

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

**Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Τεχνολογίας Υπολογιστών
Τομέας Τηλεπικοινωνιών & Τεχνολογίας της Πληροφορίας
Εργαστήριο Ενσύρματης Τηλεπικοινωνίας**

ΨΗΦΙΑΚΑ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΚΕΝΤΡΑ

(Κεφάλαιο 3)

ΛΥΜΠΕΡΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ
Καθηγητής

Πάτρα 2012

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΥΤΟΜΑΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ.....	1
3.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	1
3.2 ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΒΗΜΑΤΟΠΟΡΙΚΑ ΑΥΤΟΜΑΤΑ ΤΚ	2
3.2.1 Περιστροφικός Επιλογέας	3
3.2.2 Υψοστροφικός Επιλογέας	3
3.2.3 Αυτόματο Βηματοπορικό ΤΚ 10 Συνδρομητών.....	5
3.2.4 Αυτόματο Βηματοπορικό ΤΚ 100 Συνδρομητών.....	7
3.2.5 Συγκέντρωση Γραμμών	8
3.2.6 Αυτόματο Βηματοπορικό ΤΚ 1.000 Συνδρομητών.....	11
3.2.7 Αυτόματο ΤΚ 10.000 Συνδρομητών	14
3.2.8 Ζεύξη Γειτονικών ΤΚ.....	15
3.2.9 Διασύνδεση ΤΚ με Υπόκεντρο.....	18
3.2.10 Μείξη Γραμμών.....	19
3.2.11 Χρέωση Κλήσεων.....	21
3.3 ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΥΤΟΜΑΤΑ ΡΑΒΔΕΠΑΦΙΚΑ ΤΚ.....	22
3.3.1 Ραβδεπαφικός Επιλογέας (ΡΕ)	22
3.3.2 Αυτόματα Ραβδεπαφικά ΤΚ 10 Συνδρομητών.....	24
3.3.3 Λειτουργία της Διάταξης Καθοδήγησης	24
3.3.4 Αυτόματα Ραβδεπαφικά ΤΚ Ενσυρματωμένου Ελέγχου	27
3.3.4.1 Βαθμίδα Προεπιλογής Ραβδεπαφικού ΤΚ	28
3.3.4.2 Εσωτερική Συμφόρηση Διβάθμιου Ζευκτικού Πεδίου	30
3.3.4.3 Βαθμίδα Διακλάδωσης Ραβδεπαφικού ΤΚ	32
3.3.4.4 Βαθμίδα Τελικής Επιλογής Ραβδεπαφικού ΤΚ.....	34
3.3.5 Διασύνδεση Γειτονικών ΤΚ	35

ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΥΤΟΜΑΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Τα ηλεκτρομηχανικά ΤΚ αποτελούν αυτόματα συστήματα μεταγωγής τηλεφωνικών συνδιαλέξεων, τα οποία λειτουργούν αποκλειστικά με ηλεκτρομηχανικές διατάξεις και αναλογικά σήματα. Έκαναν την εμφάνισή τους το έτος 1889 στις ΗΠΑ, αντικαθιστώντας τα χειροκίνητα ΤΚ και αποτελούν τους προγόνους των σύγχρονων ψηφιακών συστημάτων μεταγωγής. Συνοπτικά, η ιστορία και η εξέλιξη των ηλεκτρομηχανικών αυτόματων ΤΚ έχει ως εξής:

1. Το 1889 εφευρίσκεται στις ΗΠΑ το πρώτο αυτόματο ΤΚ από τον Almon Strowger. Το 1889, ο Almon Strowger, εργολάβος κηδείων στην πόλη Κάνσας των ΗΠΑ, κατασκεύασε ένα σύστημα αυτόματης διασύνδεσης τηλεφωνικών κλήσεων χωρίς την μεσολάβηση χειριστή. Ο Strowger πίστευε ότι ο η σύζυγος ενός ανταγωνιστή του, η οποία εργαζόταν ως χειρίστρια του τοπικού χειροκίνητου ΤΚ, διοχέτευε τις κλήσεις υποψήφιων πελατών του προς την επιχείρηση του συζύγου της, με αποτέλεσμα να του στερεί την πελατεία. Προκειμένου να δώσει λύση σε αυτό το πρόβλημα, ο Strowger οδηγήθηκε στην ανακάλυψή του. Σημειώνεται ότι είχαν προηγηθεί και άλλες εφευρέσεις συστημάτων για αυτόματα ΤΚ, ενώ αρκετές παρόμοιες εφευρέσεις ακολούθησαν την εφεύρεση του Strowger, καμία όμως δεν ήταν τόσο πρακτική όσο αυτή.

