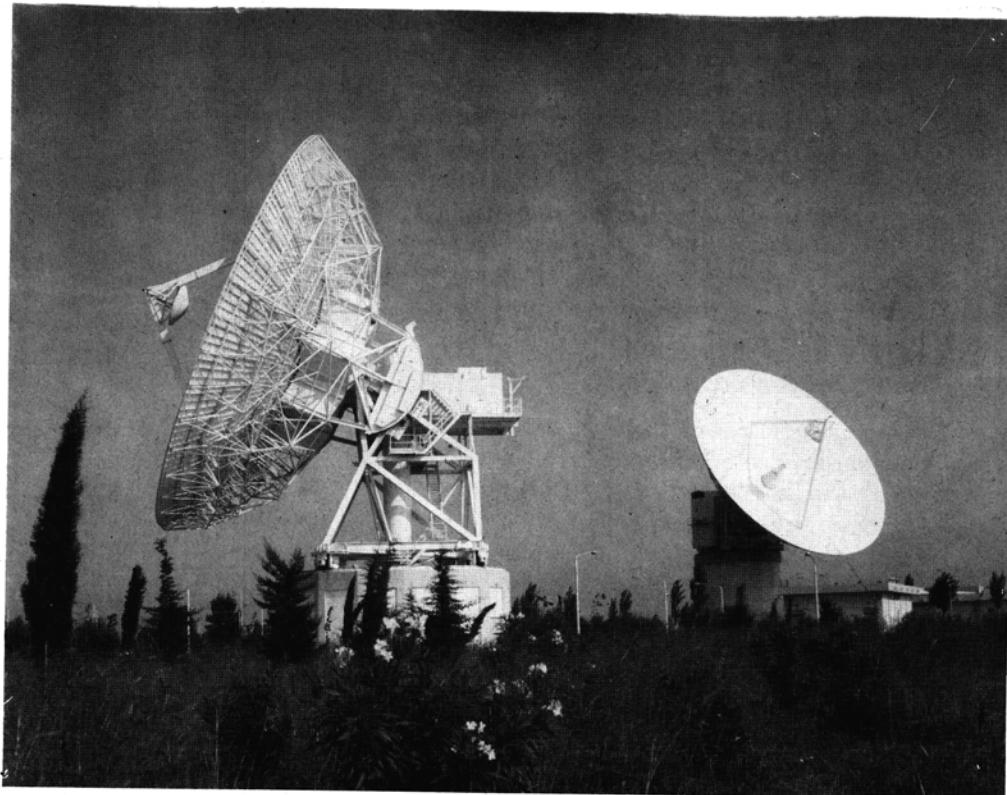
V

Σχ. 7.4ε.
Τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι INTELSAT I, IV, IV-A και V.



Σχ. 7.4στ.
Απλοποιημένο διάγραμμα συσκευών εκπομπής και λήψεως δορυφορικού σταθμού εδάφους.
 $E =$ Ενισχυτής, $\Delta =$ Διαμορφωτής, $A =$ Αποδιαμορφωτής, $M\Sigma =$ Μετατροπέας συχνότητας, $Eκπομπής$, $M\Sigma =$ Φερέσυχτα, $\Phi/\Sigma =$ Μετατροπέας συχνότητας ληψεως, $\Phi/\Sigma =$ Φερέσυχτα, $Κλάδος λήψεως$ Συστήματα.

Στο σχήμα 7.4στ παριστάνεται ένα απλοποιημένο διάγραμμα των ραδιοηλεκτρικών συσκευών ενός δορυφορικού σταθμού εδάφους. Το σχήμα 7.4ζ είναι μια φωτογραφία του δορυφορικού σταθμού εδάφους του ΟΤΕ στις Θερμοπύλες.



Σχ. 7.4ζ.

Ο δορυφορικός σταθμός εδάφους του ΟΤΕ στις Θερμοπύλες. Η μία κεραία κατευθύνεται προς το δορυφόρο του Ατλαντικού ακεανού και η άλλη προς το δορυφόρο του Ινδικού.

α) Κλάδος εκπομπής.

Το σήμα που προέρχεται από τα φερέσυχνα ή το φάσμα τηλεοράσεως (σχ. 7.4στ) οδηγείται στο διαμορφωτή και διαμορφώνει την ενδιάμεση συχνότητα των 70 MHz. Από την έξοδο του διαμορφωτή το σήμα οδηγείται στο μετατροπέα συχνότητας εκπομπής ο οποίος μετατρέπει τη συχνότητα των 70 MHz στην περιοχή των 6 GHz. Ακολουθεί μια πρώτη ενίσχυση του σήματος και μια δεύτερη με λυχνίες κλύστρον και από εκεί το σήμα φέρεται στην κεραία η οποία συγκεντρώνει τη δέσμη και την εκπέμπει προς το δορυφόρο.

β) Κλάδος λήψεως.

Το σήμα που προέρχεται από το δορυφόρο και είναι στην περιοχή συχνότητας 3700 - 4200 MHz (σχ. 7.4στ) συγκεντρώνεται από την κεραία και εισάγεται από το σηματοτροφοδότη στο δέκτη. Το σήμα αυτό είναι πολύ ασθενικό και ενισχύεται

από ειδικούς ενισχυτές που λέγονται παραμετρικοί. Οι παραμετρικοί ενισχυτές ψύχονται με ειδικές διατάξεις που περιέχουν αέριο ήλιο σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία 20° Kelvin, δηλαδή – 253°C, για να αποφεύγεται η προσθήκη θορύβου στο σήμα το οποίο, όπως είπαμε, είναι πολύ ασθενικό. Συνήθως ακολουθεί και ένα δεύτερο στάδιο ενισχύσεως. Το ενισχυμένο τώρα σήμα οδηγείται στους μετατροπείς συχνότητας λήψεως που το μετατρέπουν από την περιοχή των 3700 - 4200 MHz στην ενδιάμεση συχνότητα των 70 MHz. Για κάθε χώρα με την οποία επικοινωνεί ο σταθμός υπάρχει ζεχωριστός μετατροπέας συχνότητας που είναι συντονισμένος στη συχνότητα της χώρας. Το σήμα των 70 MHz εισάγεται στον αποδιαμορφωτή, στον οποίο μετατρέπεται σε φερεσυχνικό φάσμα ή σε φάσμα τηλεοράσεως.

Οι ενισχυτές, οι μετατροπείς συχνότητας, οι διαμορφωτές και οι αποδιαμορφωτές, έχουν αντίστοιχα και εφεδρικούς στους οποίους η μεταγωγή σε περίπτωση βλάβης γίνεται αυτόματα.

γ) Παρακολούθηση δορυφόρου.

Επειδή η κεραία πρέπει πάντα να σκοπεύει το δορυφόρο, αλλά όπως αναφέραμε προηγουμένως, ο δορυφόρος δεν είναι απόλυτα σταθερός, είναι ανάγκη η κεραία να τον παρακολουθεί συνεχώς. Η παρακολούθηση του δορυφόρου μπορεί να γίνει αυτόματα και χειροκίνητα.

Η αυτόματη παρακολούθηση γίνεται με ένα σήμα που εκπέμπει ο δορυφόρος. Το σήμα αυτό ελέγχεται από 4 σημεία, δύο στην κατακόρυφη και δύο στην οριζόντια διάμετρο της κεραίας. Όταν η κεραία δεν σκοπεύει ακριβώς το δορυφόρο, υπάρχει διαφορά στους χρόνους που φθάνει το σήμα στα 4 σημεία. Η χρονική αυτή διαφορά με κατάλληλες διατάξεις προκαλεί τη μετακίνηση της κεραίας καθ' ύψος ή κατ' αζιμούθιο αντίστοιχα μέχρι να βρει την ακριβή της κατεύθυνση.

δ) Σύστημα ελέγχου και παρακολουθήσεως.

Σε μια μεγάλη τράπεζα ελέγχου (κονσόλα) είναι εγκαταστημένος ένας μεγάλος αριθμός οργάνων και πολλές διατάξεις χειρισμού. Από τη θέση αυτή μετρούνται οι στάθμες του λαμβανόμενου και του εκπεμπόμενου σήματος και οι γωνίες αζιμούθιου και ύψους της κεραίας. Επίσης υπάρχουν ενδείξεις αν λειτουργούν οι κύριες ή οι εφεδρικές συσκευές και ένας μεγάλος αριθμός από όργανα μετρήσεως και ελέγχου, όπως στις εγκαταστάσεις μικροκυμάτων, οι οποίες για τις περιπτώσεις που μεταδίδεται τηλεοπτικό πρόγραμμα κλπ.

ε) Ηλεκτροδότηση.

Η τροφοδότηση του σταθμού εδάφους με ηλεκτρικό ρεύμα γίνεται από το εθνικό δίκτυο της χώρας. Υπάρχουν όμως και κατάλληλα εφεδρικά ηλεκτροπαραγγάγια ζεύγη και σύστημα αδιάλειπτης λειτουργίας, ανάλογα με εκείνα που υπάρχουν στα δίκτυα μικροκυμάτων, με τα οποία εξασφαλίζεται η συνεχής παροχή ρεύματος και όταν ακόμη διακόπτεται ή έχει διακυμάνσεις το εθνικό δίκτυο ρευματοδοτήσεως.

7.4.7 Χρονική καθυστέρηση σήματος και φαινόμενα ηχώς.

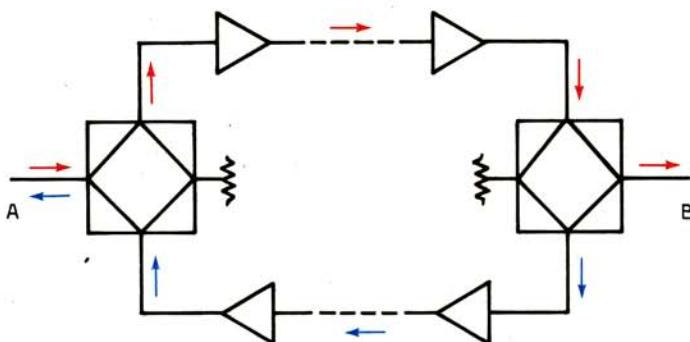
Επειδή ο δορυφόρος βρίσκεται σε ύψος 36.000 km από την επιφάνεια της γης



η μικρότερη διαδρομή του σήματος μεταξύ δύο σταθμών εδάφους μέσω δορυφόρου θα είναι 72.000 km. Αν λάβομε υπόψη ότι η ταχύτητα διαδόσεως του πλεκτρομαγνητικού κύματος στο χώρο είναι 300.000 km/sec προκύπτει ότι ο χρόνος που χρειάζεται το σήμα να μεταβεί από τον ένα επίγειο σταθμό στον άλλο είναι 240 ms.

Αν πρόκειται για συνομιλία, επειδή η ίδια χρονική καθυστέρηση θα υπάρχει και από την άλλη κατεύθυνση, συνολικά θα υπάρχει μία χρονική καθυστέρηση λόγω διαδρομής ηλεκτρομαγνητικού κύματος περίπου 1/2 sec, που γίνεται αντιληπτή κατά τη συνδιάλεξη, αλλά συνηθίζεται εύκολα.

Η χρονική αυτή καθυστέρηση έχει επί πλέον ως αποτέλεσμα και τη δημιουργία ηχώς. Η ηχώ προέρχεται από την ανάκλαση ενός μέρους του σήματος στο σημείο όπου η τετρασύρματη σύνδεση γίνεται δισύρματη, δηλαδή στη διάταξη που λέγεται διαφορικός μετασχηματιστής. Το ανακλώμενο αυτό σήμα, όπως φαίνεται στο σχήμα 7.4η, επανέρχεται στον ομιλούντα και δημιουργεί την ηχώ. Τα κόκκινα βέλη του σχήματος δείχνουν την πορεία του κανονικού σήματος. Τα μπλε βέλη δείχνουν την πορεία του σήματος που προέρχεται από την ανάκλαση στο διαφορικό μετασχηματιστή και προκαλεί την ηχώ.



Σχ. 7.4η.

Η ανάκλαση μέρους του σήματος, που προέρχεται από τη θέση A, στο διαφορικό μετασχηματιστή της θέσεως B δημιουργεί ηχώ στο συνδρομητή της θέσεως A.

Η ηχώ είναι αισθητή και μάλιστα ενοχλητική. Γι' αυτό τοποθετούνται και στις δύο πλευρές ειδικές διατάξεις που λέγονται καταστολείς ηχώς που εξασθενίζουν το εξ ανακλάσεως σήμα με την προσθήκη μεγάλης εξασθενήσεως προς την άλλη κατεύθυνση, τις στιγμές ακριβώς που ομιλεί ο κάθε συνδρομητής.

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ

ΤΗΛΕΓΡΑΦΙΑ – ΤΗΛΕΤΥΠΙΑ

8.1 Τηλεγραφικοί κώδικες.

Η τηλεγραφία και η τηλετυπία ασχολούνται με τη μεταβίβαση πληροφοριών με σύμβολα, γράμματα και αριθμούς.

Τα τηλεγραφικά σήματα μεταβιβάζονται με διάφορους κώδικες, οι σπουδαιότεροι από τους οποίους είναι:

- Ο κώδικας **Mors** (**Morse**).
- Ο καλωδιακός κώδικας ή κώδικας **Recorder** (Ρικόρντερ).
- Ο πενταδικός κώδικας.
- Ο επταδικός.

8.1.1 Ο κώδικας **Mors (**Morse**).**

Αποτελείται από το συνδυασμό δύο καταστάσεων. Η μία είναι ένα στοιχείο με μικρή διάρκεια (τελεία) και η άλλη στοιχείο με μεγάλη διάρκεια (παύλα). Κάθε ένας χαρακτήρας, δηλαδή γράμμα του αλφαριθμού, αριθμός ή σημείο στίξεως σχηματίζεται από το συνδυασμό των δύο αυτών στοιχείων όπως φαίνεται στον Πίνακα 8.1.1. Ο κώδικας αυτός χρησιμοποιήθηκε παλιότερα πολύ στην τηλεγραφική ανταπόκριση, σήμερα όμως χρησιμοποιείται κυρίως στη ραδιοτηλεγραφία, δηλαδή στην τηλεγραφική επικοινωνία με τα πλοία. Για τη μεταβίβαση του κώδικα **Mors** χρησιμοποιείται το χειριστήριο που εκπέμπει ρευματοπαλμούς με μικρή διάρκεια που αντιστοιχούν στις τελείες και με μεγαλύτερη διάρκεια που αντιστοιχούν στις παύλες. Συγκεκριμένα η διάρκεια του ρευματοπαλμού της παύλας είναι τριπλάσια από τη διάρκεια του ρευματοπαλμού της τελείας. Μεταξύ των παλμών ενός χαρακτήρα, μεταξύ διαδοχικών χαρακτήρων και μεταξύ διαδοχικών λέξεων υπάρχουν κενά διαστήματα.

8.1.2 Ο καλωδιακός κώδικας.

Είναι ο ίδιος με τον κώδικα **Mors**, αλλά οι τελείες και οι παύλες αντιστοιχούν σε θετικά και αρνητικά ρεύματα με την ίδια διάρκεια. Μεταξύ των παλμών ενός χαρακτήρα δεν υπάρχει παύση. Παύση υπάρχει μεταξύ χαρακτήρων και λέξεων. Ο κώδικας αυτός έχει μεγαλύτερη ταχύτητα μεταδόσεως από το **Mors**, επειδή οι θετικοί και αρνητικοί παλμοί έχουν την ίδια διάρκεια και δεν υπάρχει κενό μεταξύ τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.1.1.

ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΩΔΙΚΑΣ
ΜΟΡΣ

ΔΙΕΘΝΗΣ ΚΩΔΙΚΑΣ
ΜΟΡΣ

ΑΡΙΘΜΟΙ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ
ΚΑΙ ΔΙΕΘΝΗ ΚΩΔΙΚΑ

A	• —
B	— • •
Γ	— — •
Δ	— • •
Ε	•
Z	— — — •
H	• • •
Θ	— • — •
I	• •
K	— • —
Λ	• — • •
M	— —
N	— •
Ξ	— • • —
O	— — —
Π	• — — •
P	• — •
Σ	• • •
T	—
Υ	— • — —
Φ	• • — •
X	— — — —
Ψ	— — — • —
Ω	• — —

A	• —
B	— — • •
C	‘ — • — •
D	— — • •
E	•
F	• • — —
G	— — — •
H	• • • •
I	• •
J	• — — —
K	— • —
L	• — • •
M	— —
N	— •
O	— — —
P	• — — •
Q	— — — • —
R	• — •
S	• • •
T	—
U	• • —
V	• • • —
W	• — —
X	— • — —
Y	— • — —
Z	— — — • •

1	• — — — — —
2	• • — — — —
3	• • • — — —
4	• • • • — —
5	• • • • • —
6	— — — — —
7	— — — • • •
8	— — — — — • •
9	— — — — — — •
0	— — — — — — —

8.1.3 Ο πενταδικός κώδικας.

Σχηματίζεται από το συνδυασμό 2 καταστάσεων ανά 5, γι' αυτό οι συνδυασμοί του είναι $2^5 = 32$. Κάθε χαρακτήρας συμβολίζεται με ένα συνδυασμό πέντε στοιχείων. Ο κώδικας αυτός έχει καθιερωθεί διεθνώς και λέγεται κώδικας CCITT No 2 (Πίνακας 8.1.2).

Στη μεταβίβαση οι δύο καταστάσεις είναι: ρεύμα, όχι ρεύμα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.1.2.
Πενταδικός και επταδικός κώδικας

Συνδιασμός	Ελληνικά Γράμματα	Λατινικά Γράμματα	Αριθμοί	Πενταδικός κώδικας	Βήματα τηλετύπου					Επταδικός κώδικας	
					1	2	3	4	5	Εποχήνση	
1	A	A	-	● ● ○ ○ ○	○	●	○	○	○	●	○ ○ ● ○ ○ ○
2	B	B	?	● ○ ○ ● ●	○	●	○	○	●	●	○ ○ ● ○ ○ ○
3	Ψ	C	;	○ ● ● ● ○	○	○	●	●	○	●	● ○ ○ ● ○ ○ ○
4	Δ	D	✖	● ○ ○ ● ○	○	●	○	○	●	●	○ ○ ● ● ○ ○ ○
5	E	E	3	● ○ ○ ○ ○	○	●	○	○	○	●	○ ○ ● ● ○ ○ ○
6	Φ	F		● ○ ● ● ○	○	●	○	●	○	●	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
7	Γ	G		○ ● ○ ● ●	○	●	○	●	●	●	● ○ ○ ○ ○ ○ ○
8	H	H		○ ○ ● ○ ●	○	○	●	○	●	●	● ○ ● ○ ○ ○ ○
9	I	I	8	○ ● ● ○ ○	○	○	●	○	○	●	● ● ○ ○ ○ ○ ○
10	Ξ	J	Ϟ	● ● ○ ● ○	○	●	○	●	○	●	○ ○ ○ ○ C ○ ○
11	K	K	(● ● ● ● ○	○	●	●	●	○	●	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
12	Λ	L)	○ ● ○ ○ ●	○	●	○	○	●	●	● ○ ○ ○ ○ ○ ○
13	M	M	•	○ ○ ● ● ●	○	○	●	●	●	●	● ○ ○ ○ ○ ○ ○
14	N	N	,	○ ○ ● ○ ○	○	○	●	○	○	●	● ○ ○ ○ ○ ○ ○
15	O	O	9	○ ○ ○ ● ●	○	○	○	●	●	●	● ○ ○ ○ ○ ○ ○
16	Π	P	0	○ ● ● ○ ●	○	●	●	○	●	●	● ○ ○ ○ ○ ○ ○
17		Q	1	● ● ● ○ ●	○	●	●	○	●	○	○ ○ ○ ● ○ ○ ○
18	R	R	4	○ ● ○ ● ○	○	●	○	●	○	●	● ○ ○ ○ ○ ○ ○
19	Σ	S	'	● ○ ● ○ ○	○	●	○	○	○	●	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
20	T	T	5	○ ○ ○ ○ ●	○	○	○	○	●	●	● ○ ○ ○ ○ ○ ○
21	Θ	U	7	● ● ● ○ ○	○	●	●	○	○	●	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
22	Ω	V	=	○ ● ● ● ●	○	●	●	●	●	●	● ○ ○ ○ ○ ○ ○
23		W	2	● ● ○ ○ ●	○	●	●	○	●	●	● ○ ○ ○ ○ ○ ○
24	X	X	/	● ○ ● ● ●	○	○	●	●	●	●	● ○ ○ ○ ○ ○ ○
25	Υ	Y	6	● ○ ● ○ ●	○	●	○	●	●	●	● ○ ○ ○ ○ ○ ○
26	Z	Z	+	● ○ ○ ○ ●	○	●	○	○	●	●	● ○ ○ ○ ○ ○ ○
27	<			○ ○ ○ ● ○	○	○	○	●	○	●	● ○ ○ ○ ○ ○ ○
28	☰			○ ● ○ ○ ○	○	●	○	○	○	●	● ○ ● ○ ○ ○ ○
29	Λατινικά Γράμματα			● ● ● ● ●	○	●	●	●	●	●	○ ○ ○ ○ ● ○ ○
30	Αριθμοί			● ● ○ ● ●	○	●	●	○	●	●	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
31	Διάστημα			○ ○ ● ○ ○	○	○	●	○	○	●	● ○ ○ ○ ○ ○ ○
32	Ελληνικά Γράμματα			○ ○ ○ ○ ○	○	○	○	○	○	○	○ ○ ○ ○ ● ○ ○
33	α										○ ○ ○ ○ ○ ○ ○
34	β										○ ○ ○ ● ○ ○ ○
35	RQ										○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

Ο Όχι ρεύμα

● Ρεύμα

✖ Αναγνώριση καλουμένου

Ϟ Κουδούνι

< Επαναφορά κυλίνδρου

☰ Αλλαγή στίχου

Για τη μεταβίβαση του πενταδικού κώδικα χρησιμοποιείται το τηλέτυπο.

Επειδή οι 32 συνδυασμοί δεν φθάνουν για όλους τους χαρακτήρες, δηλαδή γράμματα, αριθμούς, σημεία στίξεως κλπ., σε κάθε συνδυασμό, όπως φαίνεται στον πίνακα, αντιστοιχούν δύο χαρακτήρες, ο ένας είναι γράμμα και ο άλλος αριθμός ή σημείο στίξεως. Δύο από τους συνδυασμούς χαρακτηρίζονται ως **Λατινικά γράμματα** και **αριθμοί**. Όταν πριν από μια σειρά χαρακτήρων προηγείται ο συνδυασμός Λατινικά γράμματα, οι χαρακτήρες που ακολουθούν αντιστοιχούν σε γράμματα του Λατινικού Αλφαριθμού. Αν προηγείται ο συνδυασμός αριθμοί, οι χαρακτήρες που ακολουθούν θα είναι αριθμοί ή σύμβολα. Ο 32ος συνδυασμός του κώδικα είναι κενός, στην Ελλάδα χρησιμοποιείται ως συνδυασμός **Ελληνικά γράμματα**. Όταν προηγείται ο συνδυασμός αυτός στα τηλέτυπα που χρησιμοποιούνται στη χώρα μας, οι χαρακτήρες που ακολουθούν είναι Ελληνικά γράμματα. Έτσι στα τηλέτυπα αυτά σε κάθε συνδυασμό αντιστοιχούν δύο ή τρεις χαρακτήρες.

Ο Επταδικός κώδικας (Πίνακας 8.1.2).

Σχηματίζεται από το συνδυασμό 2 καταστάσεων ανά 7. Οι συνδυασμοί είναι $2^7 = 128$. Αν η μία κατάσταση είναι θετικός παλμός και η άλλη αρνητικός, τότε από όλους τους συνδυασμούς χρησιμοποιούνται εκείνοι που έχουν 3 θετικούς παλμούς και 4 αρνητικούς και είναι 35. Κάθε χαρακτήρας σχηματίζεται από 7 παλμούς από τους οποίους οι 3 είναι θετικοί και οι 4 αρνητικοί, (Πίνακας 8.1.2). Ο κώδικας αυτός χρησιμοποιείται στα τηλεγραφικά συστήματα με αυτόματη διόρθωση σφαλμάτων. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται στις ζεύξεις βραχέων κυμάτων οι οποίες παρουσιάζουν διαλείψεις με αποτέλεσμα να αλλιώνονται τα σήματα και να λαμβάνονται εσφαλμένοι χαρακτήρες. Αν ένας χαρακτήρας ληφθεί εσφαλμένα, οι δυο καταστάσεις δεν θα έχουν το λόγο 3:4. Με μια ειδική διάταξη αναγνωρίζεται αυτό στη λήψη και αποστέλλεται αυτόματα στον ανταποκρινόμενο σταθμό ο συνδυασμός RQ οπότε ο σταθμός αυτός αποστέλλει πάλι το χαρακτήρα που ελήφθη εσφαλμένος.

8.2 Συσκευή Μορς (Morse).

Η συσκευή αυτή αποτελείται από τον πομπό που λέγεται και χειριστήριο και από το δέκτη που λειτουργεί χρησιμοποιώντας τον κώδικα Μορς.

Με το χειριστήριο εκπέμπονται προς τη γραμμή ρευματοπαλμοί μικρής και μεγάλης διάρκειας του κώδικα Μορς.

Ο δέκτης Μορς είναι διάταξη που μετατρέπει τους ρευματοπαλμούς που προέρχονται από τον πομπό του άλλου σταθμού σε ηχητικά κύματα, που τα ακούει ο χειριστής, ή τα καταγράφει σε ταινία.

8.3 Τηλέτυπο.

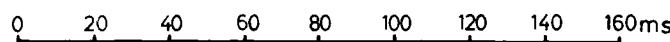
Το τηλέτυπο είναι μια συσκευή με ένα πληκτρολόγιο όπως η γραφομηχανή, που μεταβιβάζει και λαμβάνει τηλεγραφικά σήματα του πενταδικού κώδικα και τα μετατρέπει στα αντίστοιχα γράμματα ή αριθμούς και τα εκτυπώνει σε χαρτί.

Το τηλέτυπο αποτελείται από τον πομπό, το δέκτη και τον εκτυπωτή.

Όταν πιέσομε το πλήκτρο ενός γράμματος ή αριθμού του τηλετύπου, από τον πομπό σχηματίζεται ένας συνδυασμός πέντε στοιχείων ή βημάτων **από ρεύμα, όχι ρεύμα**. Τα σήματα αυτά με το μέσο μεταβιβάσεως φθάνουν στο τηλέτυπο του άλ-

λου συνδρομητή, με τον οποίο γίνεται επικοινωνία, μετατρέπονται από το δέκτη του στο αντίστοιχο γράμμα ή αριθμό και με τον εκτυπωτή γράφονται στο χαρτί. Κάθε βήμα από τα πέντε του κώδικα έχει μια διάρκεια που στα συνηθισμένα τηλέτυπα είναι 20 ms. Πριν από τα πέντε βήματα όμως εκπέμπεται το βήμα εκκινήσεως, που είναι όχι ρεύμα, με διάρκεια πάλι 20 ms και μετά τα πέντε βήματα το βήμα παύσεως που είναι ρεύμα και έχει διάρκεια 30 ms.

Έτσι, για να μεταδοθεί ένας χαρακτήρας, χρειάζονται συνολικά 150 ms ($20 + 5 \times 20 + 30$) (σχ. 8.3a).



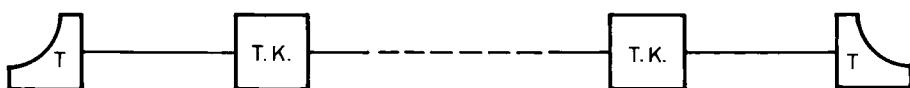
Σχ. 8.3a.

Βήματα τηλέτυπου του γράμματος Δ.

Τηλεγραφική ταχύτητα είναι ο αριθμός των στοιχείων του κώδικα που μπορούν να μεταδοθούν σε ένα δευτερόλεπτο και μετρείται σε Baud. Έτσι όταν η διάρκεια του βήματος είναι 20 ms (= 0,02 sec), έχομε:

$$u = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ Baud}$$

Τα τηλέτυπα που χρησιμοποιούνται συνήθως λειτουργούν στην ταχύτητα των 50 Baud, υπάρχουν όμως και άλλα για ειδικές χρήσεις που λειτουργούν σε μεγαλύτερες τηλεγραφικές ταχύτητες. Επειδή όμως η ταχύτητα εξαρτάται από τη διάρκεια του βήματος εύκολα γίνεται αντιληπτό, ότι για να υπάρχει επικοινωνία μεταξύ δύο συνδρομητών πρέπει τα τηλέτυπά τους να λειτουργούν στην ίδια τηλεγραφική ταχύτητα.

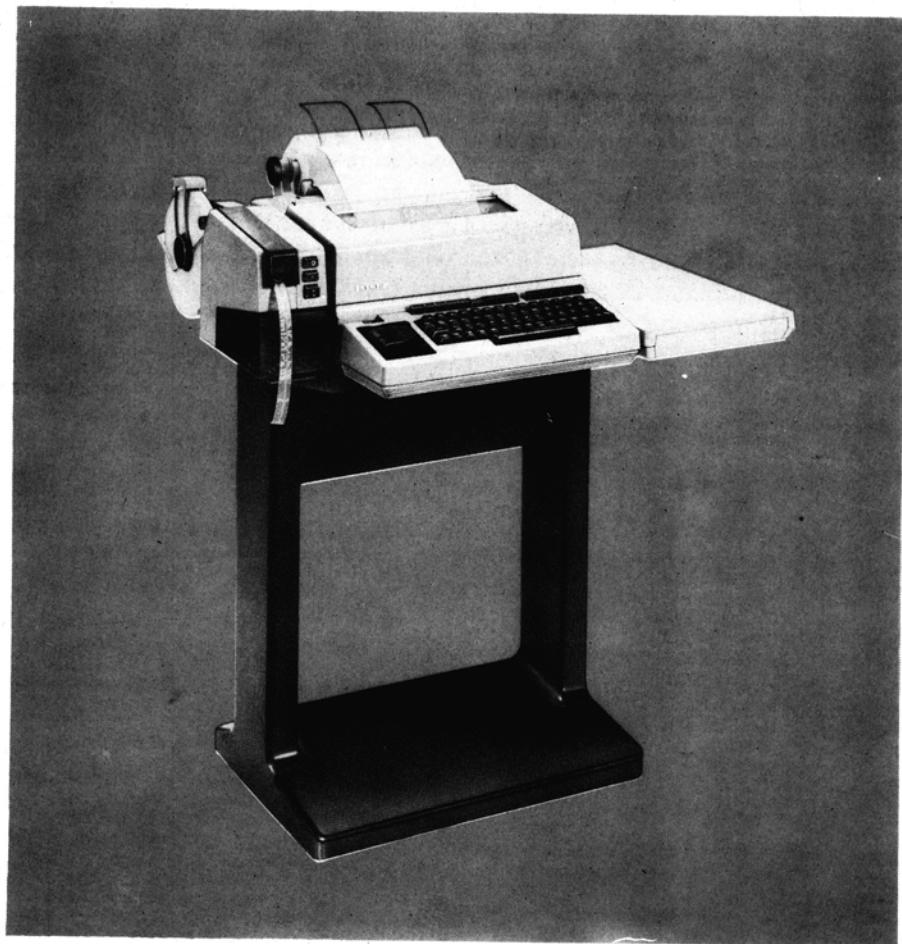


Σχ. 8.3β.

Τηλετυπική επικοινωνία T ≠ Τηλετυπ ΤΚ = Τηλετυπικό Κέντρο.

Στο σχήμα 8.3β παριστάνεται διάρθρωση της τηλετυπικής επικοινωνίας.

Από το τηλέτυπο (σχ. 8.3γ) τα τηλεγραφικά σήματα μεταβιβάζονται με το τοπικό αστικό δίκτυο στο τηλετυπικό κέντρο από το οποίο με το υπεραστικό ή διεθνές δίκτυο στο τηλετυπικό κέντρο στο οποίο είναι συνδεδεμένος ο άλλος συνδρομητής και από εκεί στο τηλέτυπό του.



Σχ. 8.3γ.

Τηλέτυπο.

Η τηλεγραφική επικοινωνία δεν χρησιμοποιεί ιδιαίτερα δίκτυα, αλλά τα δίκτυα τηλεφωνίας.

Η σύνδεση συνδρομητή με το τηλετυπικό κέντρο χρησιμοποιεί γραμμές του αστικού δικτύου. Η σύνδεση μεταξύ των τηλετυπικών κέντρων, που οι αποστάσεις είναι μεγάλες γίνεται με υπέρθεση τηλεγραφικών φερέσυχνων σε τηλεφωνικά κυκλώματα. Τα τηλετυπικά κέντρα διασυνδέουν τους τηλετυπικούς συνδρομητές όπως τα τηλεφωνικά τους συνδρομητές τηλεφώνου.

Τα τηλέτυπα που εγκαθίστανται στα γραφεία των τηλεπικοινωνιακών Οργανισμών χρησιμοποιούνται για τη μεταβίβαση των τηλεγραφημάτων τα οποία στη συνέχεια διανέμονται στους παραλήπτες. Η επικοινωνία μεταξύ των τηλεπικοινωνιακών γραφείων μπορεί να γίνεται ταυτόχρονα και προς τις δύο κατευθύνσεις.

Οι τηλετυπικοί συνδρομητές οι οποίοι λέγονται συνήθως συνδρομητές τέλει έχουν το τηλέτυπο στο γραφείο τους, όπως ο συνδρομητής του τηλεφώνου την τηλεφωνική συσκευή και επικοινωνούν οι ίδιοι με όποιο συνδρομητή τέλει επιθυ-

μούν. Η επικοινωνία όμως των συνδρομητών τέλεξ δεν γίνεται ταυτόχρονα και προς τίς δύο κατευθύνσεις αλλά εναλλάξ προς τη μία ή την άλλη, δηλαδή κατά τη διάρκεια που ο ένας συνδρομητής από τους δύο, που έχουν συνδεθεί, μεταβιβάζει, ο δεύτερος λαμβάνει μόνο και μετά όταν θα μεταβιβάζει ο δεύτερος ο πρώτος μόνο θα λαμβάνει. Έτσι στο χαρτί του τηλετύπου του συνδρομητή γράφεται εκτός από το κείμενο που λαμβάνει από τον άλλο και εκείνο που του στέλνει.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι για να λάβει ένα κείμενο το τηλέτυπο δεν είναι απαραίτητο να βρίσκεται χειριστής εκεί. Τούτο έχει μεγάλη πρακτική σημασία ειδικά στην επικοινωνία μεταξύ χωρών που λόγω γεωγραφικής θέσεως έχουν σημαντική διαφορά ώρας, διότι μπορεί να λαμβάνονται και να γράφονται κείμενα στο τηλέτυπο του συνδρομητή και τις ώρες που το γραφείο του είναι κλειστό.

Θα πρέπει τέλος να αναφέρομε ότι τα τηλέτυπα χρησιμοποιούν μόνο τα κεφαλαία γράμματα του αλφαριθμητού.

8.4 Τηλεφωτογραφία.

Με τα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα είναι δυνατή η μεταβίβαση φωτογραφιών από μια πόλη ή χώρα σε άλλη. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούται ειδικές τερματικές διατάξεις άλλες μόνιμα εγκατεστημένες και άλλες φορητές που λέγονται συσκευές τηλεφωτογραφίας.

Η αρχή λειτουργίας τους είναι η εξής:

Η φωτογραφία που πρόκειται να μεταβιβασθεί τοποθετείται σε ένα κύλινδρο που περιστρέφεται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα. Ταυτόχρονα κινείται με μικρή ταχύτητα παράλληλα προς τον άξονα του κυλίνδρου μια διάταξη στην οποία υπάρχει μια πηγή φωτός που στέλνει μια δέσμη πάνω στον κύλινδρο. Χάρη όμως στις δύο κινήσεις η φωτεινή κηλίδα που σχηματίζεται στον κύλινδρο γράφει μια ελικοειδή τροχιά που σαρώνει όλη την επιφάνεια του κυλίνδρου, δηλαδή όλη τη φωτογραφία. Ένα φωτοκύτταρο μετατρέπει σε μεταβολές ρεύματος τις μεταβολές φωτεινότητας που οφείλονται στο ότι άλλα σημεία της φωτογραφίας είναι πιο άσπρα και άλλα πιο μαύρα. Οι μεταβολές αυτές του ρεύματος μεταβιβάζονται με τα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα στην τερματική συσκευή λήψεως που βρίσκεται στην άλλη πόλη ή χώρα. Η συσκευή αυτή έχει ένα όμοιο κύλινδρο που περιστρέφεται ταυτόχρονα και με την ίδια ταχύτητα και περιβάλλεται από ευπαθές φωτογραφικό χαρτί και μια διάταξη που μετατρέπει τις μεταβολές ρεύματος σε μεταβολές εντάσεως φωτεινής δέσμης. Η μεταβαλλόμενη αυτή φωτεινή δέσμη σαρώνει το φωτογραφικό χαρτί του κυλίνδρου με τον ίδιο τρόπο που γίνεται η σάρωση στην εκπομπή και αναπαραγάγει τη φωτογραφία.

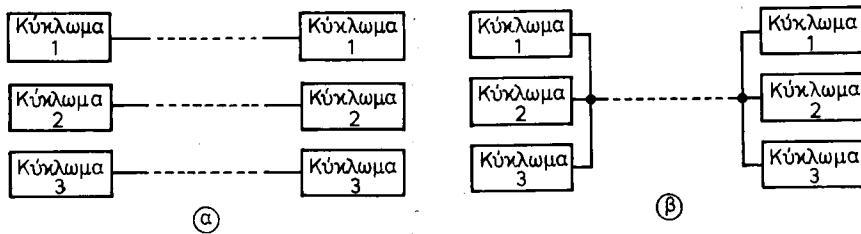
Οι συσκευές αυτής της αρχής χρησιμοποιούνται πολλά χρόνια, αλλά δεν έχουν μεγάλη πιστότητα.

Τελευταία κατασκευάσθηκαν άλλες συσκευές τηλεφωτογραφίας ψηφιακής τεχνικής που μπορούν να μεταβιβάσουν και έγχρωμες φωτογραφίες με μεγάλη πιστότητα και μεγαλύτερη ταχύτητα.

ΜΕΡΟΣ ΕΚΤΟ
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ
ΦΕΡΕΣΥΧΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

9.1 Γενικά.

Με τα φερέσυχνα συστήματα (Φ/Σ) μπορεί να συνδυασθούν πολλά κυκλώματα για να μεταβιβασθούν με το ίδιο μέσο μεταβιβάσεως. Όπως φαίνεται στο σχήμα 9.1α και τα τρία κυκλώματα χάρη στο Φ/Σ χρησιμοποιούν την ίδια γραμμή (β), ενώ χωρίς αυτό θα ήθελαν τρεις διαφορετικές γραμμές (α).



Σχ. 9.1α.

α) Σύνδεση 3 κυκλωμάτων με 3 ξεχωριστές γραμμές. β) Σύνδεση 3 κυκλωμάτων με μία γραμμή με τη βοήθεια φερέσυχνου συστήματος.

Τα φερέσυχνα συστήματα είναι **τηλεφωνικά** και **τηλεγραφικά** και είναι αντίστοιχα σχεδιασμένα για να εξυπηρετούν τις ανάγκες της τηλεφωνίας ή της τηλεγραφίας. Επίσης τα διακρίνομε σε **αναλογικά** και **ψηφιακά**.

Θα ασχοληθούμε περισσότερο με τα αναλογικά τηλεφωνικά φερέσυχνα που χρησιμοποιούνται σήμερα σε μεγαλύτερη κλίμακα.

Στα τηλεφωνικά φερέσυχνα υπάρχει ξεχωριστή κατεύθυνση εκπομπής και ξεχωριστή κατεύθυνση λήψεως, δηλαδή η λειτουργία είναι τετρασύρματη. Η μεταβίβαση προς τη μία κατεύθυνση γίνεται από ένα τηλεφωνικό κανάλι που λέγεται και τηλεφωνική διόδευση. Τα δύο αντίστοιχα τηλεφωνικά κανάλια που έχουν αντίθετη κατεύθυνση αποτελούν το τηλεφωνικό κύκλωμα. Τα δύο κανάλια ενός κυκλώματος συνδέονται συνήθως σε ένα διαφορικό μετασχηματιστή ο οποίος μετατρέπει την τετρασύρματη σύνδεση σε διοισύρματη.

Η ζώνη συχνοτήτων που μεταβιβάζεται από ένα τηλεφωνικό κανάλι είναι από 300-3400 Hz δηλαδή μια ζώνη πλάτους 3100 Hz. Η ζώνη αυτή έχει καθοριστεί από τη CCITT, είναι διεθνώς παραδεκτή και οι τηλεφωνικές συσκευές, τα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα και εγκαταστάσεις σχεδιάζονται για να μεταβιβάζουν αυτή τη

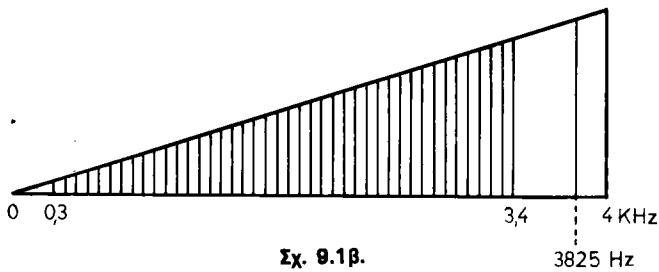
ζώνη συχνοτήτων ομιλίας. Αξίζει να σημειωθεί, ότι όσο μεγαλώνει το εύρος της ζώνης του τηλεφωνικού καναλιού, τόσο αυξάνεται και η πιστότητα της μεταβιθαζομένης ομιλίας, συγχρόνως όμως μεγαλώνει και το κόστος των εγκαταστάσεων. Με τη χρησιμοποίηση της ζώνης των 300-3400 Hz εξασφαλίζεται η πιστότητα που χρειάζεται για να αναγνωρίζεται εύκολα η φωνή του συνομιλητή ενώ ταυτόχρονα περιορίζεται το κόστος των εγκαταστάσεων.

Για να μπορούν όμως να διαχωριστούν με φίλτρα οι ζώνες συχνοτήτων των διαφόρων καναλιών στα φερέσυχνα συστήματα, η ζώνη που καταλαμβάνει κάθε τηλεφωνικό κανάλι σ' αυτά ευρύνεται στους 4 kHz. Ένα σήμα δηλαδή ενός αναλογικού Φ/Σ περιλαμβάνει πολλές ζώνες των 4 kHz που σχηματίζουν ένα πλατύ φάσμα συχνοτήτων, το οποίο μεταβιβάζεται με το χρησιμοποιούμενο μέσο μεταβιβάσεως, δηλαδή εναέρια γραμμή, γραμμή υπόγειου καλωδίου, ομοαξονικό καλώδιο, ασυρματικό δίκτυο κλπ.

Η τεχνική των Φ/Σ βασίζεται στη χρησιμοποίηση μιας σειράς υψηλών συχνοτήτων πού λέγονται **φέρουσες συχνότητες** και διαμορφώνονται κατά πλάτος από τα σήματα ακουστικής συχνότητας που προέρχονται από τηλεφωνικά κανάλια ζώνης 4 kHz. Τα διαμορφωμένα αυτά σήματα μεταβιβάζονται δια μέσου της γραμμής.

Στο άλλο άκρο, στη λήψη, γίνεται αντίστροφος μετασχηματισμός, δηλαδή από διαμορφώνονται τα σήματα και με τη βοήθεια φίλτρων λαμβάνεται ξεχωριστά το αρχικό σήμα ακουστικής συχνότητας κάθε καναλιού.

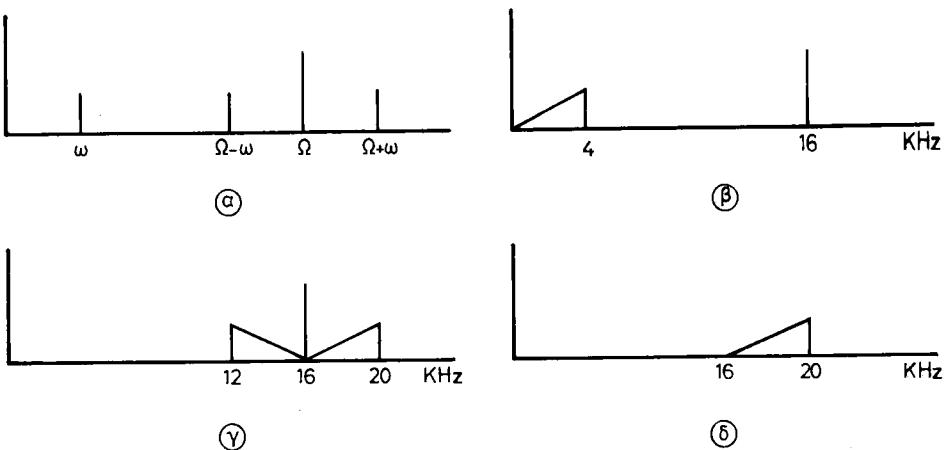
Το τηλεφωνικό κανάλι στα φερέσυχνα συστήματα παριστάνεται συμβολικά με ένα ορθογώνιο τρίγωνο. Όπως φαίνεται στο σχήμα 9.1β το κανάλι καταλαμβάνει ζώνη 4 kHz μέσα στην οποία περιλαμβάνεται η ζώνη συχνοτήτων της ομιλίας 300-3400 Hz, ενώ έξω από τη ζώνη αυτή βρίσκεται η συχνότητα 3825 Hz ή 3850, η λεγόμενη **συχνότητα κλήσεων** που χρησιμοποιείται για τη μεταβίβαση των επιλογικών παλμών. Η συχνότητα δηλαδή αυτή αποκαθίσταται και διακόπτε-



Σχ. 9.1β. Συμβολική παράσταση καναλιού 4 kHz που χρησιμοποιείται σε Φ/Σ.

ται στο ρυθμό των επιλογικών παλμών, που είναι παλμοί συνεχούς ρεύματος και με τον τρόπο αυτό μεταβιβάζονται οι επιλογικοί παλμοί για να γίνει από το τηλεφωνικό κέντρο η σύνδεση με τον καλούμενο συνδρομητή.

Όταν μια συχνότητα Ω διαμορφώνεται κατά πλάτος από μια πιο χαμηλή συχνότητα ω , τότε μετά τη διαμόφωση θα έχουμε δύο πλευρικές συχνότητες $\Omega - \omega$, $\Omega + \omega$ και την Ω [σχ. 9.1γ (a)]. Αν η συχνότητα Ω διαμορφώνεται από μια ζώνη συχνοτήτων, τότε μετά τη διαμόφωση θα έχουμε δύο πλευρικές ζώνες γύρω από την Ω . Ας πάρομε ως συγκεκριμένο παράδειγμα μια φέρουσα συχνότητα 16 kHz η οποία διαμορφώνεται από μία ζώνη συχνοτήτων 0 - 4 kHz, δηλαδή από τη ζώνη ενός τηλεφωνικού καναλιού [σχ. 9.1 γ(β)], τότε θα προκύψουν δυο πλευρικές ζώ-



Σχ. 9.1γ.

Διαμόρφωση συχνότητας κατά πλάτος.

νες συχνότητας, η 12 - 16 kHz και η 16 - 20 kHz [σχ. 9.1 γ (γ)] και η φέρουσα. Η πρώτη λέγεται κάτω ή ανάστροφη ζώνη ενώ η δεύτερη επάνω ή ορθή ζώνη. Η ζώνη αυτή λέγεται ορθή, γιατί η μικρότερή της συχνότητα αντιστοιχεί στη μικρότερη συχνότητα της διαμορφούσσης ζώνης και η μεγαλύτερη στη μεγαλύτερη της διαμορφούσσης ενώ με την κάτω ζώνη συμβαίνει το αντίστροφο. Τέλος αν χρησιμοποιήσομε ένα φίλτρο που να κόβει τις συχνότητες από 16 kHz και κάτω θα έχουμε μόνο την επάνω πλευρική ζώνη των 16 - 20 kHz [σχ. 9.1γ (δ)]. Μετά την απομάκρυνση της κάτω πλευρικής, στη θέση της με κατάλληλη διαμόρφωση μπορεί να τοποθετηθεί η ζώνη άλλης ομιλίας.

Η αύξηση των αναγκών σε κυκλώματα οδήγησε στην αύξηση της χωρητικότητας των συστημάτων. Στα σύγχρονα Φ/Σ σχηματίζονται σύμφωνα με την CCITT διάφορες ομάδες καναλιών που είναι οι ακόλουθες:

- Πρωτομάδα ή βασική ομάδα ή ομάδα πρώτης τάξεως = 12 κανάλια.
- Δευτερομάδα ή υπερομάδα ή ομάδα δεύτερης τάξεως = 5 πρωτομάδες = 60 κανάλια.
- Τριτομάδα ή ομάδα τρίτης τάξεως = 5 δευτερομάδες = 25 πρωτομάδες = 300 κανάλια.
- Τεταρτομάδα ή ομάδα τέταρτης τάξεως = 3 τριτομάδες = 15 δευτερομάδες = 75 πρωτομάδες = 900 κανάλια.

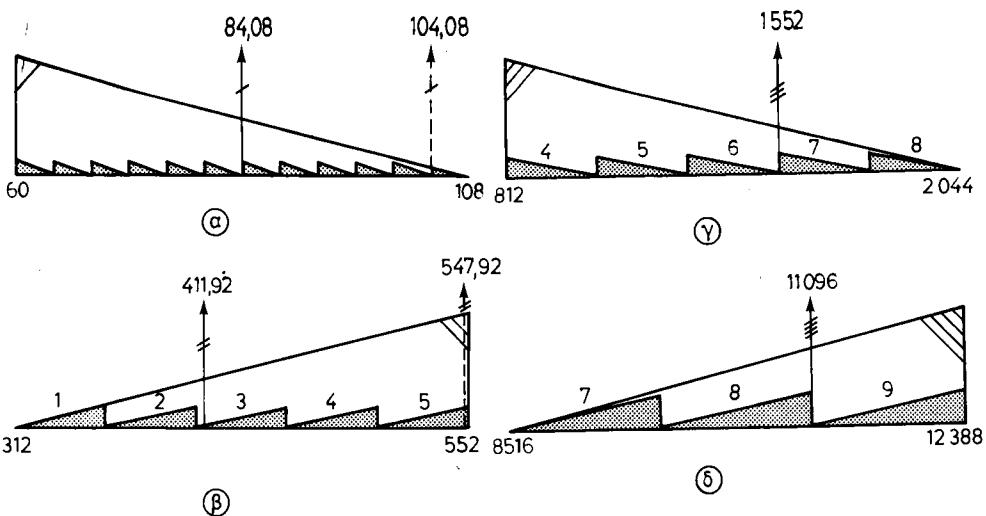
Στο σχήμα 9.1δ φαίνονται οι ζώνες συχνότητας που καταλαμβάνει κάθε μια από τις ομάδες που προαναφέραμε.

Σε κάθε ομάδα και μέσα στο φάσμα της υπάρχει μια οδηγός συχνότητα (πιλότος) που χρησιμεύει για τη ρύθμιση των Φ/Σ και τον έλεγχο της καλής λειτουργίας τους.

9.2 Σχηματισμός των ομάδων διαφόρων τάξεων.

9.2.1 Πρωτομάδας.

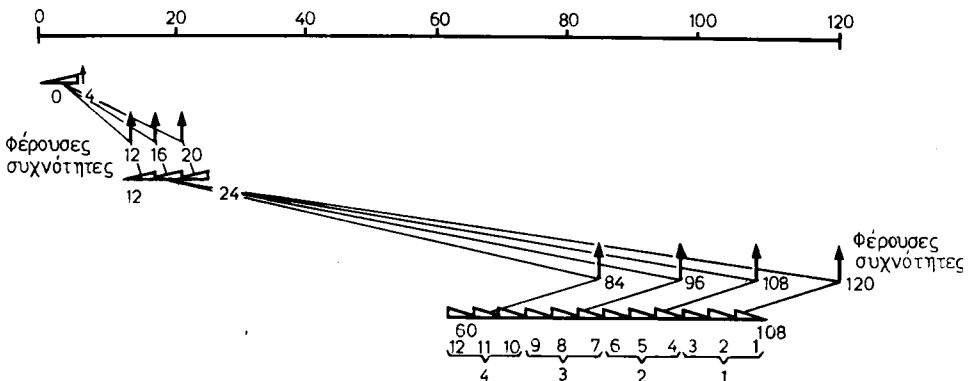
Το φάσμα μιας βασικής ομάδας μπορεί να σχηματισθεί σε δύο στάδια. Οι συ-



Σχ. 9.16.