Η ανακάλυψη του συστήματος Strowger είναι ένας σημαντικός σταθμός στην ιστορία των τηλεπικοινωνιών και θεωρείται για πολλούς εξίσου σημαντική με την ανακάλυψη του τηλεφώνου από τον Alexander Graham Bell. Το πρώτο αυτόματο ΤΚ λειτούργησε στις ΗΠΑ το 1892 και στην Ευρώπη το 1897.

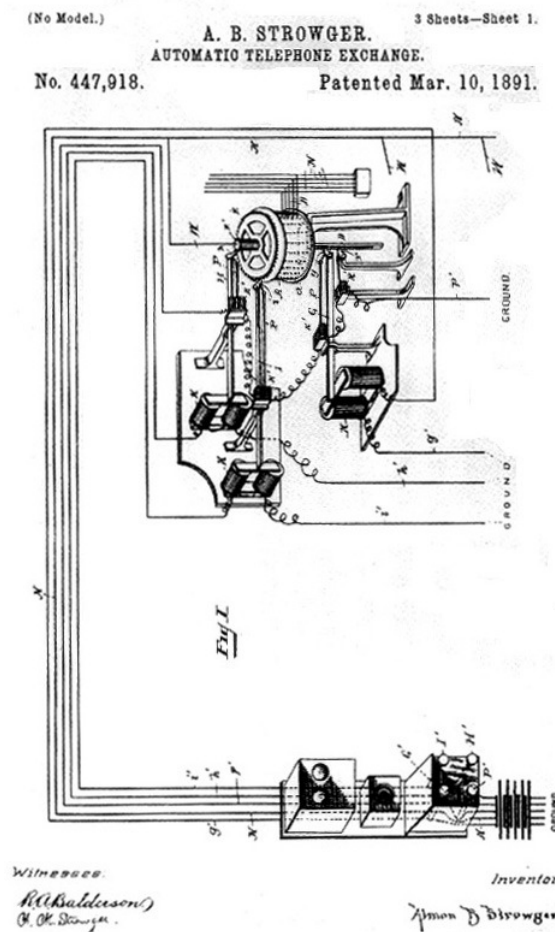
2. Στη δεκαετία του 1930 ανακαλύφθηκαν τα ραβδεπαφικά (crossbar) ΤΚ στη Σουηδία. Τα ραβδεπαφικά ΤΚ χρησιμοποιήθηκαν ευρύτατα στην Ευρώπη, ενώ σε σύντομο χρονικό διάστημα η τεχνολογία τους μεταφέρθηκε και εφαρμόστηκε στις ΗΠΑ.
3. Την δεκαετία του 1950 ξεκίνησε στις ΗΠΑ η έρευνα πάνω στα ηλεκτρονικά ΤΚ, τα οποία χρησιμοποιούσαν ηλεκτρονικό υπολογιστή για τον χειρισμό των ηλεκτρομηχανικών διατάξεων και την αποκατάσταση των συνδέσεων μεταξύ συνδρομητών. Το πρώτο ηλεκτρονικό σύστημα μεταγωγής εμφανίστηκε στην αγορά τηλεπικοινωνιών των ΗΠΑ το

1965.

Στην δεκαετία του 1970 τα ηλεκτρονικά ΤΚ εξελίχθηκαν σε ψηφιακά. Σε αντίθεση με τα ηλεκτρομηχανικά ΤΚ, τα οποία μεταφέρουν τα σήματα φωνής των συνδρομητών σαν αναλογικά σήματα μέσω ηλεκτρικών καλωδίων, τα ψηφιακά ΤΚ μετατρέπουν την φωνή σε ψηφιακή μορφή και στη συνέχεια πραγματοποιούν μεταγωγή των ψηφιοποιημένων δειγμάτων φωνής, καταργώντας έτσι την χρήση των ηλεκτρομηχανικών διατάξεων.

3.2 ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΒΗΜΑΤΟΠΟΡΙΚΑ ΑΥΤΟΜΑΤΑ ΤΚ

Το σύστημα του Strowger βασίζεται σε *ηλεκτρομηχανικούς επιλογείς (selectors)* και αναφέρεται ως *βηματοπορικό (step-by-step)*, καθώς πραγματοποιεί την σύνδεση δύο συνδρομητών με διακριτά βήματα. Τα ΤΚ που λειτουργούν με ηλεκτρομηχανικούς επιλογείς τύπου Strowger ήταν τόσο αποδοτικά ώστε χρησιμοποιήθηκαν από τηλεπικοινωνιακούς φορείς σε ολόκληρο τον κόσμο, για σχεδόν έναν ολόκληρο αιώνα. Οι βασικοί τύποι ηλεκτρομηχανικών επιλογέων είναι ο *περιστροφικός* και ο *υψοστροφικός*.