Ζώνες συχνοτήτων των διαφόρων ομάδων με τις αντίστοιχες οδηγούς συχνότητες α) Πρωτομάδας.
β) Δευτερομάδας. γ) Τριτομάδας. δ) Τεταρτομάδας. (Συχνότητες σε kHz).

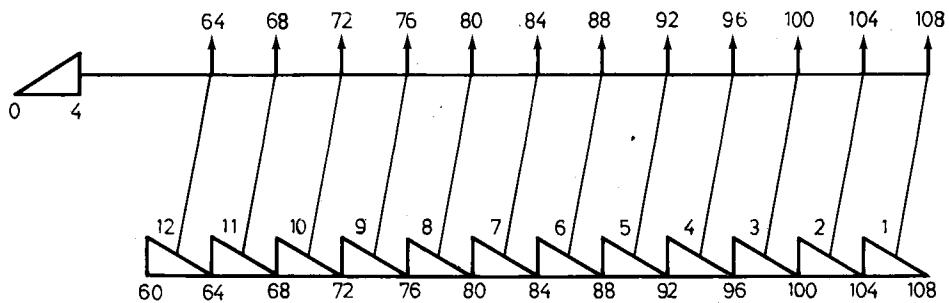
χνότητες 3 καναλίων διαμορφώνουν τις φέρουσες συχνότητες 12, 16 και 20 kHz που διαφέρουν κάθε μια από την προηγούμενη κατά 4 kHz, όση δηλαδή είναι η ζώνη συχνοτήτων κάθε καναλιού. Έτσι μετά τη διαμόρφωση τα τρία κανάλια τοποθετούνται το ένα δίπλα στο άλλο και σχηματίζουν μια **προομάδα** με ζώνη συχνοτήτων από 12 kHz ως 24 kHz (σχ. 9.2α).



Σχ. 9.2α.

Σχηματισμός πρωτομάδας από προομάδες (Συχνότητες σε kHz).

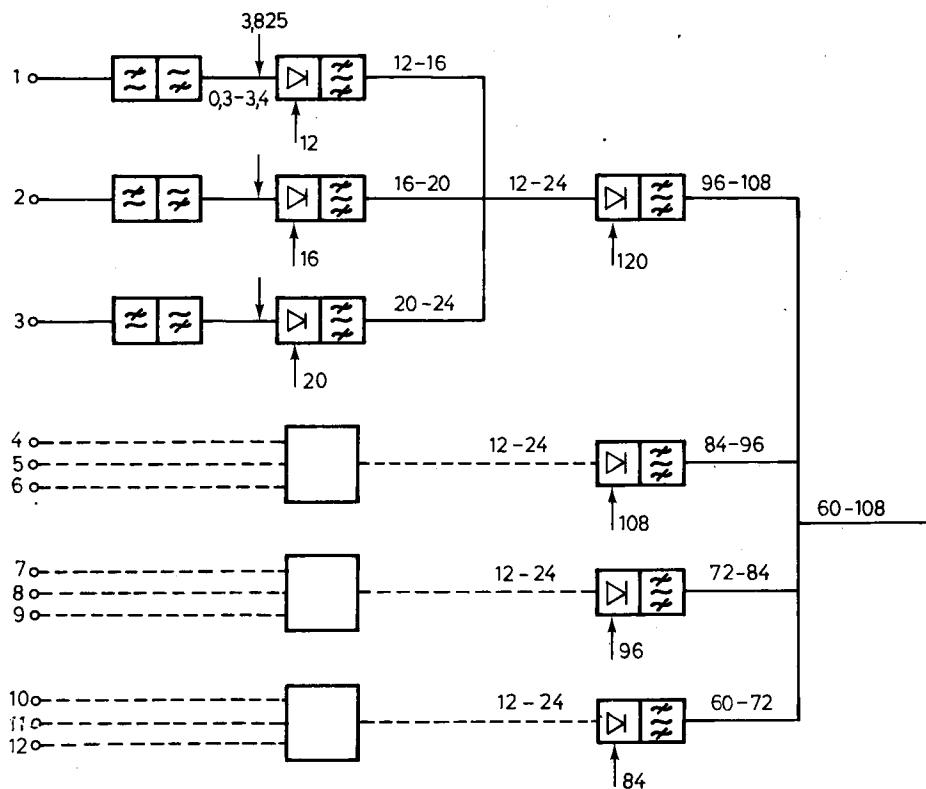
Οι συχνότητες 4 προομάδων που έχουν ζώνη συχνοτήτων 12 kHz ως 24 kHz διαμορφώνουν κατά σειρά τις φέρουσες 84, 96, 108 και 120 kHz και δημιουργείται μια ζώνη συχνοτήτων 60 ως 108 kHz. Παρατηρείται και εδώ ότι κάθε φέρουσα διαφέρει από την προηγούμενη κατά 12 kHz, όσο δηλαδή είναι και το πλάτος ζώνης συχνοτήτων της προομάδας ($24 \text{ kHz} - 12 \text{ kHz} = 12 \text{ kHz}$).



Σχ. 9.2β.

Σχηματισμός πρωτομάδας κατευθείαν από τα κανάλια (Συχνότητες σε kHz).

Ένας άλλος τρόπος σχηματισμού της βασικής ομάδας με ζώνη 60 - 180 kHz είναι με τη χρησιμοποίηση 12 φερουσών συχνοτήτων 64, 68, 72... 108 που διαμορφώνονται κατευθείαν από τις συχνότητες των 12 καναλίων (σχ. 9.2β).



Σχ. 9.2γ.

Συνοπτικό διάγραμμα σχηματισμού πρωτομάδας από προομάδες.

Υπάρχει επίσης και έμμεσος τρόπος κατά τον οποίο διαμορφώνουν όλα τα ικανά μια φέρουσα 8 kHz και στη συνέχεια τα φάσμα που προκύπτει 4 - 8 kHz διαμορφώνει τις φέρουσες 56... 100 kHz.

Στο συνοπτικό διάγραμμα (σχ. 9.2γ) φαίνεται ο τρόπος που σχηματίζεται η πρωτούμαδα από προομάδες.

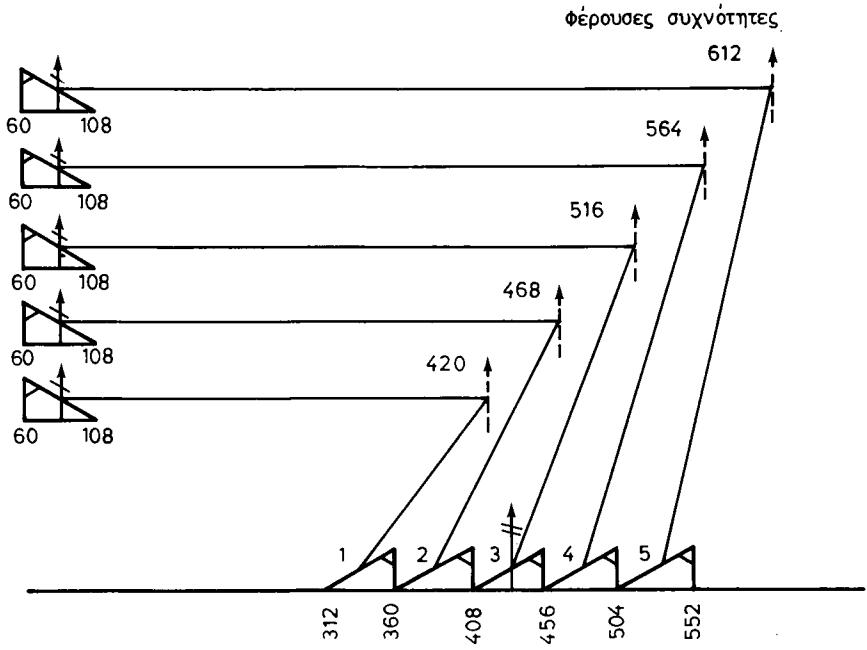
Η ζώνη συχνοτήτων μιας ομιλίας περιορίζεται με φίλτρο στους 300-3400 Hz, μετά εισάγεται η συχνότητα κλήσεων 3825 Hz και στη συνέχεια διαμορφώνει τη φέρουσα των 12 kHz. Με το ζωνοπερατό φίλτρο εμποδίζεται η διέλευση της κάτω πλευρικής και έχουμε στην έξοδό του τη ζώνη 12 - 16 kHz. Η ζώνη αυτή συνδύαζεται με τις ζώνες 16 - 20 kHz καί 20 - 24 kHz που προκύπτουν από τη διαμόρφωση των φερουσών 16 και 20 kHz από τα δύο άλλα κανάλια και σχηματίζεται η ζώνη της προομάδας 12 - 24 kHz.

Στη συνέχεια η ζώνη αυτή διαμορφώνει τη φέρουσα 120 kHz και με τη βοήθεια ζωνοπερατού φίλτρου εμποδίζεται η πάνω πλευρική ζώνη και διέρχεται η κάτω 96 - 108 kHz. Συνδιάζονται στη συνέχεια οι ζώνες 84 - 96 kHz, 72 - 84 kHz και 60 - 72 kHz που προέρχονται από τη διαμόρφωση των φερουσών 108, 96 και 84 kHz από τις άλλες τρεις προομάδες και δημιουργείται η ζώνη 60 - 108 kHz.

Στη λήψη γίνονται οι αντίστροφες μετατροπές και τελικά διαχωρίζονται τα κανάλια.

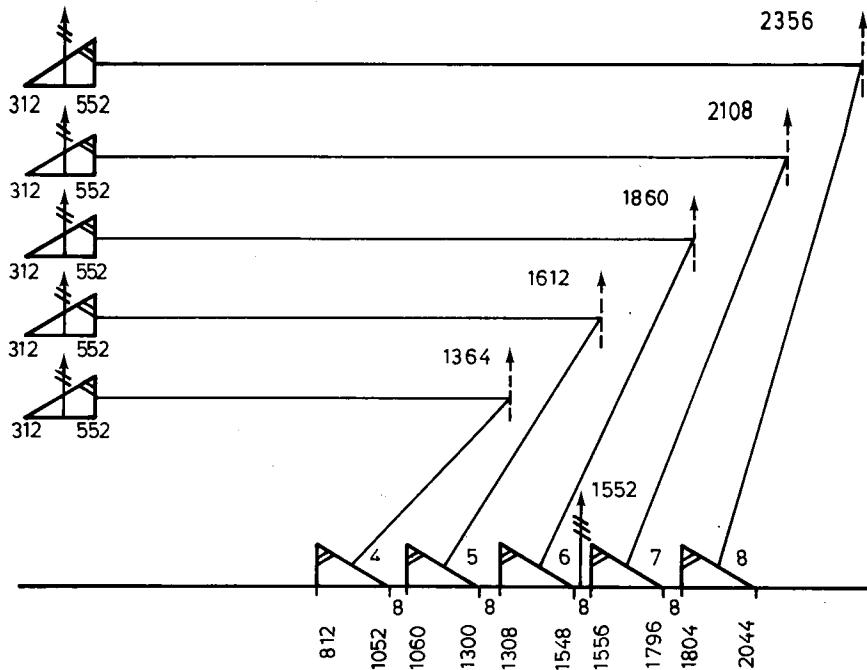
9.2.2 Δευτερομάδας.

Στο σχήμα 9.2δ φαίνεται η σύνθεση μιας δευτερομάδας. Η δευτερομάδα σχη-



Συριατισμός δευτερομάδας από πέντε πωτοιμάδες (Συγχύτητες σε kHz).

Φέρουσες συχνότητες



Σχ. 9.2ε.

Σχηματισμός τριτομάδας από πέντε δευτερομάδες (Συχνότητες σε kHz).

ματίζεται από τη διαμόρφωση των φερουσών 420, 468, 516, 564 και 612 kHz από πέντε πρωτομάδες. Μια δευτερομάδα έχει 60 κανάλια και ζώνη συχνοτήτων 312 - 552 kHz.

9.2.3 Τριτομάδας.

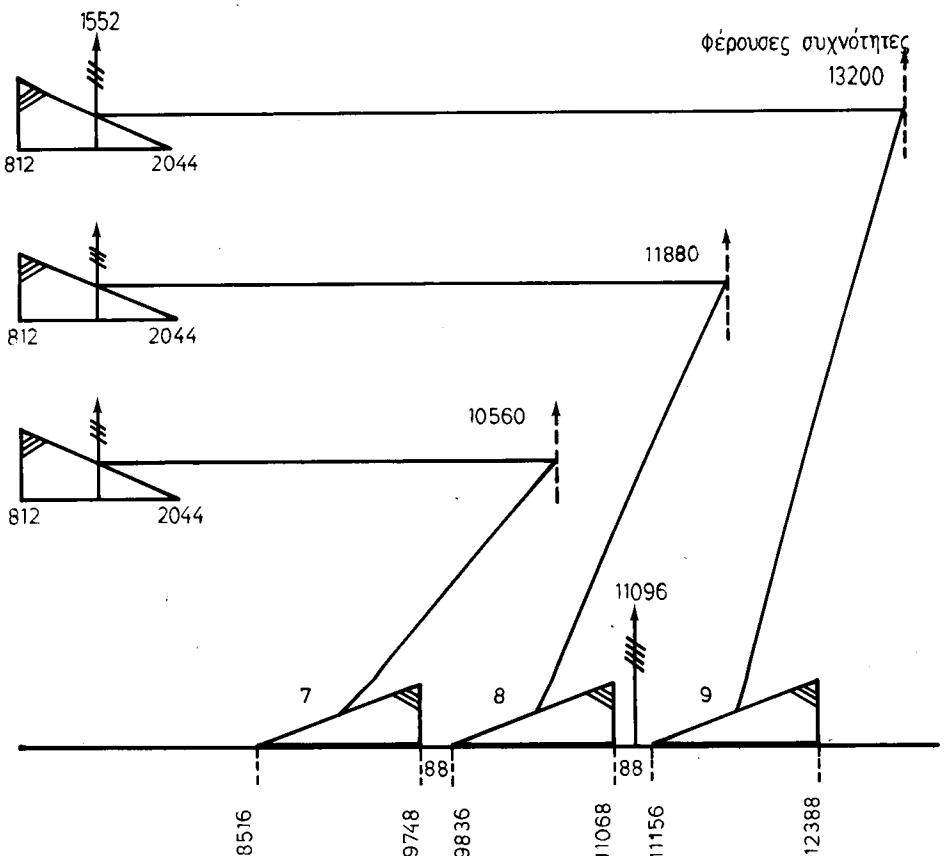
Στο σχήμα 9.2ε φαίνεται η σύνθεση μιας τριτομάδας που σχηματίζεται από τη διαμόρφωση των φερουσών συχνοτήτων 1364, 1612, 1860, 2108 και 2356 kHz από πέντε δευτερομάδες. Κάθε δευτερομάδα μέσα στην τριτομάδα απέχει από τη διπλανή της κατά 8 kHz. Μια τριτομάδα έχει 300 κανάλια και ζώνη 812 - 2044 kHz (1232 kHz).

9.2.4 Τεταρτομάδας.

Το σχήμα 9.2στ δείχνει τη σύνθεση της τεταρτομάδας που σχηματίζεται από διαμόρφωση των φερουσών 10.560, 11.880 και 13.200 kHz από τρεις ομάδες τρίτης τάξεως. Όπως φαίνεται και στο σχήμα κάθε ομάδα τρίτης τάξεως απέχει από τη διπλανή της 88 kHz. Η ομάδα τέταρτης τάξεως έχει 900 κανάλια.

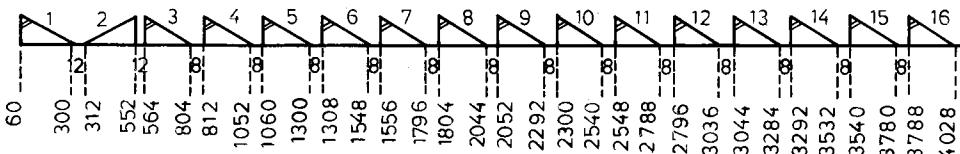
9.3 Φάσμα γραμμής ή βασική ζώνη.

Με το συνδυασμό ομάδων μιας τάξεως πρώτης, δεύτερης κλπ. που γίνεται με



Σχ. 9.2στ.

Σχηματισμός τεταρτομάδας από τρεις τριτομάδες (Συχνότητες σε kHz).



Σχ. 9.3.

Σχηματισμός φάσματος γραμμής 4 MHz από 16 δευτερομάδες για τη μεταβίβαση 960 καναλιών από ομοαξονικό καλώδιο ή ραδιοηλεκτρικό δίκτυο (Συχνότητες σε kHz).

τη διαμόρφωση καταλλήλων φερουσών συχνοτήτων σχηματίζεται ένα τελικό φάσμα συχνοτήτων που περιέχει όλα τα κανάλια και το οποίο αφού ενισχυθεί, θα οδηγηθεί πλέον στο μέσο μεταβιβάσεως για τη μεταβίβασή του στην αντίθετη πλευρά. Το φάσμα αυτό αποτελεί το φάσμα γραμμής ή τη βασική ζώνη.

Στο σχήμα 9.3 φαίνεται ως παράδειγμα η κατανομή των συχνοτήτων του φάσματος γραμμής ενός συστήματος 4 MHz που μπορεί να μεταβιβάσει με ομοαξονικό καλώδιο ή ραδιοηλεκτρικό δίκτυο 960 κανάλια.

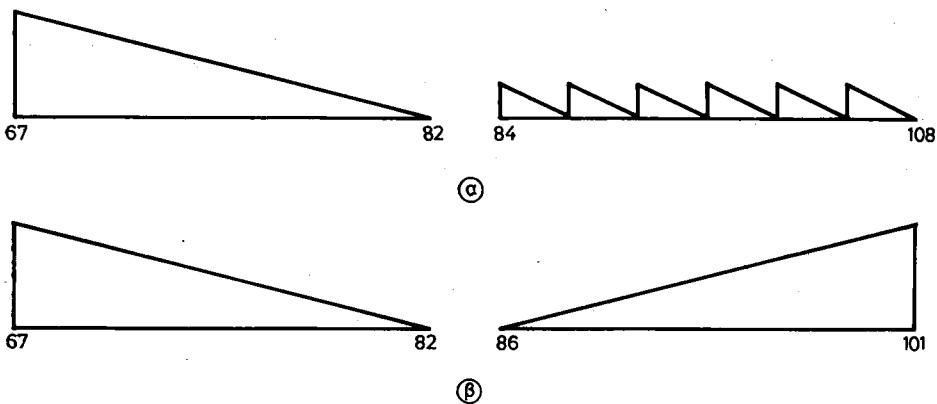
9.4 Φερέσυχνα ραδιοφωνικών προγραμμάτων.

Τα ραδιοφωνικά προγράμματα για να εκπεμφούν από τους τοπικούς πομπούς Ραδιοφωνίας, μεταβιβάζονται από μία πόλη σε άλλη με τα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα διά μέσου φερεσύχνων συστημάτων.

Επειδή το ραδιοφωνικό πρόγραμμα εκτός από την ομιλία μεταδίδει μουσική και τραγούδι, για να εξασφαλίζεται η πιστότητα κατά τη μεταβίβαση, τα ραδιοφωνικά κανάλια στα φερεσύχνα συστήματα, έχουν ζώνη συχνοτήτων 30 - 15.000 Hz αντί για τη ζώνη 300 - 3400 Hz που έχει το τηλεφωνικό κανάλι. Για να γίνει αυτό, το ραδιοφωνικό κανάλι απασχολεί το μισό από το φάσμα της βασικής ομάδας, δηλαδή ζώνη που αντιστοιχεί σε 6 τηλεφωνικά κανάλια.

Το φάσμα δηλαδή του ραδιοφωνικού προγράμματος μετά από διαμόρφωση καταλλήλων φερουσών μαζί με 6 τηλεφωνικά κανάλια μας κάνει μια πρωτομάρα.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 9.4 (α), το ραδιοφωνικό κανάλι καταλαμβάνει τη ζώνη 67 - 82 kHz. Πολλές φορές μεταβιβάζονται δύο ραδιοφωνικά προγράμματα στην ίδια πρωτομάρα [σχ. 9.4 (β)] για μεταδόσεις στερεοφωνικού προγράμματος. Από την πρωτομάρα και πέρα ακολουθείται η συνηθισμένη διαδικασία δημιουργίας δευτερομάρας κλπ.



Σχ. 9.4.

Ζώνες συχνοτήτων ραδιοφωνικών καναλιών (Συχνότητες σε kHz).

Παλιότερα χρησιμοποιούνταν ραδιοφωνικά κανάλια με ζώνη 50 - 10.000 Hz για τη μεταβίβαση της οποίας χρειαζόταν το φάσμα που αντιστοιχεί σε 3 τηλεφωνικά κανάλια.

9.5 Τηλεγραφικά φερέσυχνα συστήματα.

Τα τηλεγραφικά Φ/Σ συνδυάζουν πολλά τηλεγραφικά σήματα για να μεταβιβασθούν με το ίδιο μέσο μεταβιβάσεως.

Τα σήματα αυτά προέρχονται από αντίστοιχα τηλέτυπα και μεταβιβάζονται από ένα τηλεφωνικό κύκλωμα.

Όπως τα τηλεφωνικά Φ/Σ έτσι και τα τηλεγραφικά έχουν χωριστή κατεύθυνση

εκπομπής και χωριστή λήψεως, δηλαδή η λειτουργία είναι τετρασύρματη. Η μεταβίβαση προς μια κατεύθυνση γίνεται από ένα τηλεγραφικό κανάλι που λέγεται και τηλεγραφική διόδευση. Δύο αντίστοιχα τηλεγραφικά κανάλια αντιθέτων κατεύθυνσεων αποτελούν ένα τηλεγραφικό κύκλωμα.

Τα τηλεγραφικά φερέσυχνα διακρίνονται σε **διαιρέσεως συχνότητας**, με τα οποία και θα ασχοληθούμε, και σε **διαιρέσεως χρόνου**. Τα τηλεγραφικά φερέσυχνα διαιρέσεως συχνότητας χωρίζονται σε **διαμορφώσεως πλάτους** και σε **διαμορφώσεως συχνότητας**.

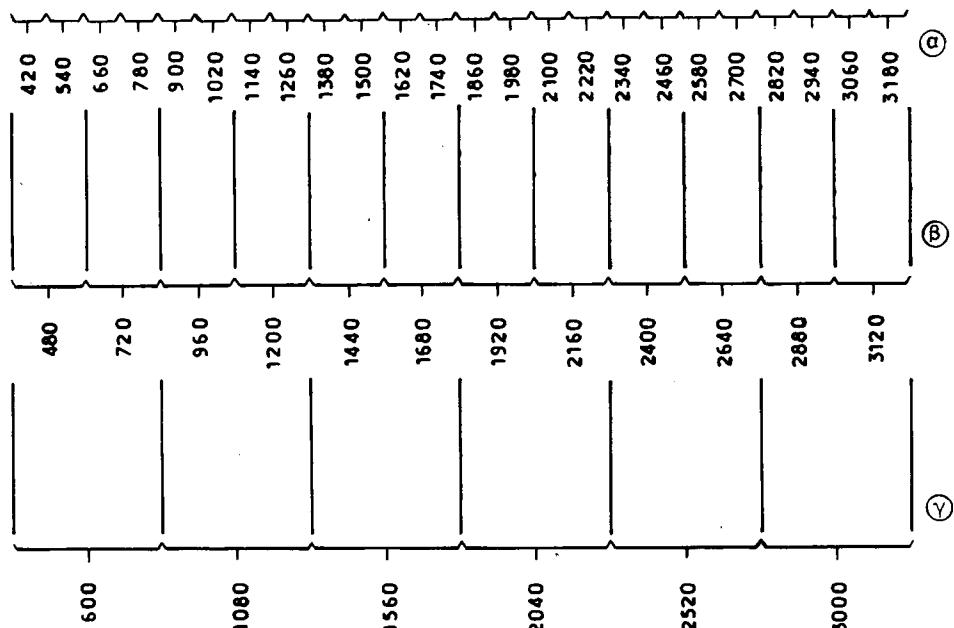
Στα Φ/Σ διαιρέσεως συχνότητας σε ένα τηλεφωνικό κανάλι τοποθετούνται μέσα στη ζώνη 300 - 3400 Hz φέρουσες συχνότητες που έχουν καθορισθεί από τη CCITT. Αν η τηλεγραφική ταχύτητα είναι 50 Baud, τότε οι φέρουσες είναι 24 $f_1 \dots f_{24}$ που αναγράφονται στον **Πίνακα 9.5.1 (α)** και απέχουν η μία από την άλλη κατά 120 Hz. Κάθε μία από αυτές αντιστοιχεί σε ένα τηλεγραφικό κανάλι. Δηλαδή σε ένα τηλεφωνικό κανάλι υπερτίθενται 24 τηλεγραφικά κανάλια των 50 Baud. Επίσης υπάρχουν και οι φέρουσες $f_0 = 300$ Hz και $f_{25} = 3300$ Hz που χρησιμοποιούνται για υπηρεσιακές συνδέσεις.

Στην ταχύτητα των 100 Baud οι φέρουσες είναι 12 και απέχουν η μία από την άλλη κατά 240 Hz [Πίνακας 9.5.1 (β)]. Επομένως σε ένα τηλεφωνικό κανάλι υπερτίθενται 12 τηλεγραφικά κανάλια των 100 Baud.

Στην ταχύτητα των 200 Baud μπορούν να υπερτεθούν σε ένα τηλεφωνικό κανάλι 6 τηλεγραφικά. Οι 6 φέρουσες αναγράφονται στον **Πίνακα 9.5.1 (γ)** και απέχουν 480 Hz.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.5.1.

Φέρουσες τηλεγραφικών καναλιών: α) των 50 Baud, β) των 100 Baud και γ) των 200 Baud (συχνότητες σε Hz).



9.6 Συστήματα παλμοκωδικής διαμορφώσεως.

Μέχρι πριν από λίγα χρόνια, στην τηλεφωνική επικοινωνία χρησιμοποιούνταν, σχεδόν αποκλειστικά, τα αναλογικά φερέσυχνα. Τελευταία όμως άρχισε να χρησιμοποιείται μια νέα τεχνική, γνωστή ως **ψηφιακή τεχνική**. Η τεχνική αυτή συνίσταται στην κωδικοποίηση του σήματος της ομιλίας σε ηλεκτρικούς παλμούς. Η μετατροπή του τηλεφωνικού σήματος σε παλμούς, από τους οποίους μπορεί να αναπαραχθεί στην πλευρά της λήψεως, αποτελεί τη **διαμόρφωση παλμών**.

Με τη μέθοδο αυτή μπορεί να μεταβιβασθεί αριθμός διαφορετικών τηλεφωνικών σημάτων με ένα μόνο μέσο μεταβιβάσεως και με τη χρησιμοποίηση φερεσύχνων **διαιρέσεως χρόνου** που είναι γνωστά ως φερέσυχνα **παλμοκωδικής διαμορφώσεως**. Στα συστήματα αυτά υπάρχουν οι παρακάτω λειτουργίες:

- Δειγματοληψία.
- Κβαντοποίηση.
- Κωδικοποίηση.

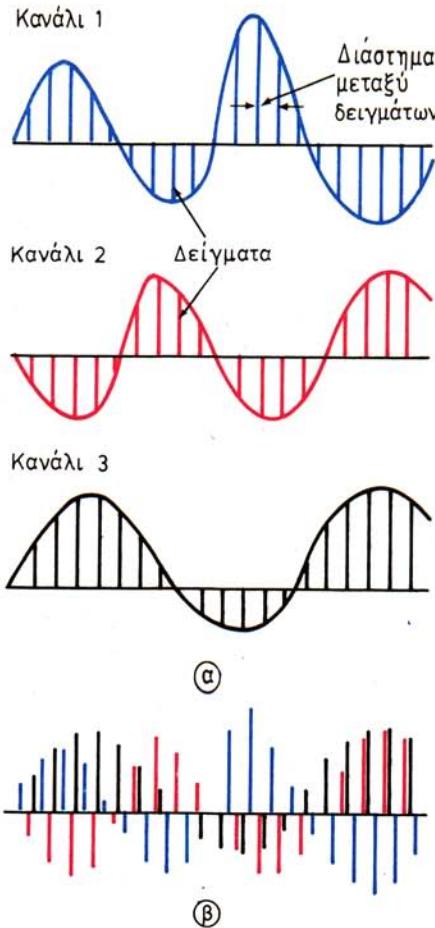
Η πρώτη λειτουργία είναι η δειγματοληψία των σημάτων ομιλίας με κατάλληλο ρυθμό επαναλήψεως και μέτρηση του πλάτους του σήματος. Κατά τη σπιγμή της δειγματοληψίας έχει αποδειχθεί μαθηματικά ότι αν από ένα σήμα λαμβάνονται δείγματα κατά καθορισμένα χρονικά διαστήματα και σε ένα ρυθμό τουλάχιστο διπλάσιο από τη μεγαλύτερη συχνότητα που περιέχουν, τότε τα δείγματα περιλαμβάνουν όλες τις πληροφορίες του αρχικού σήματος. Επομένως για τη μεταβιβάση ενός σήματος είναι αρκετό να μεταβιβασθούν τουλάχιστο δύο δείγματα πλάτους, σε κάθε περίοδο της μεγαλύτερης συχνότητας που περιέχει το σήμα.

Στα σχεδιασμένα για ομιλία συστήματα παλμοκωδικής διαμορφώσεως των οπίων η ζώνη όπως γνωρίζομε είναι 300 - 3400 Hz, χρησιμοποιείται δειγματοληψία με ρυθμό 8000 Hz ή δείγμα κάθε 125 msec (1/8.000 sec). Το διάστημα των 125 msec μεταξύ των δειγμάτων ενός τηλεφωνικού καναλιού μπορεί να κατανεμηθεί σε άλλα τηλεφωνικά κανάλια (σχ. 9.6a).

Μετά τη δειγματοληψία ακολουθεί η ταξινόμηση των δειγμάτων, τα οποία μπορεί να μην έχουν την ίδια τάση, σε ορισμένες στάθμες. Η λειτουργία αυτή λέγεται κβαντοποίηση και είναι ανάλογη με τη στρογγυλοποίηση που γίνεται στα μαθηματικά.

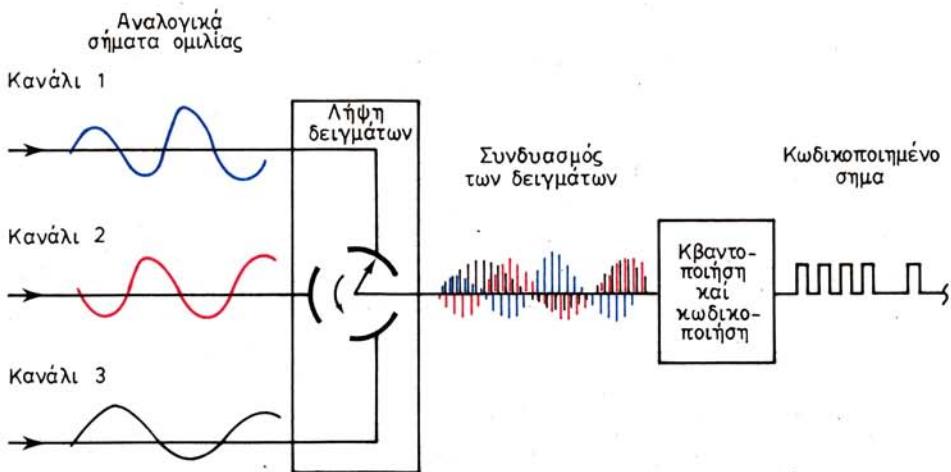
Με αυτές τις συγκεκριμένες στάθμες κβαντοποιήσεως μπορούν να εκπροσωπηθούν όλες οι στάθμες του σήματος ομιλίας. Αυτό γίνεται με τη χρησιμοποίηση της στάθμης κβαντοποιήσεως που είναι πιο κοντά στο πραγματικό πλάτος του παλμού του δείγματος.

Η επόμενη λειτουργία στα φερέσυχνα παλμοκωδικής διαμορφώσεως είναι η κωδικοποίηση των σταθμών κβαντοποιήσεως σε ψηφιακή μορφή. Ο κώδικας που χρησιμοποιείται είναι διαδικός και αποτελείται από τό συνδυασμό 1 και 0. Στην τηλεφωνία χρησιμοποιείται ο διαδικός κώδικας με 7 ψηφία. Ο κώδικας αυτός αντιστοιχεί σε 128 (2⁷) στάθμες κβαντοποιήσεως. Το κωδικοποιημένο σήμα αποτελείται από μια σειρά παλμών στην οποία το 1 αντιστοιχεί σε θετικό ή αρνητικό παλμό και το 0 σε διάστημα (δηλαδή όχι παλμό). Επειδή, όπως αναφέραμε προηγουμένως, μεταξύ δύο διαδοχικών δειγματοληψιών μεσολαβεί χρονικό διάστημα 125 μ sec, το χρονικό αυτό διάστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατάλληλα για την υπέρθεση πολλών καναλιών με κωδικοποιημένα σήματα, όπως αυτό που περιγράψαμε, το ένα μετά το άλλο (σχ. 9.6β).



Σχ. 9.6α.

α) Δειγματοληψία σε 3 κανάλια. β) Συνδυασμός των δειγμάτων των 3 καναλιών.



Σχ. 9.6β.

Απλοποιημένο διάγραμμα κλάδου εκπομπής φερεσύχνων παλμοκωδικής διαμορφώσεως.

Τα σήματα έχουν μετατραπεί σε κωδικοποιημένους παλμούς γι' αυτό και το σύστημα λέγεται φερέσυχνο παλμοκωδικής διαμορφώσεως γνωστό και σαν PCM* από την Αγγλική ορολογία. Τα κωδικοποιημένα αυτά σήματα μεταβιβάζονται με τη γραμμή. Στη λήψη ακολουθείται αντίστροφη διαδικασία. Μεταξύ του σταθμού που εκπέμπει και του σταθμού που λαμβάνει προβλέπεται και σύστημα συνεχούς συγχρονισμού.

Η τεχνική αυτή μειώνει τα προβλήματα θορύβου, γιατί οι παλμοί αναπαράγονται στους σταθμούς αναμεταδόσεως και στους σταθμούς λήψεως.

Τα συστήματα που παράγονται σήμερα είναι των 30 καναλίων και έχουν δύο επί πλέον κανάλια για συγχρονισμό και σηματοδότηση. Χρησιμοποιήθηκαν αρχικά στα ζευκτικά καλώδια με δύο ζεύγη αγωγών. Η χρησιμοποίησή τους ούμως επεκτείνεται τώρα και στα ομοαξονικά καλώδια και τα ραδιοηλεκτρικά δίκτυα με συστήματα ανωτέρων τάξεων με περισσότερα κυκλώματα. Τα ψηφιακά συστήματα αναμένεται ότι θα εξελιχθούν και θα παίξουν σημαίνοντα ρόλο στις τηλεπικοινώνιες.

* Pulse Code Modulation.



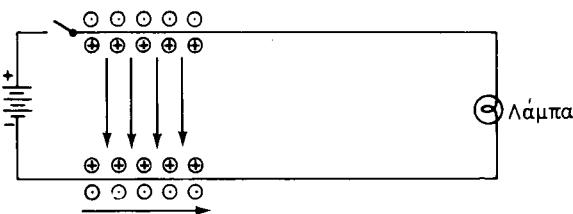
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΓΡΑΜΜΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

1.1 Ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο στη γραμμή.

Η πιο απλή γραμμή μεταφοράς αποτελείται από δύο παράλληλους μεταλλικούς αγωγούς. Στις τηλεπικοινωνίες χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι γραμμών μεταφοράς, όλοι αυτοί όμως μπορεί να θεωρηθούν ότι αποτελούν μια τροποποιημένη μορφή της βασικής γραμμής των δύο αγωγών. Όταν οι γραμμές αυτές διαρρέονται από συνεχές ρεύμα, υπάρχει μόνο εξασθένηση ισχύος που οφείλεται στην αμική τους αντίσταση. Όταν όμως το ρεύμα που τις διαρρέει μεταβάλλεται, εμφανίζονται ορισμένα φαινόμενα. Ας υποθέσουμε ότι μια μακριά γραμμή συνδέει πηγή συνεχούς ρεύματος με λαμπτήρα, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.1. Όταν ο διακόπτης είναι ανοικτός, ούτε ρεύμα διαρρέει τους αγωγούς ούτε μαγνητικό πεδίο υπάρχει γύ-



Σχ. 1.1.

Δημιουργία ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου κατά τη ροή ηλεκτρικού ρεύματος.

ρω τους. Όταν όμως κλείσει ο διακόπτης, αρχίζει να ρέει ρεύμα. Οι δύο αγωγοί φορτίζονται, όπως ένας πυκνωτής και εμφανίζεται ηλεκτρικό πεδίο ανάμεσα στους δύο αγωγούς, όπως ακριβώς στο διηλεκτρικό ανάμεσα στούς δύο οπλισμούς του πυκνωτή. Αυτό θα είναι ένα κινούμενο ηλεκτρικό πεδίο επειδή το ρεύμα κινείται κατά μήκος του αγωγού. Εκτός από αυτό κάθε αγωγός θα περιβάλλεται από μαγνητικό πεδίο, που θα είναι ισχυρότερο μεταξύ των δύο αγωγών.

Εφόσον το ρεύμα ρέει κατά μήκος του αγωγού, τα δύο πεδία, δηλαδή το ηλεκτρικό και το μαγνητικό, κινούνται κατά μήκος του αγωγού. Τα δύο πεδία θα εξακολουθήσουν να κινούνται μέχρι να φορτισθούν τελείως οι αγωγοί, δηλαδή το ρεύμα να φθάσει τη λάμπα και να την ανάψει. Κατά τη στιγμή αυτή η ροή του ρεύματος είναι ομοιόμορφη κατά μήκος της γραμμής και το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο είναι σταθερά και θα εξακολουθήσουν να υπάρχουν εφόσον η γραμμή διαρρέεται από ρεύμα.

Όταν ανοιχθεί κάι πάλι ο διακόπτης το ρεύμα θα σταματήσει να ρέει από την

πηγή, αλλά για ένα εξαιρετικά μικρό χρονικό διάστημα η λάμπα θα εξακολουθήσει νά φωτίζει. Το ρεύμα θα εξακολουθήσει δηλαδή να ρέει στη γραμμή χάρη στο ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο που υπήρχε γύρω από τους αγωγούς (επίρρευμα διακοπής). Τα δύο πεδία που δημιουργήθηκαν επαγγικά γύρω από τους αγωγούς δεν αντιπροσωπεύουν απώλεια ενέργειας, αλλά αποθήκευση. Εφόσον η πηγή που δημιουργήσει και διατηρούσε τα πεδία σταμάτησε, έπαιψαν να υπάρχουν και τα πεδία, επιστρέφοντας πίσω στη γραμμή την ενέργεια που αρχικά χρησιμοποιήθηκε, για να τα δημιουργήσει.

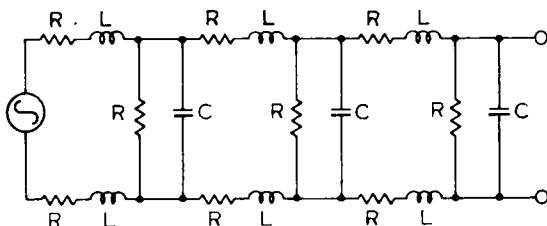
1.2 Χωρητικότητα και αυτεπαγγή γραμμής.

Σύμφωνα με τη θεωρία του ηλεκτρισμού, το μαγνητικό πεδίο παράγεται από ρεύμα που διαρρέει μια αυτεπαγγή και το ηλεκτρικό πεδίο από ρεύμα μιας χωρητικότητας. Εφόσον υπάρχουν αυτά τα πεδία γύρω από τη γραμμή μεταφοράς σημαίνει ότι η γραμμή έχει κάποια αυτεπαγγή και κάποια χωρητικότητα.

Η αυτεπαγγή υπάρχει επειδή οι αγωγοί συμπεριφέρονται σαν πηνίο αλλά και η χωρητικότητα υπάρχει, γιατί οι δύο αγωγοί ενεργούν σαν πλάκες πυκνωτή. Στο συνεχές ρεύμα αλλά και στο εναλλασσόμενο 50 Hz η χωρητικότητα και η αυτεπαγγή της γραμμής είναι αμελητέες. Στις υψηλές όμως συχνότητες η χωρητικότητα και η αυτεπαγγή της γραμμής έχουν σημασία.

Οι χωρητικότητες και οι αυτεπαγγές είναι κατανεμημένες ομαλά σε μια γραμμή, μπορεί όμως να θεωρηθεί ότι είναι συγκεντρωμένες σε ορισμένα σημεία της γραμμής με ισοδύναμες τιμές. Τούτο διευκολύνει πολύ για να επεξηγηθεί η συμπεριφορά της γραμμής.

Κατά τη ροή του συνεχούς ρεύματος κατά μήκος της γραμμής προς τη λάμπα δημιουργήθηκαν ορισμένες καταστάσεις που περιγράφηκαν προηγουμένως. Οι καταστάσεις αυτές οφείλονται στην κίνηση των ηλεκτρονίων μέσα στους αγωγούς και συμβαίνουν κατά την αποκατάσταση και τη διακοπή του ρεύματος. Κατά τη ροή του εναλλασσόμενου ρεύματος η τιμή του ρεύματος αλλάζει συνεχώς και για το λόγο αυτό αλλάζει και το πεδίο επαγγής.



Σχ. 1.2.

γραμμής μεταφοράς.

Το σχήμα 1.2 δείχνει, σε προσεγγιστική παραδοχή συγκεντρωμένες τις σταθερές ενός μικρού τμήματος μιας γραμμής μεταφοράς, η οποία μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει άπειρο μήκος. Κατά τη ροή του εναλλασσόμενου ρεύματος μέσα στη γραμμή θα δημιουργηθεί ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο, όπως και προηγουμένως

με το συνεχές ρεύμα, με τη διαφορά ότι τα πεδία θα αλλάζουν συνεχώς τιμή και διεύθυνση. Δύο αωμικές αντιστάσεις πρέπει να προστεθούν σε κάθε τρίμα μια σε σειρά με τη γραμμή και μια μεταξύ των αγωγών της γραμμής. Οι αντιστάσεις που είναι σε σειρά αντιπροσωπεύουν την αωμική αντίσταση της ίδιας της γραμμής, ενώ οι αντιστάσεις που είναι μεταξύ των αγωγών οφείλονται στην αγωγιμότητα του διηλεκτρικού που περιβάλλει τους αγωγούς. Με τη χρησιμοποίηση καταλλήλων αγωγών οι αντιστάσεις που είναι σε σειρά μπορεί να γίνουν μικρές, ενώ η αγωγιμότητα μεταξύ των αγωγών είναι αμελητέα αν χρησιμοποιείται καλό διηλεκτρικό όπως ο αέρας. Η χωρητικότητα που φαίνεται στο σχήμα 1.2 είναι η χωρητικότητα μεταξύ των αγωγών. Υπάρχει και μια άλλη χωρητικότητα που δεν την δείχνει το σχήμα και είναι η χωρητικότητα που παρουσιάζει κάθε αγωγός μόνος του.

Η χωρητικότητα του ίδιου του αγωγού εξηγείται κατά τον ακόλουθο τρόπο: Αν ο αγωγός έχει μεγάλο μήκος σε σύγκριση με το μηκος κύματος του εναλλασσόμενου ρεύματος που τον διαρρέει, θα υπάρχουν σημεία κατά μήκος του αγωγού, όπου η τάση θα είναι ελάχιστη και μέγιστη. Ανάμεσα στα σημεία αυτά που έχουν τη μεγάλη διαφορά δυναμικού θα υπάρχει μια χωρητικότητα. Βέβαια η χωρητικότητα αυτού του είδους δεν περιορίζεται μόνο ανάμεσα στα δύο σημεία αλλά θα υπάρχει ανάμεσα σε όλα τα σημεία που έχουν κάποια διαφορά δυναμικού. Έτσι ο αγωγός έχει τη δική του χωρητικότητα.

Στις χαμηλές συχνότητες η χωρητικότητα αυτή είναι αμελητέα, γιατί οι πραγματικές αποστάσεις μεταξύ των σημείων που αναφέραμε είναι μεγάλες. Στις υψηλές όμως συχνότητες, των μικροκυμάτων για παράδειγμα, αποκτά τιμή που έχει σημασία. Τέλος υπάρχει και η χωρητικότητα μεταξύ αγωγών και εδάφους, που είναι όμως μικρή σε σύγκριση με τη χωρητικότητα μεταξύ των αγωγών.

1.3 Τερματισμός γραμμής – Στάσιμα κύματα.

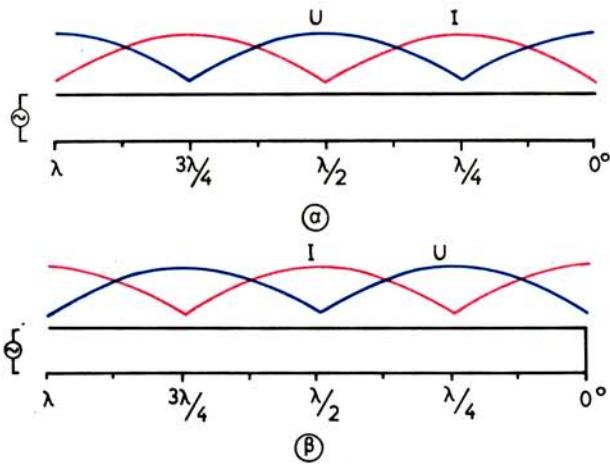
Το μήκος μιας γραμμής μεταφοράς και ο τερματισμός της ή το φορτίο που τροφοδοτείται από τη γραμμή έχει σημαντική επίδραση στο κύμα που μεταφέρεται με τη γραμμή. Αν μπορούσε να κατασκευασθεί μια γραμμή με άπειρο μήκος, το κύμα που μεταφέρεται θα προχωρούσε συνεχώς, αν υποτεθεί ότι δεν υπήρχαν απώλειες ακτινοβολίας, διαρροή ανάμεσα στους αγωγούς και οι αγωγοί δεν είχαν αωμική αντίσταση. Το σημαντικό σημείο μιας γραμμής με άπειρο μήκος είναι ότι υπάρχει μόνο ένα κύμα στη γραμμή που κατευθύνεται από την πηγή προς την άλλη πλευρά της γραμμής δηλαδή το μεταβιβαζόμενο. Η γραμμή με άπειρο μήκος που έχει μόνο τέτοιο κύμα λέγεται **ασυντόνιστη γραμμή**. Όποια άλλη γραμμή που έχει ορισμένο μήκος και τερματίζεται κατά τρόπο που να μην έχομε ανακλώμενο κύμα λέγεται και αυτή ασυντόνιστη γραμμή.

Όταν μια γραμμή δεν έχει άπειρο μήκος αλλά κάποιο μήκος ορισμένο, που μπορεί να μετρηθεί, ο τρόπος με τον οποίο είναι τερματισμένη επηρεάζει την κίνηση του κύματος. Για παράδειγμα ας υποθέσουμε ότι έχουμε μια γραμμή μεταφοράς με μήκος ίσο με μερικά μήκη κύματος και ανοικτή στην άκρη της. Όταν το μεταβιβαζόμενο ή προσπίπτον κύμα φθάνει στο ανοικτό άκρο της γραμμής, αυτό ενεργεί σαν κάτοπτρο ανακλώντας το προσπίπτον κύμα προς τα πίσω. Το ανακλώμενο κύμα είναι στην πραγματικότητα η συνέχεια του προσπίπτοντος και έτσι οδεύουν στη γραμμή δύο κύματα. Επειδή τα δύο αυτά κύματα υπάρχουν στη γραμμή ταυτόχρο-

να συμβάλλουν και σχηματίζουν ένα **στάσιμο κύμα**. Οι δεσμοί και οι κοιλιές του παραμένουν πάντοτε στα ίδια σημεία κατά μήκος της γραμμής. Επειδή το προσπίπτον και το ανακλώμενο κύμα οδεύουν με την ίδια ταχύτητα αλλά με αντίθετες κατευθύνσεις, το πλάτος του στάσιμου κύματος σε κάθε σημείο αλλάζει συνεχώς, αλλά το μέγιστο και το ελάχιστο δηλαδή οι δεσμοί και οι κοιλιές δεν μετακινούνται κατά μήκος της γραμμής αντίθετα με αυτό που συμβαίνει στο προσπίπτον και στο ανακλώμενο κύμα.

Συνεχίζοντας ας εξετάσουμε την τιμή της τάσεως U σε ορισμένα σημεία κατά μήκος της ανοικτής γραμμής μεταφοράς. Στο ανοικτό άκρο της γραμμής το πλάτος της τάσεως θα είναι μέγιστο. Επειδή στο σημείο αυτό η αντίσταση είναι πολύ μεγάλη. Πηγαίνοντας από το σημείο αυτό πίσω προς την πηγή η τάση θα μικραίνει φθάνοντας στο ελάχιστο σε απόσταση $1/4$ μήκους κύματος λ από την άκρη της γραμμής, μετά αυξάνεται και γίνεται μέγιστο σε απόσταση $1/2$ μήκους κύματος από την άκρη και συνεχίζει κατά τον τρόπο αυτό πηγαίνοντας προς την πηγή [σχ. 1.3 (α)]. Στην περίπτωση που η γραμμή είναι βραχυκυκλωμένη στην άκρη της, η τάση στο σημείο αυτό θα είναι μηδέν επειδή το βραχυκύκλωμα ρίχνει την τάση [σχ. 1.3 (β)].

Η μεταβολή της ενεργού τιμής της τάσεως σε μια γραμμή λόγω της ανακλάσεως μας δίνει το λόγο στάσιμου κύματος. Δηλαδή **λόγος στάσιμου κύματος** σε μια γραμμή είναι το πηλίκο της μέγιστης τιμής της τάσεως προς την ελάχιστη. Για να μεταβιβάζεται περισσότερη ενέργεια πρέπει ο λόγος στάσιμου κύματος μιας γραμμής να είναι όσο γίνεται μικρότερος πλησιάζοντας τη μονάδα.



Σχ. 1.3.

Κατανομές τάσεως U και ρεύματος I γραμμής ξεκινώντας από την άκρη της.

α) Με ανοικτή άκρη. β) Με βραχυκυκλωμένη άκρη.

Αναφέραμε στα προηγούμενα ότι μια γραμμή έχει ωμική αντίσταση, χωρητικότητα και αυτεπαγγή. Η σύνθετη αντίσταση της γραμμής σε κάθε σημείο καθορίζει την ένταση του ρεύματος στο σημείο αυτό. Η τιμή του ρεύματος εξαρτάται από τον τρόπο που τερματίζεται η γραμμή, όπως συνέβαινε και με την τάση. Μια ανοικτή γραμμή όπως είδαμε έχει μέγιστο τάσεως στην άκρη της. Το ρεύμα I στο σημείο αυτό θα είναι μηδέν επειδή το ανοικτό άκρο ενεργεί στο σημείο αυτό σαν μια εξαιρετικά μεγάλη αντίσταση. Σε αποστάσεις από το ανοικτό άκρο της γραμμής που είναι ακέραια πολλαπλάσια του μισού μήκους κύματος η τάση του στάσιμου

κύματος θα είναι μέγιστη και το ρεύμα ελάχιστο. Οι ενδιάμεσες τιμές θα μεταβάλλονται ημιτονικά και η σύνθετη αντίσταση σε κάθε σημείο μπορεί να καθορισθεί από την τιμή της τάσεως και εντάσεως στο σημείο αυτό.

1.4 Χαρακτηριστική αντίσταση γραμμής.