Σχήμα 3.1: Ο Περιστροφικός Επιλογέας του A. Strowger (1891)

Στο Σχήμα 3.1 απεικονίζεται το πρωτότυπο σχέδιο του περιστροφικού επιλογέα του Almon Strowger, όπως αυτό υποβλήθηκε στο Γραφείο Ευρεσιτεχνιών των ΗΠΑ το 1891. Σημειώνουμε ότι την εποχή εκείνη η τηλεφωνική γραμμή λειτουργούσε με 5-σύρματο καλώδιο, όπως αυτό που φαίνεται στο Σχήμα 3.1, σε αντίθεση με τις 2-σύρματες τηλεφωνικές γραμμές που εμφανίστηκαν αργότερα.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στα τέλη του 1965, περισσότερα από τα μισά τηλέφωνα στις ΗΠΑ εξυπηρετούνταν από ΤΚ που χρησιμοποιούσαν την τεχνολογία του βηματοπορικού επιλογέα Strowger. Στην αρχή τις δεκαετίες του 1980 σταμάτησε η εγκατάσταση καινούργιων ΤΚ αυτού του τύπου, ενώ η χρήση τους είχε πλέον μειωθεί στο 25% της τηλεπικοινωνιακής αγοράς των ΗΠΑ. Στην Μεγάλη Βρετανία, το τελευταίο βηματοπορικό ηλεκτρομηχανικό ΤΚ αντικαταστάθηκε το 1985.

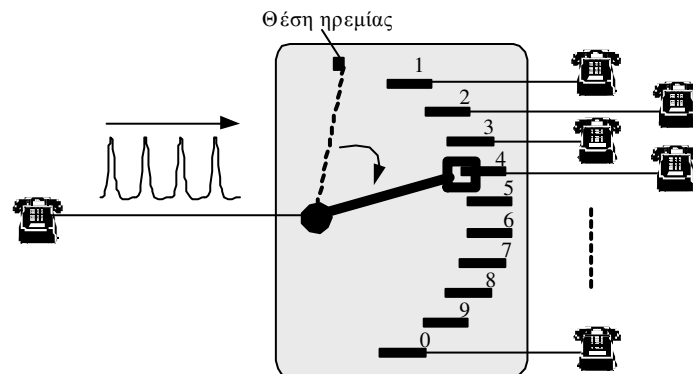
3.2.1 Περιστροφικός Επιλογέας

Η πλέον απλή μορφή βηματοπορικού επιλογέα είναι ο *Περιστροφικός Επιλογέας (ΠΕ)*, ο οποίος διαθέτει μία είσοδο και δέκα εξόδους, αριθμημένες ως 1,2, 3, ... 8, 9 και 0 (Σχήμα 3.2). Ένας κινούμενος μεταλλικός βραχίονας, ο οποίος περιστρέφεται με την βοήθεια ενός ηλεκτρομαγνήτη, συνδέει την είσοδο με οποιαδήποτε έξοδο. Η περιστροφή του βραχίονα επιτυγχάνεται μέσω ηλεκτρικών παλμών, οι οποίοι προέρχονται από την τηλεφωνική συσκευή του συνδρομητή που πραγματοποιεί μία κλήση και αναφέρονται ως *παλμοί επιλογής ή επιλογικοί παλμοί*. Μέσω των παλμών επιλογής ο καλών συνδρομητής επιλέγει τον καλούμενο συνδρομητή αυτόματα χωρίς να μεσολαβήσει ο χειριστής του ΤΚ.

Ο βραχίονας αρχικά βρίσκεται σε θέση ηρεμίας. Όταν ληφθεί ένας παλμός επιλογής, ο ηλεκτρομαγνήτης ενεργοποιείται και περιστρέφει το βραχίονα κατά μία θέση. Για την σύνδεση της εξόδου με αύξοντα αριθμό N απαιτείται η μετακίνηση του βραχίονα κατά N θέσεις από την θέση ηρεμίας. Κατά συνέπεια, χρειάζεται αριθμός παλμών ίσος με τον αύξοντα αριθμό της συγκεκριμένης εξόδου, ένας παλμός για την έξοδο 1, δύο παλμοί για την έξοδο 2, κλπ, ενώ για την έξοδο με αριθμό 0 χρειάζονται κατά σύμβαση 10 παλμοί.