Όπως είδαμε στη γραμμή άπειρου μήκους τα κύματα προχωρούν χωρίς να έχουμε ανάκλαση. Οι γραμμές όμως άπειρου μήκους δεν υπάρχουν, είναι θεωρητικές και οι πραγματικές γραμμές έχουν κάποιο μήκος που είναι συγκεκριμένο και όχι άπειρο. Είδαμε επίσης ότι αν η γραμμή είναι ανοικτή ή βραχυκυκλωμένη στην άκρη της θα έχουμε ολική ανάκλαση των κυμάτων. Αν στην άκρη της γραμμής υπάρχει μια αντίσταση, θα έχουμε μερική ανάκλαση, γιατί ένα μέρος της ενέργειας θα απορροφηθεί από αυτήν. Με μια κατάλληλη τιμή αντιστάσεως στην άκρη της γραμμής δεν θα έχουμε καθόλου ανάκλαση, δηλαδή η γραμμή θα συμπεριφέρεται όπως η γραμμή με άπειρο μήκος, η αντίσταση αυτή είναι η **χαρακτηριστική αντίσταση** της γραμμής. Αποδεικνύεται ότι η χαρακτηριστική αντίσταση Z_0 μιας γραμμής μεταφοράς δίνεται από τον τύπο:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}}$$

όπου: L_0 και C_0 η αυτεπαγωγή και η χωρητικότητα ανά μονάδα μήκους της γραμμής.

Για να πάρει την απλοποιημένη αυτή μορφή ο τύπος υπολογίσθηκε ότι ο ρόλος της αωμικής αντιστάσεως των αγωγών και της αγωγιμότητας μεταξύ των αγωγών είναι πολύ μικρός σε σύγκριση με το ρόλο της αυτεπαγωγής και της χωρητικότητας.

Από τη μαθητική αυτή σχέση προκύπτει ότι η χαρακτηριστική αντίσταση της γραμμής εξαρτάται από τις γεωμετρικές διαστάσεις των αγωγών της, την απόσταση ανάμεσα στους αγωγούς και το μονωτικό που τους περιβάλλει, δηλαδή από τα χαρακτηριστικά της γραμμής που καθορίζουν τα L_0 και C_0 .

Αν μια γραμμή έχει στο άκρο της αντίσταση ή ένα φορτίο ίσο με τη χαρακτηριστική της, θα φαίνεται από την πηγή σα να έχει άπειρο μήκος και δεν θα παρατηρείται ανάκλαση, δηλαδή έχουμε **προσαρμογή**.

Αν δεν είναι γνωστές οι τιμές των L_0 και C_0 μπορεί να υπολογισθεί η χαρακτηριστική αντίσταση μιας γραμμής από την τιμή των αντιστάσεων Z_a και Z_b που παρουσιάζει η γραμμή με ανοικτή και βραχυκυκλωμένη άκρη αντίστοιχα. Οι αντιστάσεις αυτές μπορεί να μετρηθούν.

Ο υπολογισμός γίνεται με τον τύπο:

$$Z_0 = \sqrt{Z_a - Z_b}$$

1.5 Απώλειες γραμμής.

Όταν ένα κύμα μεταφέρεται με μια γραμμή η ενέργεια του ελαττώνεται συνεχώς χάρη στις απώλειες της γραμμής. Η εξασθένηση αυτή του κύματος αυξάνεται με τη συχνότητα. Οι απώλειες οφείλονται στις παρακάτω αιτίες:

- Στην απορρόφηση ενέργειας από τους αγωγούς και μετατροπή σε θερμότητα, γιατί οι αγωγοί έχουν ωμική αντίσταση.
- Στην αγωγιμότητα μεταξύ των αγωγών μέσα από το μονωτικό.
- Στην ακτινοβολία και την επίδραση του πεδίου στα γειτονικά κυκλώματα.

Επίσης στην εξασθένηση συντελούν και οι καιρικές συνθήκες όπως υγρασία, θερμοκρασία κλπ., γιατί επηρεάζουν τις δύο πρώτες αιτίες εξασθενήσεως.

Γενικά μπορούμε να πούμε ότι μια γραμμή είναι τόσο καλύτερη όσο περισσότερη ενέργεια μεταφέρει από την πηγή στο σημείο προορισμού.

Η ταχύτητα υ με την οποία κινούνται τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα στις γραμμές μεταφοράς, είναι μικρότερη από την ταχύτητά τους στον ελεύθερο χώρο, που ισούται με την ταχύτητα του φωτός. Από τη σχέση $u = \lambda \cdot f$ και επειδή η συχνότητα f του ηλεκτρομαγνητικού κύματος είτε μεταδίδεται στον ελεύθερο χώρο είτε στη γραμμή είναι η ίδια, προκύπτει ότι εκτός από την ταχύτητα και το μήκος κύματος είναι μικρότερο μέσα στις γραμμές από τον ελεύθερο χώρο.

1.6 Πρακτική μορφή των γραμμών μεταφοράς.

Αν οι αγωγοί που χρήσιμοποιούνται σε μια γραμμή είναι όμοιοι, τότε η γραμμή λέγεται συμμετρική, αν είναι διαφορετικοί λέγεται ασύμμετρη.

Υπάρχουν γενικά τρεις τύποι γραμμών μεταφοράς:

- Οι **εναέριες**, που είναι δύο αγωγοί που αναρτώνται σε στύλους και είναι γραμμές συμμετρικές.
- Τα **καλώδια**, που αποτελούνται από ένα αριθμό ζευγών μεταλλικών αγωγών. Κάθε ζεύγος αγωγών είναι μια συμμετρική γραμμή.
- Οι **ομοαξονικές**. Η ομοαξονική γραμμή αποτελείται από ένα κυλινδρικό αγωγό που περιβάλλεται από ένα κοίλο κυλινδρικό αγωγό με μεγαλύτερη διάμετρο.

Ανάμεσα στους δύο αγωγούς παρεμβάλλεται μονωτικό. Η γραμμή αυτή είναι ασύμμετρη. Τα ομοαξονικά καλώδια, όπως είδαμε στην παράγρ. 4.3, αποτελούνται από μία ή περισσότερες ομοαξονικές γραμμές.

1.7 Χρήσεις των γραμμών μεταφοράς.

Οι γραμμές μεταφοράς χρησιμοποιούνται κυρίως για το σκοπό που αναφέραμε στά προηγούμενα, δηλαδή για τη μεταφορά ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων από ένα σημείο σε άλλο. Με ορισμένες προϋποθέσεις στις υψηλότερες κυρίως συχνότητες χρησιμοποιούνται και σαν φίλτρα, σαν εξασθενητές, για να προσαρμόσουν δύο διατάξεις με διαφορετική σύνθετη αντίσταση, σαν μετατροπείς φάσεως και σαν γραμμές καθυστερήσεως.

Δεν θα επεκταθούμε στις χρήσεις αυτές, αλλά για μια απλή ιδέα θα πούμε λίγα για τις δύο τελευταίες.

Σε απόσταση ίση με ένα μήκος κύματος σε μια γραμμή που είναι προσαρμοσμένη έχουμε αλλαγή φάσεως 360° . Ένα μικρό τμήμα γραμμής, μπορεί λοιπόν να χρησιμοποιηθεί για να αλλάξει τη φάση ανάμεσα σε δύο σημεία, δηλαδή σαν μετατροπέας φάσεως. Αν πάρομε ως παράδειγμα γραμμή με μήκος ίσο με $1/8$ μήκους κύματος, θα έχουμε ανάμεσα στη είσοδο και την έξοδο της γραμμής αυτής αλλαγή φάσεως κατά 45° ($360^\circ/8$).

Επίσης μεγαλώνοντας μια γραμμή δημιουργούμε χρονική καθυστέρηση, που εξαρτάται από το μήκος της γραμμής. Επειδή για να έχομε σχετικά μεγάλη καθυστέρηση χρειάζεται γραμμή με πολύ μεγάλο μήκος, χρησιμοποιούνται αντί για πραγματικές γραμμές οι **τεχνητές γραμμές** που αποτελούνται από πυκνωτές και πηνία και μπορούν να προκαλέσουν την επιθυμητή χρονική καθυστέρηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΔΙΑΔΟΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ

2.1 Γενικά

Η Φυσική έχει κατατάξει το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στις παρακάτω κατηγορίες:

- Στα ραδιολεκτρικά κύματα.
- Στην υπέρυθρη ακτινοβολία.
- Στο ορατό φως.
- Στην υπεριώδη ακτινοβολία.
- Στις ακτίνες X.
- Στις ακτίνες γ και
- στις κοσμικές ακτίνες.

Όλα τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα του φάσματος, από τα ραδιολεκτρικά κύματα μέχρι τις κοσμικές ακτίνες, έχουν την ίδια υφή και διαδίνονται στο κενό με την ίδια ταχύτητα των 300.000 km/sec, γνωστή ως ταχύτητα του φωτός. Διαφέρουν όμως στη συχνότητα και γι' αυτό η συμπεριφορά τους και οι ιδιότητές τους είναι διαφορετικές.

Στις τηλεπικοινωνίες χρησιμοποιούνται τα ραδιολεκτρικά κύματα. Τα τελευταία μόλις χρόνια άρχισε να χρησιμοποιείται και το υπέρυθρο με τα συστήματα διαδόσεως με οπτικές ίνες.

Στο κεφάλαιο αυτό θα ασχοληθούμε αποκλειστικά με τα ραδιολεκτρικά κύματα. Συνήθως στις τηλεπικοινωνίες όταν χρησιμοποιούμε τον όρο ηλεκτρομαγνητικά κύματα εννοούμε τα ραδιολεκτρικά κύματα και όχι όλο το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.

Το φάσμα των ραδιολεκτρικών κυμάτων χρησιμοποιείται από τις τηλεπικοινωνίες, τη ραδιοφωνία, την τηλεόραση, τη ραδιομετεωρολογία κλπ. Η επιτροπή CCIR της Διεθνούς Ενώσεως Τηλεπικοινωνιών το έχει κατατάξει σε ζώνες όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.1.1.

Με τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μεταβιβάζεται ενέργεια στο χώρο με μορφή ακτινοβολίας. Σύμφωνα με τη Φυσική αποτελούνται από ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο. Τα πεδία αυτά είναι κάθετα μεταξύ τους και κάθετα επίσης προς τη διεύθυνση διαδόσεως. Η μισή από την ενέργεια του κύματος είναι σε μορφή ηλεκτροστατικής ενέργειας και η άλλη μισή σε μαγνητικής.

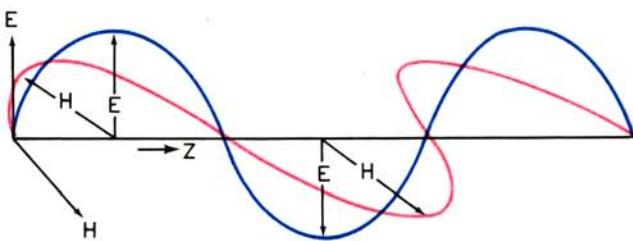
Στο σχήμα 2.1 απεικονίζεται ένα τμήμα ηλεκτρομαγνητικού κύματος σε τρεις διαστάσεις. Το ηλεκτρικό πεδίο συμβολίζεται με το άνυστρα Ε και το μαγνητικό με

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1.1

Ζώνη	Μήκος κύματος	Ονομασία	Συμβολισμός
3 kHz – 30 kHz	100 km – 10 km	Υπερμακρά κύματα	VLF
30 kHz – 300 kHz	10 km – 1 km	Μακρά κύματα	LF
300 kHz – 3 MHz	1 km – 100 m	Μεσαία κύματα	MF
3 MHz – 30 MHz	100 m – 10 m	Βραχέα κύματα	HF
30 MHz – 300 MHz	10 m – 1 m	Υπερβραχέα κύματα	VHF
300 MHz – 3 GHz	1 m – 10 cm	Μικροκύματα (δεκατομετρικά)	UHF
3 GHz – 30 GHz	10 cm – 1 cm	Μικροκύματα (εκατοστομετρικά)	SHF
30 GHz – 300 GHz	1 cm – 1 mm	Χιλιοστομετρικά κύμ.	EHF

Υπενθυμίζεται ότι:

$k = x \times 10^3$ χίλιο (kilo), $M = x \times 10^6$ Μέγα (Mega),
 $G = x \times 10^9$ Γίγια (Giga); $m = x \times 10^{-3}$ χιλιοστό (mili).



Σχ. 2.1.

Ηλεκτρομαγνητικό κύμα.

E = Ηλεκτρικό πεδίο. H = Μαγνητικό πεδίο. Z = Κατεύθυνση διαδόσεως.

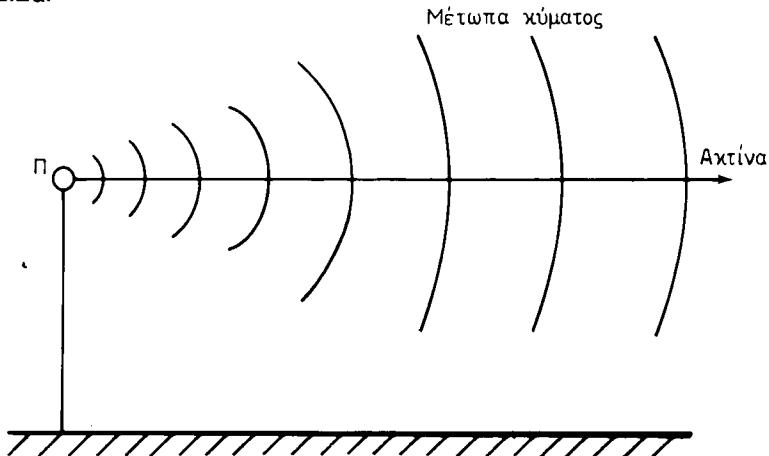
το άνυσμα H. Η διεύθυνση διαδόσεως του ηλεκτρομαγνητικού κύματος συμβολίζεται με το Z. Η διεύθυνση του ηλεκτρικού πεδίου λέγεται και **διεύθυνση πολώσεως του ηλεκτρομαγνητικού κύματος**. Στο σχήμα το ηλεκτρομαγνητικό κύμα έχει κατακόρυφη πόλωση. Αν η διεύθυνση του ηλεκτρικού πεδίου είναι οριζόντια τότε το κύμα είναι πολωμένο οριζόντια. Αν κατά την όδευση του ηλεκτρομαγνητικού κύματος το ηλεκτρικό πεδίο περιστρέφεται, τότε έχουμε κυκλική πόλωση.

Κάθε κύκλωμα που διαρρέεται από εναλλασσόμενο ρεύμα υψηλής συχνότητας ακτινοβολεί στο χώρο μια ποσότητα ενέργειας με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Η ακτινοβολούμενη αυτή ενέργεια είναι εξαιρετικά μικρή, εκτός αν οι διαστάσεις του κυκλώματος πλησιάζουν το μήκος κύματος της υψηλής συχνότητας οπότε γίνεται σημαντική. Αυτό συμβαίνει στις κεραίες (Κεφ. έκτο).

2.2 Τρόποι διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

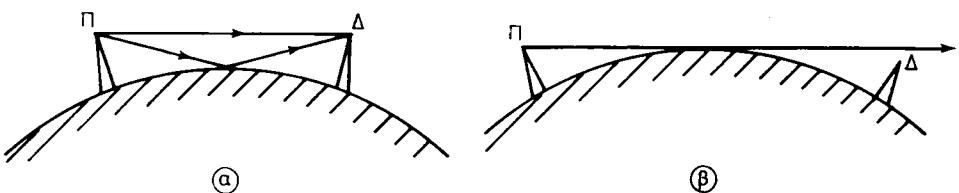
Η πιο απλή διάδοση είναι η διάδοση του ελεύθερου χώρου την οποία βεβαίως δεν μπορούμε να επιτύχομε στην πράξη, επειδή υπάρχει η γη και η ατμόσφαιρα

που δεν είναι ομοιόμορφη, δίνει όμως μία χρήσιμη αναφορά για τις πραγματικές συνθήκες. Η εξασθένηση ελεύθερου χώρου μεταξύ δύο κεραιών εξαρτάται από την απόσταση και τη συχνότητα. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται στον ελεύθερο χώρο με τρόπο που τα μέτωπα κύματος, δηλαδή τα σημεία που το κύμα έχει την ίδια φάση, είναι σφαιρικά και οι ακτίνες καμπυλότητάς τους μεγαλώνουν συνεχώς. Θεωρούμε ότι τα κύματα αυτά οδεύουν ευθύγραμμα όπως δείχνει το σχήμα 2.2a.



Σχ. 2.2a.

Ευθύγραμμη διάδοση των κυμάτων σε μορφή ακτίνων. Π = Πομπός.



Σχ. 2.2β.

Διαδρομή των ακτίνων πάνω από την καμπύλη επιφάνεια της γης. α) Μέσα στον οπτικό ορίζοντα. β) Πέρα από τον οπτικό ορίζοντα. Π = Πομπός, Δ = Δέκτης.

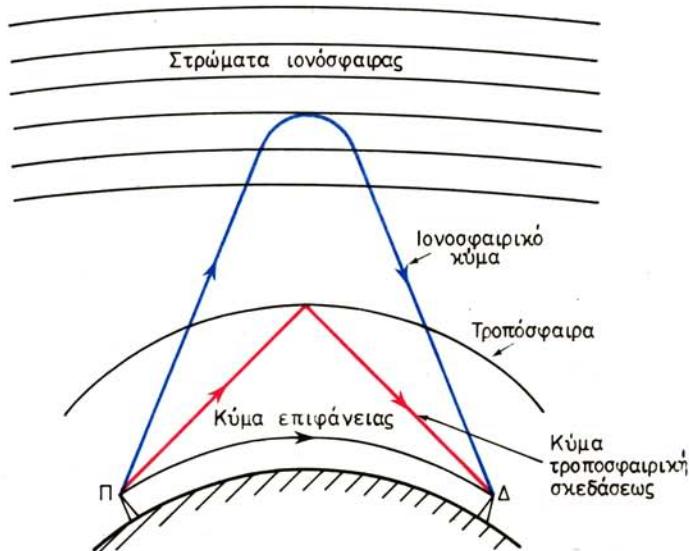
Η αρχή της ευθύγραμμης διαδρομής χρησιμοποιείται για να καθορισθεί η πορεία διαδόσεως των κυμάτων, αλλά δεν πρέπει να ξεχάμε και τη σφαιρική μορφή που έχουν. Η εξασθένηση ελεύθερου χώρου οφείλεται στο ότι το μέτωπο κύματος μεγαλώνει με την απόσταση από την πηγή και επομένως η ακτινοβολούμενη ισχύς απλώνεται σε μεγαλύτερη επιφάνεια.

Ας εξετάσουμε τώρα τις πραγματικές περιπτώσεις διαδόσεως. Είναι φανερό από το σχήμα 2.2β (a) που παριστά ένα πομπό Π και ένα δέκτη Δ που βρίσκονται στην επιφάνεια της γης ότι, αν μπορεί να χαραχθεί μια ευθεία γραμμή από το πομπό στο δέκτη χωρίς να συναντά τη γη, ο δέκτης θα λαμβάνει σήμα. Εκτός από το κατευθείαν αυτό σήμα μπορεί να φθάσει στο δέκτη και ένα άλλο μετά από ανάκλαση στην επιφάνεια της γης. Αυτά τα δύο αποτελούν το **κύμα χώρου**. Δηλαδή το κύμα

χώρου αποτελείται από το κατευθείαν κύμα και το ανακλώμενο στην επιφάνεια της γης.

Άν η απόσταση μεταξύ πομπού και δέκτη είναι τέτοια ώστε εξ αιτίας της καμπυλότητας της γης να μην είναι δυνατή η οπτική επαφή, ο δέκτης δεν θα λάβει κύμα χώρου [σχ. 2.2β (β)]. Η επικοινωνία δύναται δυνατή και πέρα από τον ορίζοντα χάρη στα **κύματα επιφάνειας** και στα **ιονοσφαιρικά κύματα**. Τα κύματα επιφάνειας προέρχονται από ενέργεια που οδεύει κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, οδηγούνται από αυτό και ακολουθούν την καμπυλότητα της γης όπως τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα οδηγούνται από μια γραμμή μεταφοράς. Αυτά οφείλονται σε περίθλαση.

Το κατευθείαν κύμα, το ανακλώμενο στην επιφάνεια της γης και το επιφάνειας αποτελούν μαζί το **κύμα εδάφους**. Μπορούμε να πούμε επίσης ότι το κύμα εδάφους αποτελείται από το κύμα χώρου και το κύμα επιφάνειας.



Σχ. 2.2γ.

Διάδοση πέρα από τον οπτικό ορίζοντα.

Τα ιονοσφαιρικά κύματα όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2γ προέρχονται από κύματα που κατευθύνονται προς τα επάνω. Τα κύματα αυτά κάμπονται σε ένα ηλεκτρικά φορτισμένο στρώμα της ανώτερης ατμόσφαιρας, που λέγεται ιονόσφαιρα και τελικά ανακλώνται πίσω προς τη γη. Η ιονόσφαιρα εκτείνεται από 100 ως 400 km πάνω από την επιφάνεια της γης. Τα μόρια του τμήματος αυτού της ατμόσφαιρας ιονίζονται από τις υπεριώδεις ακτίνες και τις ακτίνες X που εκπέμπει ο ήλιος.

Υπάρχει ακόμα ένας άλλος τρόπος διαδόσεως πέρα, από το γεωγραφικό ορίζοντα. Είναι η διάδοση με **τροποσφαιρική σκέδαση** που οφείλεται στην κάμψη των κυμάτων που προκαλείται από τις διαταραχές της τροπόσφαιρας. **Τροπόσφαιρα** είναι η περιοχή της ατμόσφαιρας που περιλαμβάνεται από την επιφάνεια της γης μέχρι ύψος 10 km περίπου.

Ο μηχανισμός με τον οποίο διαδίδεται ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα εξαρτάται από τη συχνότητά του. Στη συνέχεια γράφεται ο τρόπος διαδόσεως κάθε ζώνης συχνοτήτων χωρίς να σημαίνει βέβαια ότι οι μηχανισμοί αλλάζουν απότομα στα όρια της ζώνης.

Ζώνη	Τρόπος διαδόσεως
Υπερμακρά κύματα	Κυματοδήγηση μεταξύ γης και ιονόσφαιρας
Μακρά κύματα	Κύμα επιφάνειας
Μεσαία κύματα	Κύμα επιφάνειας στις μικρές αποστάσεις Ιονοσφαιρικό κύμα στις μεγάλες αποστάσεις
Βραχέα κύματα	Ιονοσφαιρικό κύμα
Υπερβραχέα κύματα	Κύμα χώρου
Μικροκύματα (δεκατομετρικά)	Τροποσφαιρικό κύμα Κύμα χώρου
Μικροκύματα (εκατοστομετρικά)	Τροποσφαιρικό κύμα Κύμα χώρου

Στη συνέχεια θα επεκταθούμε λίγο στη διάδοση των βραχέων κυμάτων, υπερβραχέων και μικροκυμάτων που χρησιμοποιούνται περισσότερο στις τηλεπικοινωνίες.

2.3 Διάδοση βραχέων κυμάτων.

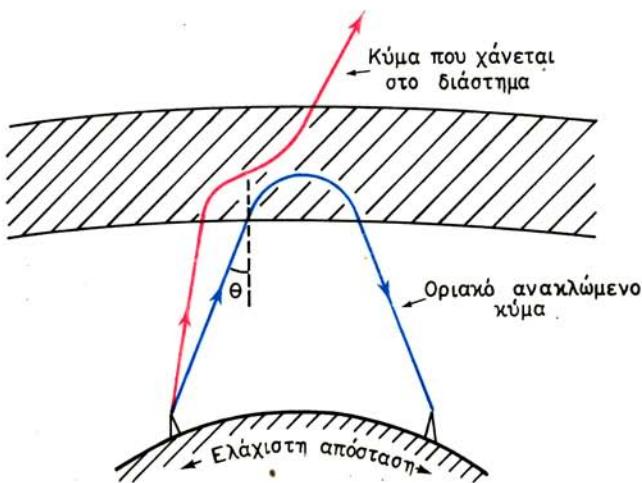
Όπως είδαμε προηγουμένως, τα βραχέα κύματα ανακλώνται στην ιονόσφαιρα και φθάνουν στην επιφάνεια της γης: Είσται υπάρχει επικοινωνία σε αποστάσεις μεγαλύτερες από το γεωγραφικό ορίζοντα. Γενικά τα σήματα που προέρχονται από ιονοσφαιρικό κύμα, είναι λιγότερο σταθερά από τα σήματα κυμάτων εδάφους και η ισχύς τους εξαρτάται από τη συχνότητα και τις ιονοσφαιρικές συνθήκες. Είναι γνωστό ότι η κατάσταση της ιονόσφαιρας αλλάζει από ώρα σε ώρα, από ημέρα σε ημέρα, από εποχή σε εποχή. Οι ιονοσφαιρικές προβλέψεις είναι πολύ σημαντικές για τις επικοινωνίες μέσω ιονόσφαιρας. Σε όλο τον κόσμο υπάρχουν σταθμοί που καταγράφουν στοιχεία της ιονόσφαιρας από τα οποία γίνονται χάρτες που προβλέπουν τις μελλοντικές συνθήκες στην ιονόσφαιρα. Με τους χάρτες αυτούς είναι δυνατόν να καθορισθεί από πριν η καλύτερη συχνότητα που πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την επικοινωνία μεταξύ δύο οποιωνδήποτε σημείων της γης και για οποιαδήποτε ώρα.

Σε αποστάσεις μεγαλύτερες από 4000 km, που είναι οι μεγαλύτερες αποστάσεις που μπορούν να καλυφθούν από ανάκλαση κύματος στα ανώτερα στρώματα της ιονόσφαιρας, είναι δυνατόν να υπάρχει σύνδεση μετά από πολλαπλές ανακλάσεις, δηλαδή μετά από διαδοχικές ανακλάσεις μεταξύ ιονόσφαιρας και επιφάνειας της γης. Στην περίπτωση αυτή φθάνουν στο δέκτη σήματα από διαφορετικές διαδρομές και προκαλούν διαλείψεις.

Συχνά χρησιμοποιούνται συστήματα διαφορικής λήψεως χώρου, όπου δύο ή περισσότερες κεραίες τοποθετούνται σε διαφορετικές θέσεις. Θεωρητικά δεν θα

υπάρχουν ταυτόχρονες διαλείψεις σε όλες τις θέσεις λήψεως. Με κατάλληλη διάταξη μπορούμε να διαλέξουμε το καλύτερο από τα σήματα που λαμβάνομε. Επίσης χρησιμοποιείται διαφορική λήψη συχνότητας, έχομε δηλαδή λήψη σε δυο διαφορετικές συχνότητες. Ο συνδυασμός διαφορικής λήψεως συχνότητας και χώρου δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 2.3 υπάρχει μια ελάχιστη απόσταση που μπορεί να καλυφθεί από ιονοσφαιρικά κύματα γιατί αν τό κύμα, μετά από κατάλληλη κατεύθυνση της κεραίας, προσπέσει στην ιονόσφαιρα με γωνία θ μικρότερη από κάποιο όριο δεν ανακλάται, αλλά διαπερνά την ιονόσφαιρα και χάνεται στο χώρο.



Σχ. 2.3.

Οριακές συνθήκες ιονοσφαιρικής ανακλάσεως.

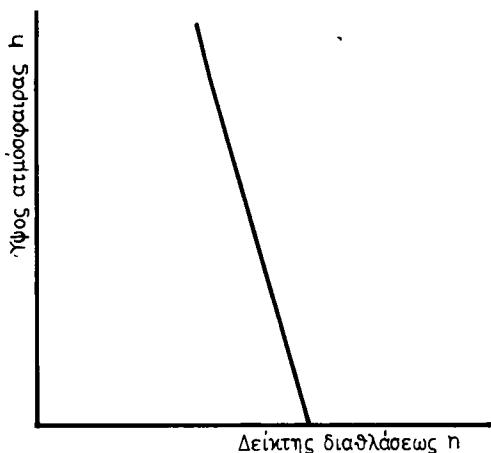
2.4 Διάδοση υπερβραχέων κυμάτων και μικροκυμάτων.

Η μετάδοση των κυμάτων μέσω ιονόσφαιρας έχει ανώτερο όριο συχνότητας γύρω στους 30 MHz. Τα σήματα στις ζώνες των υπερβραχέων κυμάτων και μικροκυμάτων μεταδίδονται με κύματα χώρου μέσα στην τροπόσφαιρα. Η λήψη των κυμάτων αυτών επηρεάζεται σημαντικά από τις μεταβολές του δείκτη διαθλάσεως του αέρα με το ύψος.

Η έννοια της ομοιόμορφης ατμόσφαιρας χρησιμοποιείται συχνά στις ραδιοεπικοινωνίες και προϋποθέτει σταθερές συνθήκες και σταθερή πτώση της πιέσεως, θερμοκρασίας και υγρασίας από το έδαφος προς την τροπόπαυση*, δηλαδή σταθερή πτώση του δείκτη διαθλάσεως όπως φαίνεται στο σχήμα 2.4a.

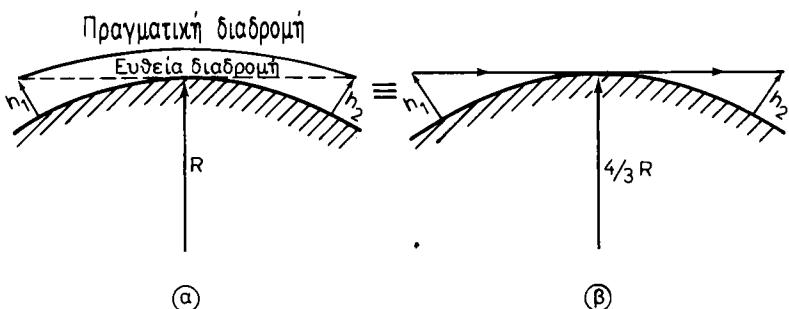
Αυτή η συνεχής μεταβολή του δείκτη διαθλάσεως ο σημαίνει, ότι η ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων μεταβάλλεται με το ύψος h με αποτέλεσμα, εφόσον οδεύουν στην τροπόσφαιρα, αυτά να διαθλώνται. Αυτό έχει ως συνέπεια η πραγματική διαδρομή του κύματος να είναι λίγο μεγαλύτερη από τη

*Τροπόπαυση είναι η ζώνη που χωρίζει την τροπόσφαιρα από το επόμενο στρώμα της ατμόσφαιρας που λέγεται στρατόσφαιρα.



Σχ. 2.4a.

Μεταβολή δείκτη διαθλάσεως στην ομοιόμορφη ατμόσφαιρα.



Σχ. 2.4b.

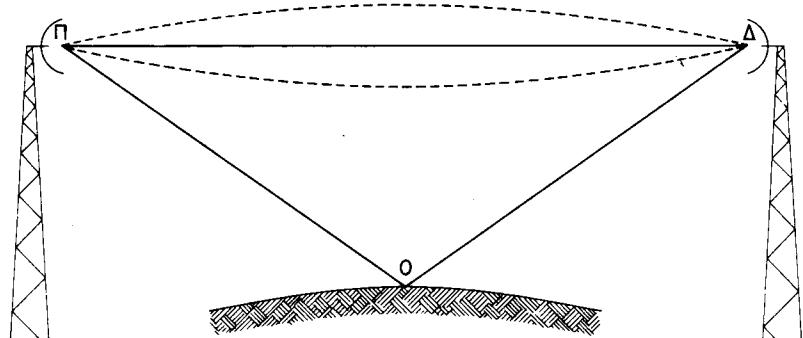
Διάθλαση στην ομοιόμορφη ατμόσφαιρα. α) Πραγματικές συνθήκες. β) Αντιστοιχία με ακτίνα $4/3 R$.

γραμμή οπτικής επαφής, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.4β. Δηλαδή η διάδοση να επεκτείνεται αισθητά πέρα από το γεωγραφικό ορίζοντα.

Με άλλα λόγια ο ραδιοηλεκτρικός ορίζοντας είναι μεγαλύτερος από το γεωγραφικό. Για την ομοιόμορφη ατμόσφαιρα είναι γενικά παραδεκτό ότι η διάδοση φθάνει σε τόση απόσταση όσος θα ήταν ο γεωγραφικός ορίζοντας αν η γη ήταν λιγότερο κυρτή και είχε ακτίνα $4/3 R$ αντί για την πραγματική της R . Από μετρήσεις που έγιναν έχει προκύψει ότι το ίδιο περίπου ισχύει και για τις συνθήκες που συνήθως επικρατούν στην ατμόσφαιρα.

Το κύμα χώρου αποτελείται από το κατευθείαν κύμα, που, όπως είδαμε παθαίνει διάθλαση, και το ανακλώμενο, του οποίου το μέγεθος και η φάση εξαρτάται από τη γωνία προσπτώσεως και τη μορφή της επιφάνειας του εδάφους. Αν το έδαφος στη θέση που γίνεται ανάκλαση είναι ανώμαλο, επειδή οι γωνίες προσπτώσεως είναι πολλές, τα ανακλώμενα κύματα σκορπίζονται σε διαφορετικές κατεύθυνσεις και δεν δημιουργείται πρόβλημα ανακλάσεως. Αν όμως είναι λειό, όπως θάλασσα, λίμνη, έλος, τότε το ανακλώμενο κύμα οδεύει προς μια κατεύθυνση και

είναι ισχυρό. Στα σημεία που το κατευθείαν και το ανακλώμενο κύμα φθάνουν με την ίδια φάση, τα δύο κύματα αθροίζονται, ενώ στα σημεία που φθάνουν με διαφορά φάσεως 180° το ένα αφαιρείται από το άλλο, έχομε δηλαδή διαλείψεις και το σήμα που απομένει είναι η διαφορά των δύο. Το σχήμα 2.4γ δείχνει την πορεία των δυο κυμάτων.



Σχ. 2.4γ.

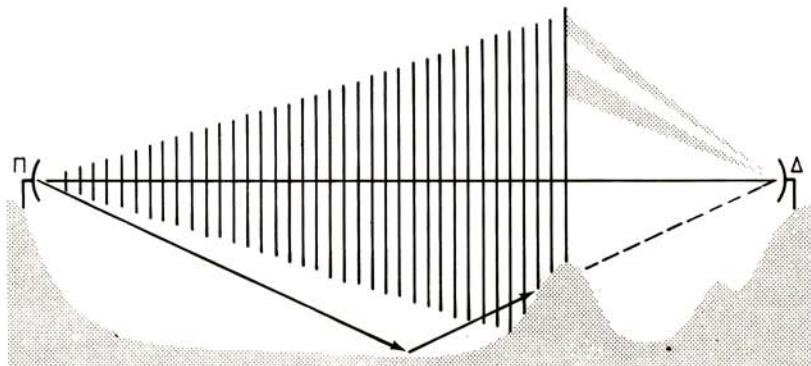
Πορεία του κατευθείαν και του ανακλώμενου κύματος. Π = Πομπός. Δ = Δέκτης.

Οι διαλείψεις, δηλαδή οι μεταβολές της στάθμης του λαμβανόμενου σήματος, δεν προέρχονται μονάχα από την ανάκλαση των κυμάτων στην επιφάνεια της γης, αλλά και από την αλλαγή πορείας του κατευθείαν κύματος που οφείλεται στις καθημερινές μεταβολές της θερμοκρασίας, υγρασίας και πιέσεως της ατμόσφαιρας. Συχνές διαλείψεις παρουσιάζονται αμέσως μετά τη δύση και ανατολή του ηλίου (περισσότερες το καλοκαίρι από το χειμώνα).

Για να αποφύγομε τις διαλείψεις, που πολλές φορές μπορεί να είναι πολύ ενοχλητικές, λαμβάνομε διάφορα μέτρα. Όταν σχεδιάζεται ένα ραδιοηλεκτρικό δίκτυο, αποφεύγεται η διαδρομή πάνω από επιφάνειες που θα προκαλέσουν μεγάλη ανάκλαση. Αν αυτό δεν είναι δυνατό, μετακινούμε τη θέση που έχει επιλεγεί για τον ένα σταθμό ή τον άλλο ή αλλάζομε το ύψος της κεραίας, ώστε το ανακλώμενο κύμα να εμποδίζεται από κάποιο ύψωμα ή άλλο φυσικό εμπόδιο και να μη φθάνει στην κεραία του άλλου σταθμού, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.4δ. Επίσης χρησιμοποιούμε διαφορική λήψη συχνότητας, επειδή συνήθως το φαινόμενο της διαλείψεως δεν εμφανίζεται ταυτόχρονα στην ίδια έκταση και στις δύο συχνότητες. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούνται δύο πομποί που λειτουργούν σε διαφορετικές συχνότητες και δύο δέκτες.

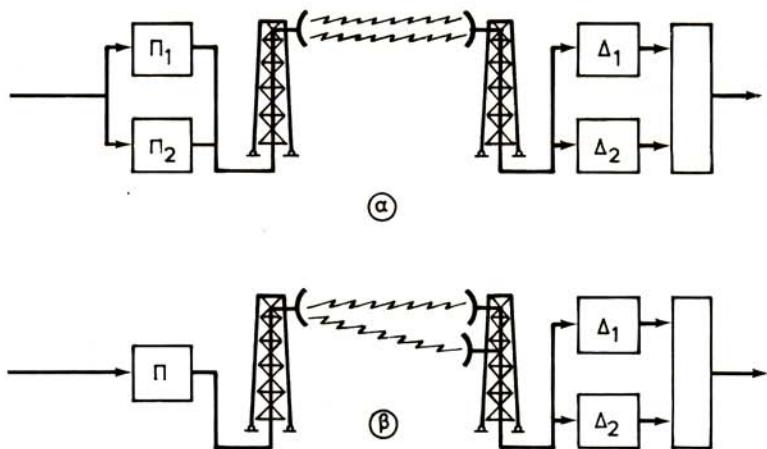
Τέλος συχνά χρησιμοποιούμε διαφορική λήψη χώρου κατά την οποία έχομε ένα πομπό, αλλά στη λήψη δύο δέκτες που συνδέονται με δύο διαφορετικές κεραίες τοποθετημένες σε διαφορετικά ύψη στον ίδιο ιστό. Από τα δύο σήματα που λαμβάνονται από τους δύο δέκτες επιλέγεται το εκάστοτε καλύτερο ή σε άλλα συστήματα τα δύο σήματα συνδυάζονται και προσθέτονται. Με τη διαφορική λήψη χώρου έχομε πολύ καλά αποτελέσματα. Στο σχήμα 2.4ε φαίνονται οι δύο τρόποι διαφορικής λήψεως.

Η εξασθένηση ελεύθερου χώρου ενός σήματος σε ένα σημείο εξαρτάται από



Σχ. 2.4δ.

Διακοπή του ανακλωμένου κύματος από φυσικό εμπόδιο. Π = Πομπός, Δ = Δέκτης.



Σχ. 2.4ε.

α) Διαφορική λήψη συχνότητας. β) Διαφορική λήψη χώρου. Π = Πομπός, Δ = Δέκτης.

τη συχνότητα του σήματος και από την απόσταση του σημείου από την κεραία εκπομπής. Στην πράξη η εξασθένηση αυτή υπολογίζεται με τον τύπο:

$$\alpha = 32,5 + 20 \log f + 20 \log d$$

όπου: α η εξασθένηση σε dB

f η συχνότητα σε MHz και

d η απόσταση σε km.

Παράδειγμα υπολογισμού εξασθενήσεως ελεύθερου χώρου. Σήμα συχνότητας 4000 MHz σε απόσταση 45 km.

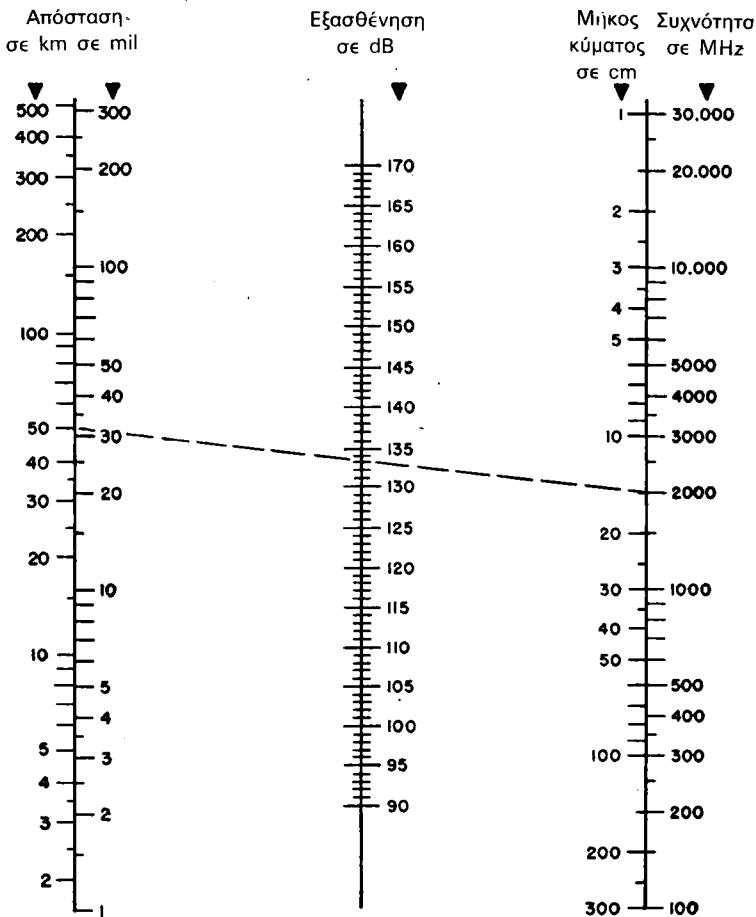
$$\alpha = 32,5 + 20 \log 4000 + 20 \log 45 = 137,6 \text{ dB}$$

Εκτός από τον υπολογισμό με τον παραπάνω τύπο, η εξασθένηση βρίσκεται

εύκολα και από το διάγραμμα 2.4.1. Αν με μια γραμμή συνδέσουμε την απόσταση στην πρώτη κλίμακα με τη συχνότητα στην τρίτη κλίμακα, το σημείο που η γραμμή αυτή τέμνει την κλίμακα που είναι στη μέση μας δίνει την εξασθένηση.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2.4.1.

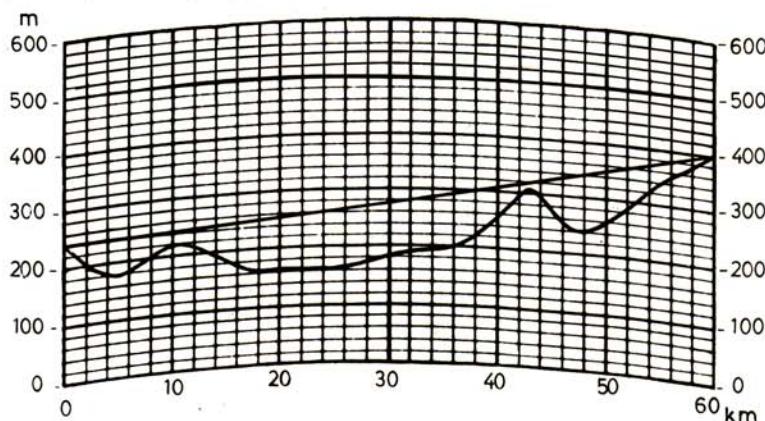
Υπολογισμός εξασθενήσεως ελεύθερου χώρου



2.5 Σχεδίαση δίκτυων μικροκυμάτων.

Όταν πρόκειται να συνδεθούν δύο θέσεις με ένα δίκτυο μικροκυμάτων, επιλέγεται στην αρχή με τη βοήθεια τοπογραφικού χάρτη η διαδρομή αποφεύγοντας όσο είναι δυνατόν τις θάλασσες, λίμνες κλπ. Καθορίζονται οι πιθανές θέσεις των σταθμών σε αποστάσεις ο ένας από τον άλλο 40 - 50 km. Ως θέσεις σταθμών αναζητούνται λόφοι που να είναι εύκολα προσιτοί και να μην απέχουν πολύ από κεντρικούς δρόμους και κατοικημένες περιοχές. Στη συνέχεια απεικονίζεται σε ειδικά χαραγμένο χαρτί, με τη βοήθεια τοπογραφικού χάρτη, η τομή εδάφους για κάθε

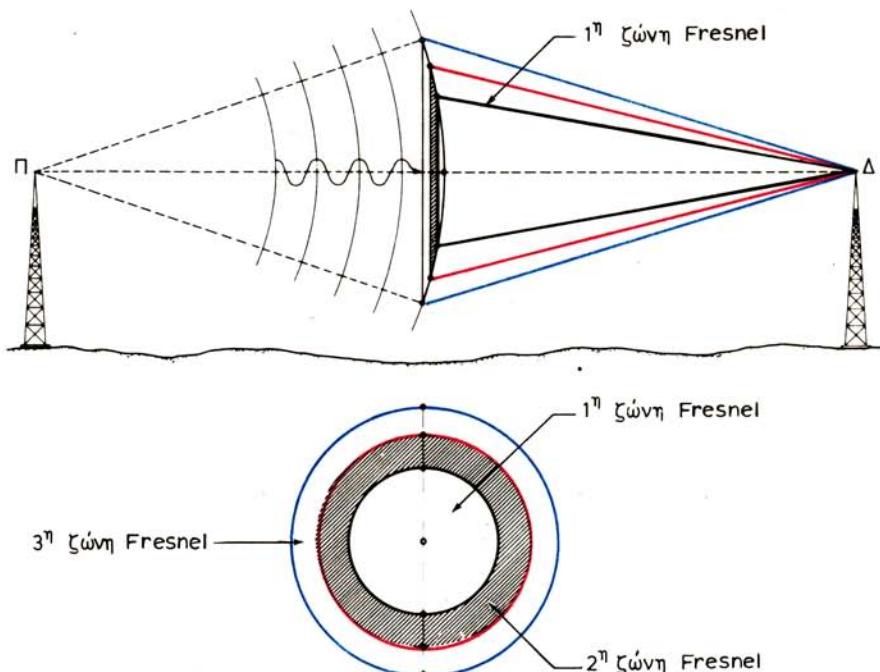
τμημα της διαδρομής που περιλαμβάνεται μεταξύ δύο διαδοχικών θέσεων που προορίζονται για σταθμούς.



Σχ. 2.5α.

Απεικόνιση τομής εδάφους.

Το χαρτί αυτό όπως φαίνεται στο σχήμα 2.5α έχει δυο άξονες: τον οριζόντιο, που είναι καμπύλη $4/3 R \approx R$ και είναι ο άξονας των αποστάσεων οι οποίες εκφράζονται σε km και τον κατακόρυφο, που είναι ο άξονας των υψών που εκφράζονται σε μέτρα. Σε κάθε τομή σημειώνονται οι θέσεις των σταθμών με τα υψόμετρά



Σχ. 2.5β.

Ζώνες Fresnel.

τους και ενδιάμεσα όλα τα υψώματα που υπάρχουν, τα ψηλά δέντρα, οι λίμνες, οι θάλασσες, για να προσδιορισθούν τα σημεία ανακλάσεως, αν υπάρχουν, και να εξετασθεί αν περνούν ελεύθερα οι πρώτες ζώνες Fresnel μέσα στις οποίες είναι το μεγαλύτερο μέρος από την ενέργεια που θα φθάσει στο δέκτη.

Οι ζώνες Fresnel είναι σειρά από ομόκεντρους κύκλους γύρω από την κατευθείαν πορεία μεταδόσεως από τον πομπό στο δέκτη. Κάθε ζώνη περιλαμβάνεται μεταξύ δυο περιφερειών όπως φαίνεται στο σχήμα 2.5β. Η διαφορά αποστάσεως, των σημείων δυο γειτονικών περιφερειών από τη θέση του σταθμού είναι $\lambda/2$.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

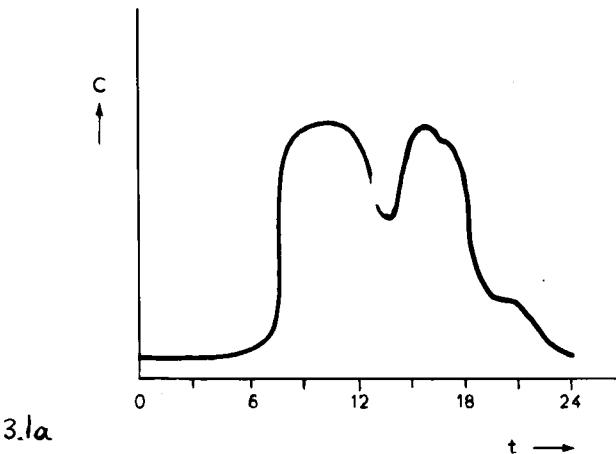
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ

3.1 Γενικά.

Στο Τρίτο Κεφάλαιο του βιβλίου και ειδικά στην πράγραφο για τα Αυτόματα Αστικά Τηλεφωνικά Κέντρα είδαμε, ότι σε μια ομάδα συνδρομητών χορηγούνται για την πραγματοποίηση των συνδέσεων, πολύ λιγότερα όργανα και γραμμές από όσος είναι ο αριθμός των συνδρομητών της ομάδας, π.χ. σε 100 συνδρομητές χορηγούνται 10 I.O.E. Αυτό γίνεται για λόγους εξοικονομήσεως εξοπλισμού και στηρίζεται στο γεγονός, ότι όλοι οι συνδρομητές μιάς ομάδας δεν πραγματοποιούν ταυτόχρονα συνδέσεις, αλλά μόνο ένα ποσοστό απ' αυτούς, π.χ. 10% την ίδια χρονική στιγμή. Το ποσοστό αυτό αλλάζει από στιγμή σε στιγμή κατά τη διάρκεια του 24ωρου κι' επίσης είναι διαφορετικό στις διάφορες μέρες του χρόνου. Τη νύχτα π.χ. ελάχιστοι συνδρομητές τηλεφωνούν, ενώ στις εργάσιμες ώρες παρουσιάζεται μεγάλη κίνηση. Αν καταγράψουμε τον αριθμό των ταυτοχρόνων συνδιαλέξεων c μιάς ομάδας συνδρομητών με κοινά χαρακτηριστικά κατά τη διάρκεια ενός 24ωρου, θα πάρομε μια καμπύλη, που θα έχει περίπου τη μορφή που φαίνεται στο σχήμα 3.1. Η καμπύλη αυτή θα είναι βέβαια διαφορετική κάθε μέρα για την ίδια ομάδα συνδρομητών, αλλά θα είναι διαφορετική και την ίδια μέρα σε διαφορετικές ομάδες συνδρομητών.

Εφ' όσον, τώρα, ο αριθμός των πραγματοποιουμένων ταυτόχρονα συνδιαλέξεων δεν είναι σταθερός, αλλά εξαρτάται από τους συνδρομητές οι οποίοι τηλεφωνούν κατά βούληση, είναι φανερό πως για να υπολογιστεί σωστά ο αριθμός των οργάνων και γραμμών, που χρειάζονται για να εξυπηρετήσουν ορισμένους συνδρομητές, πρέπει να μελετηθεί στατιστικά η τηλεφωνική κίνηση που δημιουργούν οι συνδρομητές. Ακόμα είναι απαραίτητο να μελετηθεί ο τρόπος που διεκπεραιώνεται η κίνηση αυτή από βαθμίδα σε βαθμίδα σ' ένα τηλεφωνικό κέντρο. Με τη μελέτη της τηλεφωνικής κινήσεως και τους υπολογισμούς του απαραίτητου πλήθους των οργάνων και γραμμών των τηλεφωνικών κέντρων και δικτύων ασχολείται η **Θεωρία της Τηλεφωνικής Κινήσεως**.

Η Θεωρία της Τηλεφωνικής Κινήσεως είναι απαραίτητη, γιατί στους υπολογισμούς τηλεφωνικών εγκαταστάσεων πρέπει να συμβιβάζονται δύο αντίθετες απαιτήσεις: η **σύντομη εξυπηρέτηση** του συνδρομητή, η οποία απαιτεί να υπάρχει διαθέσιμος μεγάλος αριθμός οργάνων και γραμμών, ώστε ο συνδρομητής να πραγματοποιεί τη σύνδεση σχεδόν πάντοτε με την πρώτη προσπάθεια, και το **χαμηλό κόστος** της εγκαταστάσεως, που απαιτεί να εξυπηρετούνται οι συνδρομητές με



Σχ. 3.1.

Μεταβολή του αριθμού των ταυτοχρόνων συνδιαλέξεων κατά τη διάρκεια του 24ωρου:

όσο το δυνατόν λιγότερα δργανα και γραμμές. Εκτός από αυτό είναι απαραίτητο να υπάρχουν τρόποι υπολογισμού της **αποδόσεως** τηλεφωνικών εγκαταστάσεων, ώστε να είναι δυνατή η αντικειμενική σύγκριση και αξιολόγηση εγκαταστάσεως διαφορετικού τύπου.

3.2 Συστήματα απωλειών και συστήματα αναμονής.

Όταν ένας συνδρομητής επιχειρεί να πραγματοποιήσει μια σύνδεση και δεν υπάρχει ελεύθερη γραμμή για την προώθησή της, δύο γεγονότα μπορεί να συμβούν:

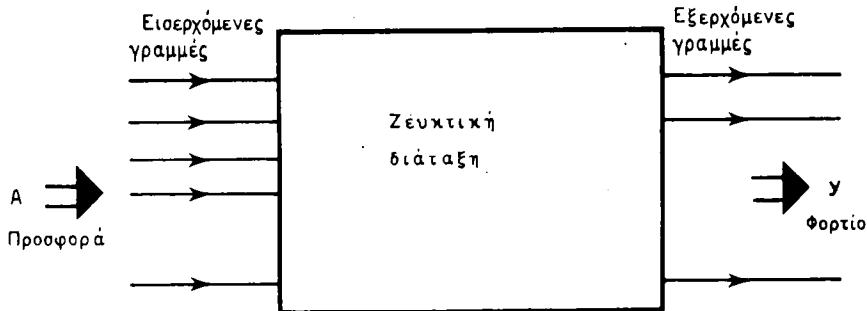
α) Ο συνδρομητής **παίρνει το σήμα κατειλημμένου**, διακόπτει τη σύνδεση και επιχειρεί ύστερα από λίγο να πραγματοποιήσει ξανά τη σύνδεση. Η σύνδεση, που δεν πραγματοποιήθηκε, θεωρείται **απώλεια** και το τηλεφωνικό σύστημα, που εργάζεται μ' αυτό τον τρόπο, ονομάζεται **σύστημα απωλειών**. Αν, π.χ., από 100 δοκιμές συνδέσεως οι δύο δεν φέρνουν αποτέλεσμα, λέμε ότι το σύστημα παρουσιάζει 2% απώλειες.

β) Ο συνδρομητής **περιμένει** μέχρι να ελευθερωθεί μια γραμμή και να συνεχίστει η αποκατάσταση της συνδέσεως του. Το σύστημα, που ονομάζεται **σύστημα αναμονής**, ενταμιεύει στην περίπτωση αυτή την επιθυμία του συνδρομητή και τον εξυπηρετεί αμέσως μόλις υπάρχει η δυνατότητα.

Σε σύγχρονα τηλεφωνικά κέντρα εφαρμόζεται γενικά το σύστημα απωλειών. Ενδιάμεσες διατάξεις των τηλεφωνικών συστημάτων έμμεσης επιλογής εργάζονται κατά το σύστημα αναμονής. Το μέγεθος των απωλειών και η διάρκεια αναμονής αποτελούν τα βασικά μέτρα αξιολογήσεως της ποιότητας διεκπεραιώσεως της κινήσεως των δύο συστημάτων. Ο υπολογισμός των μεγεθών αυτών σε διάφορες ζευκτικές διατάξεις αποτελεί ένα βασικό αντικείμενο της Θεωρίας Τηλεφωνικής Κινήσεως.

3.3 Μεγέθη συστήματος απωλειών.

Σε κάθε ζευκτική διάταξη τηλεφωνικού κέντρου, π.χ. σε κάθε βαθμίδα επιλο-



Σχ. 3.3.

Διεκπεραίωση της κινήσεως σε ζευκτική διάταξη τηλεπικοινωνιακού κέντρου.

γέων, διακρίνομε εισερχόμενες και εξερχόμενες γραμμές, όπως γνωρίσαμε στην παράγραφο 3.1.3 του βιβλίου (σχ. 3.3). Προορισμός της ζευκτικής διατάξεως είναι να συνδέσει μια εισερχόμενη με μια εξερχόμενη γραμμή. Για το σκοπό αυτό **καταλαμβάνεται** σε κάθε σύνδεση, όπως ξέρομε, μια ελεύθερη εξερχόμενη γραμμή, η οποία παραμένει κατειλημένη σ' όλο το διάστημα που διαρκεί η σύνδεση. Ο συνολικός χρόνος, που βρίσκεται κατειλημμένη μια γραμμή ή ένα όργανο του κέντρου μέσα σε ορισμένο χρονικό διάστημα T , το διάστημα παρατηρήσεως, π.χ. σε 24 ώρες, χαρακτηρίζει το **μέγεθος της τηλεπικοινωνιακής κινήσεως** ή απλά την **τηλεπικοινωνιακή κίνηση**, που διεκπεραιώνει η γραμμή ή το όργανο στο διάστημα αυτό. Ο συνολικός χρόνος, που βρίσκονται κατειλημμένες όλες οι εξερχόμενες γραμμές της ζευκτικής διατάξεως στο διάστημα παρατηρήσεως T , δίνει την τηλεπικοινωνιακή κίνηση Y , που διεκπεραιώνει η ζευκτική διάταξη στο διάστημα αυτό. Η κίνηση Y προκύπτει από την άθροιση των χρόνων καταλήψεως όλων των εξερχομένων γραμμών στο διάστημα παρατηρήσεως T .

Η Y προσδιορίζεται συνήθως από το συνολικό αριθμό των καταλήψεων των εξερχομένων γραμμών c_E , πολλαπλασιασμένο με μια μέση διάρκεια καταλήψεως κάθε γραμμής t_m :

$$Y = c_E t_m$$

Η τηλεφωνική κίνηση, που διεκπεραιώνει κατά **μέσο δρο** η διάταξη στη μονάδα του χρόνου, δηλαδή σε διάστημα μιάς ώρας, ονομάζεται **φορτίο** y της διατάξεως:

$$y = \frac{Y}{T} = \frac{c_E t_m}{T}$$

Το y είναι αδιάστατο μέγεθος, όπως φαίνεται από τον τύπο, του οποίου έχει διοθεί όμως η μονάδα Ερλάνγκ (Erlang) [Erl] προς τιμή του Δανού μαθηματικού **A.K. Erlang** (1878 - 1929), ο οποίος συνέβαλε πολύ στην ανάπτυξη της Θεωρίας Τηλεφωνικής Κινήσεως. Ένα (1) Erl σημαίνει ότι σε διάστημα μιάς ώρας εμφανίζεται τηλεφωνική κίνηση μιάς ώρας, 5 Erl ότι σε διάστημα μιάς ώρας εμφανίζεται κίνηση 5 ωρών.

Αν υποθέσουμε, ότι μια γραμμή είναι συνεχώς κατειλημένη σε διάστημα μιάς ώρας, η γραμμή αυτή διεκπεραιώνει κίνηση 1 Erl. Η κίνηση αυτή είναι το **μέγιστο**

φορτίο γ που μπορεί να διεκπεραιώσει μια γραμμή και για να συμβεί αυτό θα πρέπει η μια κατάληψη της γραμμής να ακολουθεί αμέσως την προηγούμενη, χωρίς να μεσολαβεί νεκρός χρόνος. (Στην πράξη μια γραμμή διεκπεραιώνει βέβαια πολύ λιγότερη κίνηση γ από 1 Erl). Έτσι η αριθμητική τιμή του γ δίνει ταυτόχρονα τον αριθμό των γραμμών, που είναι **συνεχώς** κατειλημμένες κατά **μέσον όρο** σε διάστημα μιάς ώρας.

Αν υποθέσομε ότι ο αριθμός των εξερχομένων γραμμών στη διάταξη του σχήματος 3.1β είναι αρκετά μεγάλος, ώστε κάθε εισερχόμενη γραμμή, που καταλαμβάνεται σε μια χρονική στιγμή, να βρίσκει ελεύθερη και να συνδέεται με μια εξερχόμενη γραμμή, τότε ο χρόνος που παραμένουν κατειλημμένες οι εξερχόμενες γραμμές σε ορισμένο διάστημα παρατηρήσεως, π.χ. σε μια ώρα, είναι ίσος με το χρόνο που είναι κατειλημμένες οι εξερχόμενες γραμμές στο ίδιο διάστημα. Με άλλα λόγια η τηλεφωνική κίνηση, που φθάνει στις **εισερχόμενες γραμμές** και που ονομάζεται **προσφορά A**, είναι ίση με το φορτίο γ:

$$A = \gamma$$

Στην περίπτωση αυτή ο αριθμός των καταλήψεων στις εισερχόμενες γραμμές c_A είναι ίσος με τον αριθμό καταλήψεων στις εξερχόμενες γραμμές c_E και η μέση διάρκεια καταλήψεως μιάς εισερχόμενης γραμμής είναι t_m , δοσ δηλαδή και μιάς εξερχόμενης γραμμής:

$$A = \gamma = c_A t_m = c_E t_m$$

Στην πραγματικότητα οι εξερχόμενες γραμμές δεν μπορούν να διεκπεραιώνουν πάντοτε ολόκληρη την προσφορά A, γιατί ο αριθμός τους περιορίζεται για λόγους οικονομικούς σε τόσες μόνο γραμμές που εξυπηρετούν τη βασική κίνηση και μικρές αιχμές κινήσεως, δεν μπορούν να εξυπηρετήσουν τις πολύ υψηλές αιχμές κινήσεως, που εμφανίζονται σε μικρά χρονικά διαστήματα. Έτσι ορισμένος αριθμός c_B από τις συνολικές καταλήψεις c_A των εισερχομένων γραμμών δεν βρίσκει ελεύθερη εξερχόμενη γραμμή και παίρνει το σήμα κατειλημμένου. Το c_A είναι μεγαλύτερο του c_E και ισχύει:

$$c_A = c_E + c_B$$

Ο αριθμός των ανεπιτυχών καταλήψεων c_B προς τον αριθμό των προσφορμένων καταλήψεων c_A σε ορισμένο διάστημα δίνει το **συντελεστή ή πιθανότητα απωλειών B** της διατάξεως στο διάστημα αυτό:

$$B = \frac{c_B}{c_A}$$

Μερικές φορές ανάγονται οι ανεπιτυχείς καταλήψεις c_B στον αριθμό των επιτυχών καταλήψεων c_E , οπότε προκύπτει ένας δεύτερος συντελεστής ή πιθανότητα απωλειών V:

$$V = \frac{c_B}{c_E}$$

Τα Β και Β δίνονται συνήθως σε %. Μεταξύ των δύο συντελεστών ισχύουν οι σχέσεις:

$$B = 100 \cdot \frac{V}{1+V} \quad [\%] \quad \text{και} \quad V = 100 \cdot \frac{B}{1-B} \quad [\%]$$

Η προσφερόμενη κίνηση A υπολογίζεται από τον τύπο:

$$A = \frac{c_A t_m}{T} = \frac{(c_E + c_B)t_m}{T}$$

Με μέση διάρκεια καταλήψεως t_m υπολογίζονται δηλαδή και οι ανεπιτυχείς καταλήψεις c_B , παρ' όλο ότι οι καταλήψεις αυτές εγκαταλείπουν το σύστημα μόλις πάρουν το σήμα κατειλημμένου και η μέση διάρκειά τους είναι πολύ μικρότερη από την t_m .

3.4 Μεγέθη συστήματος αναμονής.

Η ποιότητα διεκπεραιώσεως της κινήσεως σε συστήματα αναμονής ορίζεται συνήθως με τα ακόλουθα τρία μεγέθη:

a) Πιθανότητα αναμονής.

Δίνεται από το πηλίκο των κλήσεων σε ορισμένο χρονικό διάστημα που υποχρεώνονται να περιμένουν, επειδή δεν υπάρχουν ελεύθερες εξερχόμενες γραμμές, προς το συνολικό αριθμό των κλήσεων στο διάστημα αυτό.

β) Μέση διάρκεια αναμονής.

Είναι η διάρκεια αναμονής κατά μέσο όρο μιάς κλήσεως, που περιμένει να συνδεθεί.

γ) Πιθανότητα υπερβάσεως ορισμένης διάρκειας αναμονής t.

Δίνεται από το πηλίκο των κλήσεων σε ορισμένο χρονικό διάστημα οι οποίες περιμένουν περισσότερο από t, προς το συνολικό αριθμό των κλήσεων στο διάστημα αυτό.

3.5 Υπολογισμός συστήματος απωλειών στην πράξη.

Για τον υπολογισμό του αριθμού των εξερχομένων γραμμών N, που απαιτούνται για τη διεκπεραίωση ορισμένης προσφοράς A σε μια ζευκτική διάταξη απωλειών, είναι απαραίτητη η γνώση πρώτα των επιτρεπομένων απωλειών κινήσεως B(V) και κατόπιν του τρόπου, με τον οποίο συνδέονται οι εισερχόμενες γραμμές με τις εξερχόμενες. Αν οι εξερχόμενες δέσμες είναι **τέλειες**, αρκούν για τον υπολογισμό του N τα μεγέθη A και B. Σε **ατελείς δέσμες** λαμβάνεται υπόψη και η προσιτότητα κ της δέσμης.

Τα μεγέθη A, B και N στις τέλειες δέσμες και A, B, N και κ στις ατελείς δέσμες έχουν συνδυαστεί σε μαθηματικός τύπους, που έχουν προκύψει τόσο από θεωρη-

τικές μελέτες, όσο και από εμπειρικές παρατηρήσεις σε ήδη λειτουργούσες τηλεφωνικές εγκαταστάσεις και σε πρότυπα (μοντέλα) τέτοιων εγκαταστάσεων. Τα αριθμητικά αποτελέσματα από την εφαρμογή των τύπων αυτών για διάφορες τιμές των μεγεθών, έχουν συνοψιστεί σε πίνακες ή έχουν παρασταθεί γραφικά με καμπύλες. Έτσι είναι εύκολο να υπολογίσει κανείς οποιοδήποτε μέγεθος, εφόσον γνωρίζει τα υπόλοιπα δύο ή τρία μεγέθη.

Στους Πίνακες π.χ. 3.5.1 και 3.5.2 διαβάζομε ότι σε μια βαθμίδα τηλεφωνικού κέντρου χρειάζονται $N = 20$ γραμμές για τη διεκπεραίωση κινήσεως $A = 12,0 \text{ Erl}$ με απώλεια $B = 1\%$, εφόσον η δέσμη των γραμμών είναι τέλεια και $N = 23$ για τη διεκπεραίωση της ίδιας κινήσεως με τις ίδιες απώλειες, εφόσον η δέσμη είναι ατελής με προσιτότητα $k = 10$.

Ιδιαίτερη σημασία για το σωστό υπολογισμό των απαιτουμένων γραμμών έχει η τιμή της προσφοράς A , που θα μπει σα βάση κι επίσης το χρονικό διάστημα, στο οποίο θα εμφανίζεται η απώλεια B (V). Όπως αναφέραμε προηγουμένως η A δεν είναι σταθερή, αλλά αλλάζει κατά τη διάρκεια του 24ωρου κλπ. (σχ. 3.1a). Αποτέλεσμα είναι να αλλάζει και η απώλεια B τις διάφορες ώρες του 24ωρου εφόσον ο αριθμός των εξερχομένων γραμμών, που εξυπηρετούν την κίνηση A , παραμένει σταθερός. Για να είναι σε θέση μια ζευκτική διάταξη να διεκπεραιώνει κανονικά την κίνηση αλόκληρο το 24ωρο παίρνεται σα βάση υπολογισμού των απαιτουμένων εξερχομένων γραμμών η κίνηση A , που εμφανίζεται την ώρα της **μέγιστης τηλεφωνικής κινήσεως** ($\Omega.M.K$) (αιχμής) στη διάταξη. Ακόμα, η απώλεια B ορίζεται για την ώρα της μέγιστης τηλεφωνικής κινήσεως. Έτσι εξασφαλίζεται, ότι όλες τις άλλες ώρες του 24ωρου η απώλεια B της διατάξεως θα είναι μικρότερη από την απώλεια στην ώρα μέγιστης κινήσεως, που έχει μπει σα βάση στον υπολογισμό των γραμμών.

Η ώρα **μέγιστης τηλεφωνικής κινήσεως** βρίσκεται συνήθως το πρωί μεταξύ 9.00 και 11.00. Η ακριβής της θέση στο 24ωρο καθώς και η κίνηση A , που εμφανίζεται την ώρα αυτή προσδιορίζονται με μετρήσεις σε λειτουργούσες τηλεφωνικές εγκαταστάσεις σύμφωνα με προδιαγραφές της CCITT.

Πολλές φορές, η κίνηση την ώρα μέγιστης κινήσεως ανάγεται στη συνολική κίνηση ενός 24ωρου και εκφράζεται σαν ποσοστό της κινήσεως αυτής. Έτσι προκύπτει ο **συντελεστής συγκεντρώσεως K** , που δίνει το ποσοστό της ολικής κινήσεως ενός 24ωρου που διεκπεραιώνεται την ώρα της μέγιστης κινήσεως. Ο συντελεστής K στα αστικά τηλεφωνικά κέντρα είναι συνήθως γύρω στα 12,5%.

Ο υπολογισμός των απωλειών σε σύνθετες τηλεφωνικές διατάξεις, για τις οποίες δεν υπάρχουν ή δεν είναι εύκολη η χρησιμοποίηση καταλλήλων μαθηματικών τύπων, γίνεται πειραματικά με βοήθεια προτύπων (μοντέλων). Τα πρότυπα είτε είναι ηλεκτρικές κλπ. διατάξεις ανάλογες των πραγματικών τηλεπικοινωνιακών διατάξεων, είτε είναι μαθηματικά πρότυπα, που η επίλυσή τους γίνεται με τη βοήθεια ηλεκτρονικών υπολογιστών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5.1.

A (Erl)

N	B												
	0.01%	0.02%	0.03%	0.05%	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	0.7%	0.8%	0.9%
1	.0001	.0002	.0003	.0005	.0010	.0020	.0030	.0040	.0050	.0060	.0070	.0081	.0091
2	.0142	.0202	.0248	.0321	.0458	.0653	.0806	.0937	.105	.116	.126	.135	.144
3	.0868	.110	.127	.152	.194	.249	.289	.321	.349	.374	.397	.418	.437
4	.235	.282	.315	.362	.439	.535	.602	.656	.701	.741	.777	.810	.841
5	.452	.527	.577	.649	.762	.900	.994	1.07	1.13	1.19	1.24	1.28	1.32
6	.728	.832	.900	.996	1.15	1.33	1.45	1.54	1.62	1.69	1.75	1.81	1.86
7	1.05	1.19	1.27	1.39	1.58	1.80	1.95	2.06	2.16	2.24	2.31	2.38	2.44
8	1.42	1.58	1.69	1.83	2.05	2.31	2.48	2.62	2.73	2.83	2.91	2.99	3.06
9	1.83	2.01	2.13	2.30	2.56	2.85	3.05	3.21	3.33	3.44	3.54	3.63	3.71
10	2.26	2.47	2.61	2.80	3.09	3.43	3.65	3.82	3.96	4.08	4.19	4.29	4.38
11	2.72	2.96	3.12	3.33	3.65	4.02	4.27	4.45	4.61	4.74	4.86	4.97	5.07
12	3.21	3.47	3.65	3.88	4.23	4.64	4.90	5.11	5.28	5.43	5.55	5.67	5.78
13	3.71	4.01	4.19	4.45	4.83	5.27	5.56	5.78	5.96	6.12	6.26	6.39	6.50
14	4.24	4.56	4.76	5.03	5.45	5.92	6.23	6.47	6.66	6.83	6.98	7.12	7.24
15	4.78	5.12	5.34	5.63	6.08	6.58	6.91	7.17	7.38	7.56	7.71	7.86	7.99
16	5.34	5.70	5.94	6.25	6.72	7.26	7.61	7.88	8.10	8.29	8.46	8.61	8.75
17	5.91	6.30	6.55	6.88	7.38	7.95	8.32	8.60	8.83	9.03	9.21	9.37	9.52
18	6.50	6.91	7.17	7.52	8.05	8.64	9.03	9.33	9.58	9.79	9.98	10.1	10.3
19	7.09	7.53	7.80	8.17	8.72	9.35	9.76	10.1	10.3	10.6	10.7	10.9	11.1
20	7.70	8.16	8.44	8.83	9.41	10.1	10.5	10.8	11.1	11.3	11.5	11.7	11.9
21	8.32	8.79	9.10	9.50	10.1	10.8	11.2	11.6	11.9	12.1	12.3	12.5	12.7
22	8.95	9.44	9.76	10.2	10.8	11.5	12.0	12.3	12.6	12.9	13.1	13.3	13.5
23	9.58	10.1	10.4	10.9	11.5	12.3	12.7	13.1	13.4	13.7	13.9	14.1	14.3
24	10.2	10.8	11.1	11.6	12.2	13.0	13.5	13.9	14.2	14.5	14.7	14.9	15.1
25	10.9	11.4	11.8	12.3	13.0	13.8	14.3	14.7	15.0	15.3	15.5	15.7	15.9
26	11.5	12.1	12.5	13.0	13.7	14.5	15.1	15.5	15.8	16.1	16.3	16.6	16.8
27	12.2	12.8	13.2	13.7	14.4	15.3	15.8	16.3	16.6	16.9	17.2	17.4	17.6
28	12.9	13.5	13.9	14.4	15.2	16.1	16.6	17.1	17.4	17.7	18.0	18.2	18.4
29	13.6	14.2	14.6	15.1	15.9	16.8	17.4	17.9	18.2	18.5	18.8	19.1	19.3
30	14.2	14.9	15.3	15.9	16.7	17.6	18.2	18.7	19.0	19.4	19.6	19.9	20.1
31	14.9	15.6	16.0	16.6	17.4	18.4	19.0	19.5	19.9	20.2	20.5	20.7	21.0
32	15.6	16.3	16.8	17.3	18.2	19.2	19.8	20.3	20.7	21.0	21.3	21.6	21.8
33	16.3	17.0	17.5	18.1	19.0	20.0	20.6	21.1	21.5	21.9	22.2	22.4	22.7
34	17.0	17.8	18.2	18.8	19.7	20.8	21.4	21.9	22.3	22.7	23.0	23.3	23.5
35	17.8	18.5	19.0	19.6	20.5	21.6	22.2	22.7	23.2	23.5	23.8	24.1	24.4
36	18.5	19.2	19.7	20.3	21.3	22.4	23.1	23.6	24.0	24.4	24.7	25.0	25.3
37	19.2	20.0	20.5	21.1	22.1	23.2	23.9	24.4	24.8	25.2	25.6	25.9	26.1
38	19.9	20.7	21.2	21.9	22.9	24.0	24.7	25.2	25.7	26.1	26.4	26.7	27.0
39	20.6	21.5	22.0	22.6	23.7	24.8	25.5	26.1	26.5	26.9	27.3	27.6	27.9
40	21.4	22.2	22.7	23.4	24.4	25.6	26.3	26.9	27.4	27.8	28.1	28.5	28.7
41	22.1	23.0	23.5	24.2	25.2	26.4	27.2	27.8	28.2	28.6	29.0	29.3	29.6
42	22.8	23.7	24.2	25.0	26.0	27.2	28.0	28.6	29.1	29.5	29.9	30.2	30.5
43	23.6	24.5	25.0	25.7	26.8	28.1	28.8	29.4	29.9	30.4	30.7	31.1	31.4
44	24.3	25.2	25.8	26.5	27.6	28.9	29.7	30.3	30.8	31.2	31.6	31.9	32.3
45	25.1	26.0	26.6	27.3	28.4	29.7	30.5	31.1	31.7	32.1	32.5	32.8	33.1
46	25.8	26.8	27.3	28.1	29.3	30.5	31.4	32.0	32.5	33.0	33.4	33.7	34.0
47	26.6	27.5	28.1	28.9	30.1	31.4	32.2	32.9	33.4	33.8	34.2	34.6	34.9
48	27.3	28.3	28.9	29.7	30.9	32.2	33.1	33.7	34.2	34.7	35.1	35.5	35.8
49	28.1	29.1	29.7	30.5	31.7	33.0	33.9	34.6	35.1	35.6	36.0	36.4	36.7
50	28.9	29.9	30.5	31.3	32.5	33.9	34.8	35.4	36.0	36.5	36.9	37.2	37.6
	0.01%	0.02%	0.03%	0.05%	0.1%	0.2%	0.3%	0.4%	0.5%	0.6%	0.7%	0.8%	0.9%

N

B

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5.1.**A (Erl)****B**

1.0%	1.2%	1.5%	2 %	3 %	5 %	7 %	10 %	15 %	20 %	30 %	40 %	50 %	N
.0101	.0121	.0152	.0204	.0309	.0526	.0753	.111	.176	.250	.429	.667	1.00	1
.153	.168	.190	.223	.282	.381	.470	.595	.796	1.00	1.45	2.00	2.73	2
.455	.489	.535	.602	.715	.899	1.06	1.27	1.60	1.93	2.63	3.48	4.59	3
.869	.922	.992	1.09	1.26	1.52	1.75	2.05	2.50	2.95	3.89	5.02	6.50	4
1.36	1.43	1.52	1.66	1.88	2.22	2.50	2.88	3.45	4.01	5.19	6.60	8.44	5
1.91	2.00	2.11	2.28	2.54	2.96	3.30	3.76	4.44	5.11	6.51	8.19	10.4	6
2.50	2.60	2.74	2.94	3.25	3.74	4.14	4.67	5.46	6.23	7.86	9.80	12.4	7
3.13	3.25	3.40	3.63	3.99	4.54	5.00	5.60	6.50	7.37	9.21	11.4	14.3	8
3.78	3.92	4.09	4.34	4.75	5.37	5.88	6.55	7.55	8.52	10.6	13.0	16.3	9
4.46	4.61	4.81	5.08	5.53	6.22	6.78	7.51	8.62	9.68	12.0	14.7	18.3	10
5.16	5.32	5.54	5.84	6.33	7.08	7.69	8.49	9.69	10.9	13.3	16.3	20.3	11
5.88	6.05	6.29	6.61	7.14	7.95	8.61	9.47	10.8	12.0	14.7	18.0	22.2	12
6.61	6.80	7.05	7.40	7.97	8.83	9.54	10.5	11.9	13.2	16.1	19.6	24.2	13
7.35	7.56	7.82	8.20	8.80	9.73	10.5	11.5	13.0	14.4	17.5	21.2	26.2	14
8.11	8.33	8.61	9.01	9.65	10.6	11.4	12.5	14.1	15.6	18.9	22.9	28.2	15
8.88	9.11	9.41	9.83	10.5	11.5	12.4	13.5	15.2	16.8	20.3	24.5	30.2	16
9.65	9.89	10.2	10.7	11.4	12.5	13.4	14.5	16.3	18.0	21.7	26.2	32.2	17
10.4	10.7	11.0	11.5	12.2	13.4	14.3	15.5	17.4	19.2	23.1	27.8	34.2	18
11.2	11.5	11.8	12.3	13.1	14.3	15.3	16.6	18.5	20.4	24.5	29.5	36.2	19
12.0	12.3	12.7	13.2	14.0	15.2	16.3	17.6	19.6	21.6	25.9	31.2	38.2	20
12.8	13.1	13.5	14.0	14.9	16.2	17.3	18.7	20.8	22.8	27.3	32.8	40.2	21
13.7	14.0	14.3	14.9	15.8	17.1	18.2	19.7	21.9	24.1	28.7	34.5	42.1	22
14.5	14.8	15.2	15.8	16.7	18.1	19.2	20.7	23.0	25.3	30.1	36.1	44.1	23
15.3	15.6	16.0	16.6	17.6	19.0	20.2	21.8	24.2	26.5	31.6	37.8	46.1	24
16.1	16.5	16.9	17.5	18.5	20.0	21.2	22.8	25.3	27.7	33.0	39.4	48.1	25
17.0	17.3	17.8	18.4	19.4	20.9	22.2	23.9	26.4	28.9	34.4	41.1	50.1	26
17.8	18.2	18.6	19.3	20.3	21.9	23.2	24.9	27.6	30.2	35.8	42.8	52.1	27
18.6	19.0	19.5	20.2	21.2	22.9	24.2	26.0	28.7	31.4	37.2	44.4	54.1	28
19.5	19.9	20.4	21.0	22.1	23.8	25.2	27.1	29.9	32.6	38.6	46.1	56.1	29
20.3	20.7	21.2	21.9	23.1	24.8	26.2	28.1	31.0	33.8	40.0	47.7	58.1	30
21.2	21.6	22.1	22.8	24.0	25.8	27.2	29.2	32.1	35.1	41.5	49.4	60.1	31
22.0	22.5	23.0	23.7	24.9	26.7	28.2	30.2	33.3	36.3	42.9	51.1	62.1	32
22.9	23.3	23.9	24.6	25.8	27.7	29.3	31.3	34.4	37.5	44.3	52.7	64.1	33
23.8	24.2	24.8	25.5	26.8	28.7	30.3	32.4	35.6	38.8	45.7	54.4	66.1	34
24.6	25.1	25.6	26.4	27.7	29.7	31.3	33.4	36.7	40.0	47.1	56.0	68.1	35
25.5	26.0	26.5	27.3	28.6	30.7	32.3	34.5	37.9	41.2	48.6	57.7	70.1	36
26.4	26.8	27.4	28.3	29.6	31.6	33.3	35.6	39.0	42.4	50.0	59.4	72.1	37
27.3	27.7	28.3	29.2	30.5	32.6	34.4	36.6	40.2	43.7	51.4	61.0	74.1	38
28.1	28.6	29.2	30.1	31.5	33.6	35.4	37.7	41.3	44.9	52.8	62.7	76.1	39
29.0	29.5	30.1	31.0	32.4	34.6	36.4	38.8	42.5	46.1	54.2	64.4	78.1	40
29.9	30.4	31.0	31.9	33.4	35.6	37.4	39.9	43.6	47.4	55.7	66.0	80.1	41
30.8	31.3	31.9	32.8	34.3	36.6	38.4	40.9	44.8	48.6	57.1	67.7	82.1	42
31.7	32.2	32.8	33.8	35.3	37.6	39.5	42.0	45.9	49.9	58.5	69.3	84.1	43
32.5	33.1	33.7	34.7	36.2	38.6	40.5	43.1	47.1	51.1	59.9	71.0	86.1	44
33.4	34.0	34.6	35.6	37.2	39.6	41.5	44.2	48.2	52.3	61.3	72.7	88.1	45
34.3	34.9	35.6	36.5	38.1	40.5	42.6	45.2	49.4	53.6	62.8	74.3	90.1	46
35.2	35.8	36.5	37.5	39.1	41.5	43.6	46.3	50.6	54.8	64.2	76.0	92.1	47
36.1	36.7	37.4	38.4	40.0	42.5	44.6	47.4	51.7	56.0	65.6	77.7	94.1	48
37.0	37.6	38.3	39.3	41.0	43.5	45.7	48.5	52.9	57.3	67.0	79.3	96.1	49
37.9	38.5	39.2	40.3	41.9	44.5	46.7	49.6	54.0	58.5	68.5	81.0	98.1	50

1.0%	1.2%	1.5%	2 %	3 %	5 %	7 %	10 %	15 %	20 %	30 %	40 %	50 %
------	------	------	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------

B**N**

B=1,0%**ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5.2.****A (Erl)**

N	k															
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	.153															
2	.250	.455														
3	.351	.657	.869													
4	.438	.865	1.16	1.36												
6	.526	1.08	1.45	1.72	1.91											
7	.614	1.29	1.76	2.08	2.32	2.50										
8	.701	1.50	2.07	2.46	2.74	2.96	3.13									
9	.789	1.72	2.38	2.84	3.17	3.42	3.62	3.78								
10	.877	1.91	2.69	3.22	3.61	3.90	4.12	4.31	4.46							
11	.964	2.10	3.00	3.61	4.05	4.38	4.63	4.84	5.01	5.16						
12	1.05	2.29	3.31	4.00	4.49	4.86	5.15	5.38	5.57	5.74	5.88					
13	1.14	2.48	3.62	4.39	4.94	5.35	5.67	5.93	6.14	6.32	6.47	6.61				
14	1.23	2.67	3.93	4.78	5.39	5.85	6.20	6.48	6.71	6.91	7.07	7.22	7.35			
15	1.32	2.86	4.24	5.17	5.84	6.34	6.73	7.04	7.29	7.50	7.68	7.84	7.98	8.11		
16	1.40	3.05	4.55	5.56	6.29	6.84	7.26	7.60	7.87	8.10	8.30	8.47	8.62	8.75	8.88	
17	1.49	3.24	4.83	5.95	6.75	7.34	7.80	8.16	8.46	8.70	8.91	9.10	9.26	9.40	9.53	9.65
18	1.58	3.43	5.12	6.34	7.20	7.85	8.34	8.73	9.05	9.31	9.54	9.73	9.90	10.1	10.2	10.3
19	1.67	3.62	5.40	6.73	7.66	8.35	8.88	9.30	9.64	9.92	10.2	10.4	10.6	10.7	10.9	11.0
20	1.75	3.81	5.69	7.12	8.11	8.85	9.42	9.87	10.2	10.5	10.8	11.0	11.2	11.4	11.5	11.7
21	1.84	4.00	5.97	7.51	8.57	9.36	9.97	10.4	10.8	11.2	11.4	11.7	11.9	12.0	12.2	12.4
22	1.93	4.20	6.25	7.90	9.02	9.87	10.5	11.0	11.4	11.8	12.1	12.3	12.5	12.7	12.9	13.0
23	2.02	4.39	6.54	8.28	9.48	10.4	11.1	11.6	12.0	12.4	12.7	13.0	13.2	13.4	13.6	13.7
24	2.10	4.58	6.82	8.67	9.93	10.9	11.6	12.2	12.6	13.0	13.3	13.6	13.9	14.1	14.3	14.4
25	2.19	4.77	7.11	9.05	10.4	11.4	12.2	12.8	13.2	13.6	14.0	14.3	14.5	14.7	14.9	15.1
26	2.28	4.96	7.39	9.42	10.8	11.9	12.7	13.3	13.9	14.3	14.6	14.9	15.2	15.4	15.6	15.8
27	2.37	5.15	7.68	9.78	11.3	12.4	13.3	13.9	14.5	14.9	15.3	15.6	15.9	16.1	16.3	16.5
28	2.45	5.34	7.96	10.1	11.7	12.9	13.8	14.5	15.1	15.5	15.9	16.3	16.5	16.8	17.0	17.2
29	2.54	5.53	8.24	10.5	12.2	13.4	14.4	15.1	15.7	16.2	16.6	16.9	17.2	17.5	17.7	17.9
30	2.63	5.72	8.53	10.9	12.6	13.9	14.9	15.7	16.3	16.8	17.2	17.6	17.9	18.2	18.4	18.6
31	2.72	5.91	8.81	11.2	13.1	14.4	15.5	16.3	16.9	17.4	17.9	18.3	18.6	18.9	19.1	19.4
32	2.81	6.10	9.10	11.6	13.5	14.9	16.0	16.8	17.5	18.1	18.5	18.9	19.3	19.6	19.8	20.1
33	2.89	6.29	9.38	12.0	14.0	15.4	16.6	17.4	18.1	18.7	19.2	19.6	20.0	20.3	20.5	20.8
34	2.98	6.48	9.67	12.3	14.4	15.9	17.1	18.0	18.8	19.4	19.9	20.3	20.6	21.0	21.2	21.5
35	3.07	6.67	9.95	12.7	14.9	16.4	17.7	18.6	19.4	20.0	20.5	20.9	21.3	21.7	21.9	22.2
36	3.16	6.87	10.2	13.0	15.3	17.0	18.2	19.2	20.0	20.6	21.2	21.6	22.0	22.4	22.7	22.9
37	3.24	7.06	10.5	13.4	15.8	17.5	18.8	19.8	20.6	21.3	21.8	22.3	22.7	23.1	23.4	23.6
38	3.33	7.25	10.8	13.8	16.2	18.0	19.3	20.4	21.2	21.9	22.5	23.0	23.4	23.8	24.1	24.4
39	3.42	7.44	11.1	14.1	16.6	18.5	19.9	20.9	21.8	22.5	23.1	23.7	24.1	24.5	24.8	25.1
40	3.51	7.63	11.4	14.5	17.0	19.0	20.4	21.5	22.4	23.2	23.8	24.3	24.8	25.2	25.5	25.8
41	3.59	7.82	11.7	14.8	17.5	19.5	20.9	22.1	23.1	23.8	24.5	25.0	25.5	25.9	26.2	26.5
42	3.68	8.01	11.9	15.2	17.9	20.0	21.5	22.7	23.7	24.5	25.1	25.7	26.2	26.6	26.9	27.3
43	3.77	8.20	12.2	15.6	18.3	20.5	22.0	23.3	24.3	25.1	25.8	26.4	26.9	27.3	27.7	28.0
44	3.86	8.39	12.5	15.9	18.7	21.0	22.6	23.9	24.9	25.8	26.5	27.1	27.6	28.0	28.4	28.7
45	3.95	8.58	12.8	16.3	19.2	21.5	23.1	24.5	25.5	26.4	27.1	27.7	28.3	28.7	29.1	29.5
46	4.03	8.77	13.1	16.7	19.6	22.0	23.7	25.0	26.1	27.0	27.8	28.4	29.0	29.4	29.8	30.2
47	4.12	8.96	13.4	17.0	20.0	22.4	24.2	25.6	26.8	27.7	28.5	29.1	29.6	30.1	30.5	30.9
48	4.21	9.15	13.6	17.4	20.4	22.9	24.8	26.2	27.4	28.3	29.1	29.8	30.3	30.8	31.3	31.6
49	4.30	9.34	13.9	17.7	20.9	23.4	25.3	26.8	28.0	29.0	29.8	30.5	31.0	31.5	32.0	32.4
50	4.38	9.54	14.2	18.1	21.3	23.9	25.9	27.4	28.6	29.6	30.4	31.1	31.7	32.3	32.7	33.1

N

k

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5.2

A (Erl)

B=1,0 %

k

18	19	20	21	22	25	30	35	40	45	50	60	70	90	110	k=N	N	
															.0101 .153 .455 .869 1.36	1 2 3 4 5	
															1.91 2.50 3.13 3.78 4.46	6 7 8 9 10	
															5.16 5.88 6.61 7.35 8.11	11 12 13 14 15	
															8.88 9.65 10.4 11.2 12.0	16 17 18 19 20	
10.4 11.1 11.8	11.2 11.9 12.0														12.8 13.7 14.5 15.3 16.1	21 22 23 24 25	
12.5 13.2 13.9 14.6 15.3	12.6 13.3 14.0 14.7 15.4	12.7 13.4 14.1 14.9 15.6	12.8 13.5 14.3 15.0 15.7	13.7 14.4 14.4 15.1 15.8											17.0 17.8 18.6 19.5 20.3	26 27 28 29 30	
16.0 16.7 17.4 18.1 18.8	16.1 16.9 17.6 18.3 19.0	16.3 17.0 17.7 18.5 19.2	16.4 17.1 17.9 18.6 19.3	16.5 17.3 18.0 18.7 19.5	16.9 17.6 18.3 19.1 19.8	16.1									21.2 22.0 22.9 23.8 24.6	31 32 33 34 35	
19.6 20.3 21.0 21.7 22.4	19.7 20.5 21.2 21.9 22.7	19.9 20.6 21.4 22.1 22.8	20.1 20.8 21.5 22.3 23.0	20.2 21.0 21.7 22.4 23.2	20.6 21.3 22.1 22.9 23.6	21.1 21.9 22.6 23.4 24.2									25.5 26.4 27.3 28.1 29.0	36 37 38 39 40	
23.2 23.9 24.6 25.4 26.1	23.4 24.1 24.9 25.6 26.3	23.6 24.3 25.1 25.8 26.6	23.8 24.5 25.3 26.0 26.8	23.9 24.7 25.4 26.2 27.0	24.4 25.1 25.9 26.7 27.4	25.0 25.7 26.5 27.3 28.1	25.4 26.2 27.0 27.8 28.6									41 42 43 44 45	41 42 43 44 45
26.8 27.6 28.3 29.0 29.8	27.1 27.8 28.6 29.0 29.3	27.3 28.1 28.8 29.2 29.6	27.5 28.3 29.0 29.8 30.0	27.7 28.5 29.2 30.0 30.3	28.2 29.0 29.8 30.5 31.3	28.9 29.7 30.4 31.2 32.0	29.4 30.2 31.0 31.8 32.6	29.8 30.6 31.4 32.2 33.0								29.9 30.8 31.7 32.5 33.4	46 47 48 49 50
30.5 31.2 32.0 32.7 33.5	30.8 31.5 32.3 33.0 34.3	31.1 31.8 32.3 33.8 34.6	31.3 32.1 33.0 33.6 34.3	31.5 33.6 34.4 35.2 34.6	32.1 32.9 33.6 34.4 35.2	32.8 33.6 34.4 35.2 36.0	33.4 34.2 35.0 35.8 36.6	33.9 34.7 35.5 36.3 37.1	34.3 35.1 35.9 36.7 37.5	34.3 35.2 36.1 37.0 37.9						34.3 35.2 36.1 37.0 37.9	46 47 48 49 50
18	19	20	21	22	25	30	35	40	45	50	60	70	90	110	k=N	N	

k

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

0.1 Αντικείμενο – Κλάδοι – Υπηρεσίες Επικοινωνιών	1
0.1.1 Γενικά	1
0.1.2 Τηλεφωνία	3
0.2 Ιστορική εξέλιξη και προοπτικές των Επικοινωνιών	4
0.2.1 Τηλεγραφία – Τηλεφωνία	4
0.2.2 Τηλεπικοινωνιακά κέντρα	8
0.2.3 Τηλεπικοινωνιακά δίκτυα	9
0.2.4 Προοπτικές Επικοινωνιών	11

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΑΣΤΙΚΗ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΒΑΣΙΚΕΣ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

1.1 Συνδρομητική τηλεφωνική συσκευή	12
1.1.1 Γενικά	12
1.1.2 Το μικροτηλέφωνο	14
1.1.3 Τηλεφωνική συσκευή με επιλογικό δίσκο	18
1.1.4 Τηλεφωνική συσκευή με πληκτρολόγιο	21
1.2 Ρωστήρες	25
1.2.1 Γενικά	25
1.2.2 Κατασκευή και συμβολισμός του ρωστήρα	26
1.2.3 Λειτουργία του ρωστήρα	33
1.2.4 Δημιουργία και κατάπνιξη σπινθήρων	38
1.2.5 Διάφοροι τύποι ρωστήρων	39
1.3 Επιλογείς	48
1.3.1 Γενικά	48
1.3.2 Βηματοπορικοί επιλογείς	50
1.3.3 Κινητηριακός περιστροφικός επιλογέας με ευγενή μέταλλα (επιλογέας EMD)	58
1.3.4 Ραβδεπαρικός επιλογέας	66
1.3.5 Ζευκτικά πεδία με ρωστήρες και ηλεκτρονικά στοιχεία	70
1.4 Μετρητής συνδιαλέξεων και δείκτης τελών	74
1.4.1 Μετρητής συνδιαλέξεων	74
1.4.2 Δείκτης τελών	75
1.5 Διάφορα βοηθητικά εξαρτήματα	75
1.5.1 Λυχνίες σηματοδοτήσεως	75
1.5.2 Ασφάλειες και διακόπτες	76

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Ζεύξη ενσυρμάτων αστικών δικτύων

2.1 Γενικά	82
2.2 Δομή αστικού δικτύου	82
2.3 Κατασκευαστικά στοιχεία τηλεφωνικών καλωδίων	86
2.3.1 Πλέξεις καλωδίων	88
2.4 Τοποθέτηση καλωδίων	89
2.4.1 Δίκτυο σωληνώσεων	90
2.5 Ζευκτικά καλώδια	90



ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Αστικά κέντρα και δίκτυα. Συνδρομητικά κέντρα

3.1 Αυτόμata αστικά τηλεφωνικά κέντρα	92
3.1.1 Γενικά	92
3.1.2 Βασικές λειτουργίες αυτομάτων κέντρων	94
3.1.3 Αποκατάσταση συνδέσεως με επιλογέis	95
3.1.4 Αποκατάσταση συνδέσεων με ζευκτικά πεδία	108
3.1.5 Ηλεκτρονικά τηλεφωνικά κέντρα	114
3.2 Αστικό τηλεφωνικό δίκτυο	120
3.2.1 Γενικά	120
3.2.2 Διεκπεραίωση της κινήσεως μεταξύ κυρίων κέντρων (Κ.Κ.)	123
3.2.3 Αστικά κομβικά κέντρα	125
3.3 Συνδρομητικά κέντρα	126
3.3.1 Συγκρότηση συνδρομητικών κέντρων	126
3.3.2 Κατηγορίες συνδρομητικών κέντρων	128
3.3.3 Δυνατότητες συνδρομητικών κέντρων	130
3.3.4 Δυνατότητες εσωτερικών συσκευών	133
3.4 Ηλεκτρική τροφοδότηση τηλεφωνικών κέντρων	133
3.4.1 Ρεύματα και τάσεις τηλεφωνικών κέντρων	133
3.4.2 Ηλεκτρικές πηγές τροφοδοτήσεως	136
3.4.3 Η μηχανή κλήσεως και σημάτων (Μ.Κ.Σ.)	138

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

ΕΝΣΥΡΜΑΤΗ ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΗ ΤΗΛΕΦΩΝΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Ζεύξη ενσυρμάτων υπεραστικών δικτύων

4.1 Εναέριες γραμμές	141
4.1.1 Γενικά	141
4.1.2 Χρησιμοποιούμενα υλικά	141
4.1.3 Εγκατάσταση στύλων	143
4.1.4 Χρήσεις εναερίων γραμμών	145
4.1.5 Διαφωνία	146
4.2 Περιοχικά καλώδια	148
4.3 Υπόγεια ομοαξονικά καλώδια	148
4.3.1 Γενικά	148
4.3.2 Διαστάσεις αγωγών ομοαξονικών καλωδίων	149
4.3.3 Χαρακτηριστικά των ομοαξονικών καλωδίων	149
4.3.4 Συγκρότηση καλωδιακού συστήματος	151
4.3.5 Δυνατότητες των ομοαξονικών καλωδίων	153
4.3.6 Ομοαξονικά καλώδια υψηλής συχνότητας	153
4.4 Υποβρύχια καλώδια	153
4.4.1 Γενικά	153
4.4.2 Κατασκευαστικά στοιχεία υποβρυχίων καλωδίων	154
4.4.3 Συγκρότηση υποβρύχιας καλωδιακής ζεύξεως	155
4.4.4 Χωρητικότητα και χρήσεις των υποβρυχίων καλωδιακών ζεύξεων	157
4.5 Συστήματα μεταδόσεως με οπτικές ίνες	158
4.5.1 Οπτικές ίνες	158
4.5.2 Καλώδια οπτικών ινών	160
4.5.3 Ζεύξεις με καλώδια οπτικών ινών	160

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

Υπεραστικά κέντρα και δίκτυα

5.1 Γενικά	164
5.2 Διαμόρφωση δικτύου	165
5.3 Αριθμοδότηση	168
5.4 Τελοχρέωση	170
5.5 Διεθνής Τηλεφωνία	171

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

Κεραίες

6.1 Γενικά	173
6.2 Κεραίες βραχέων κυμάτων	174
6.3 Ρομβική κεραία	175
6.4 Κεραία με επίπεδο ανακλαστήρα	175
6.5 Κεραία με διέδρο ανακλαστήρα	176
6.6 Κεραία Γιάγκι (Yagi)	178
6.7 Ελικοειδής κεραία	178
6.8 Κεραία με παραβολικό κάτοπτρο	180
6.9 Κεραία Κασεγκρέιν (Cassegrain)	183
6.10 Παθητικό κάτοπτρο	184
6.11 Κυματοδηγοί – Χοάνη	185

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

Ασύρματη επικοινωνία

7.1 Ζεύξεις βραχέων κυμάτων	187
7.1.1 Γενικά	187
7.1.2 Βασικές συσκευές μιας συνδέσεως βραχέων κυμάτων	187
7.1.3 Πομπός βραχέων κυμάτων	188
7.1.4 Δέκτης βραχέων κυμάτων	189
7.1.5 Τερματική διάταξη	189
7.2 Ζεύξεις υπερβραχέων κυμάτων	190
7.2.1 Πομποδέκτης υπερβραχέων κυμάτων	190
7.2.2 Κινητή τηλεφωνία	190
7.2.3 Συστήματα Τηλεειδοποίησεως	192
7.3 Ραδιοηλεκτρικά Δίκτυα	192
7.3.1 Τεχνική των ραδιοηλεκτρικών δικτύων	193
7.3.2 Πομπός τερματικού σταθμού	193
7.3.3 Σταθμός αναμεταδόσεως	194
7.3.4 Δέκτης τερματικού σταθμού	196
7.3.5 Κατανομή συχνοτήτων	196
7.3.6 Εφεδρική και υπηρεσιακή αρτηρία	197
7.3.7 Ηλεκτροδότηση σταθμών	197
7.3.8 Ζεύξεις τροποσφαιρικής σκεδάσεως	197
7.4 Δορυφορικές επικοινωνίες	198
7.4.1 Αρχή λειτουργίας	198
7.4.2 Ιστορικό	199
7.4.3 Τροχιά δορυφόρων	200
7.4.4 Τροχιοθέτηση δορυφόρων	200



7.4.5 Συγκρότηση δορυφόρου	202
7.4.6 Συγκρότηση σταθμού εδάφους	204
7.4.7 Χρονική καθυστέρηση σήματος και φαινόμενα ηχώς	208

ΜΕΡΟΣ ΠΕΜΠΤΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ

Τηλεγραφία – Τηλετυπία

8.1 Τηλεγραφικοί κώδικες	210
8.1.1 Ο κώδικας Μορς (Morse)	210
8.1.2 Ο καλωδιακός κώδικας	210
8.1.3 Ο πενταδικός κώδικας	211
8.2 Συσκευή Μορς (Morse)	213
8.3 Τηλέτυπο	213
8.4 Τηλεφωτογραφία	216

ΜΕΡΟΣ ΕΚΤΟ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

Φερέσυχνα συστήματα

9.1 Γενικά	217
9.2 Σχηματισμός των ομάδων διαφόρων τάξεων	219
9.2.1 Πρωτομάδας	219
9.2.2 Δευτερομάδας	222
9.2.3 Τριτομάδας	223
9.2.4 Τεταρτομάδας	223
9.3 Φάσμα γραμμής ή βασική ζώνη	223
9.4 Φερέσυχνα ραδιοφωνικών προγραμμάτων	225
9.5 Τηλεγραφικά φερέσυχνα συστήματα	225
9.6 Συστήματα παλμοκωδικής διαμορφώσεως	227

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Γραμμές μεταφοράς

1.1 Ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο στη γραμμή	231
1.2 Χωρητικότητα και αυτεπαγωγή γραμμής	232
1.3 Τερματισμός γραμμής – Στάσιμα κύματα	233
1.4 Χαρακτηριστική αντίσταση γραμμής	235
1.5 Απώλειες γραμμής	235
1.6 Πρακτική μορφή των γραμμών μεταφοράς	236
1.7 Χρήσεις των γραμμών μεταφοράς	236

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Διάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων

2.1 Γενικά	238
2.2 Τρόποι διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων	239
2.3 Διάδοση βραχέων κυμάτων	242

2.4 Διάδοση υπερβραχέων κυμάτων και μικροκυμάτων	243
2.5 Σχεδίαση δικτύων μικροκυμάτων	247

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Στοιχεία από τη θεωρία τηλεφωνικής κινήσεως

3.1 Γενικά	250
3.2 Συστήματα απωλειών και συστήματα αναμονής	251
3.3 Μεγέθη συστήματος απωλειών	252
3.4 Μεγέθη συστήματος αναμονής	254
3.5 Υπολογισμός συστήματος απωλειών στην πράξη	254

COPYRIGHT ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