Στο Σχήμα 3.2 απεικονίζεται ο ΠΕ να συνδέει μία εισερχόμενη τηλεφωνική γραμμή με δέκα εξερχόμενες γραμμές και τις αντίστοιχες τηλεφωνικές συσκευές. Ο αριθμός κλήσης κάθε συνδρομητή συνδεδεμένου στην εξερχόμενη πλευρά του επιλογέα συμπίπτει με τον αριθμό της εξόδου του επιλογέα στην οποία είναι συνδεδεμένος, δηλαδή πρόκειται για τους μονοψήφιους αριθμούς κλήσης 1, 2, 3, ...9 και 0.

Για παράδειγμα, για την κλήση του συνδρομητή με αριθμό 4, ο καλών συνδρομητής στέλνει από τη συσκευή του 4 παλμούς επιλογής, οι οποίοι περιστρέφουν τον βραχίονα κατά τέσσερις θέσεις αποκαθιστώντας την επιθυμητή σύνδεση.



Σχήμα 3.2: Λειτουργία Περιστροφικού Επιλογέα Strowger

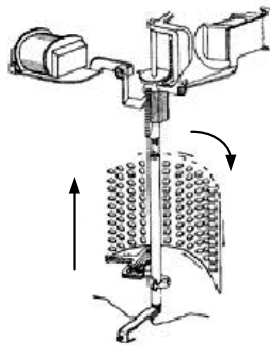
3.2.2 Υψοστροφικός Επιλογέας

Η πλέον σύνθετη μορφή βηματοπορικού επιλογέα είναι ο *Υψοστροφικός Επιλογέας (ΥΕ) ή επιλογέας δύο κινήσεων (two-motion selector)* και συνδέει μία εισερχόμενη γραμμή με 100 εξερχόμενες γραμμές. Οι 100 εξοδοί είναι τοποθετημένες κατακόρυφα, χωρισμένες ανά 10, σε 10 παράλληλα επίπεδα και αριθμημένες με δύο ψηφία από 00 έως 99. Η δομή αυτή είναι αντίστοιχη με την δομή 10

περιστροφικών επιλογέων, με 10 εξόδους ο καθένας, οι οποίοι έχουν τοποθετηθεί κατακόρυφα ο ένας πάνω στον άλλο.

Ο ΥΕ διαθέτει δύο κινούμενους μεταλλικούς βραχίονες, που μετακινούνται από δύο διαφορετικούς ηλεκτρομαγνήτες. Ο πρώτος βραχίονας κινείται κατακόρυφα και πραγματοποιεί τη σύνδεση της εισόδου του επιλογέα με το επίπεδο στο οποίο βρίσκεται η επιθυμητή έξοδος. Στη συνέχεια, ο βραχίονας κινείται περιστροφικά, πάνω στο επιλεγμένο επίπεδο και συνδέεται τελικά με την επιθυμητή έξοδο.

Οι κινήσεις του υψοστροφικού επιλογέα αποτελούν αυτοματοποίηση των κινήσεων που εκτελούσε ο χειριστής στα χειροκίνητα τηλεφωνικά ΤΚ, προσπαθώντας να εντοπίσει την έξοδο του καλούμενου συνδρομητή και να αποκαταστήσει τη κλήση.



Σχήμα 3.3: Υψοστροφικός Επιλογέας Strowger

Στο Σχήμα 3.4 απεικονίζεται ο ΥΕ να συνδέει μία εισερχόμενη τηλεφωνική γραμμή με 100 εξερχόμενες τηλεφωνικές γραμμές και τις αντίστοιχες τηλεφωνικές συσκευές. Ο αριθμός κλήσης κάθε συνδρομητή συνδεδεμένου στην εξερχόμενη πλευρά του ΥΕ είναι ο διψήφιος αριθμός της εξόδου πάνω στην οποία συνδέεται ο συνδρομητής, δηλαδή πρόκειται για τους διψήφιους αριθμούς κλήσης 00, 01, 02, ... 99. Το πρώτο ψηφίο του αριθμού κλήσης υποδεικνύει το επίπεδο του ΥΕ (δεκάδα) και το δεύτερο ψηφίο καθορίζει επακριβώς την έξοδο του ΥΕ στην οποία συνδέεται η γραμμή του καλούμενου συνδρομητή.

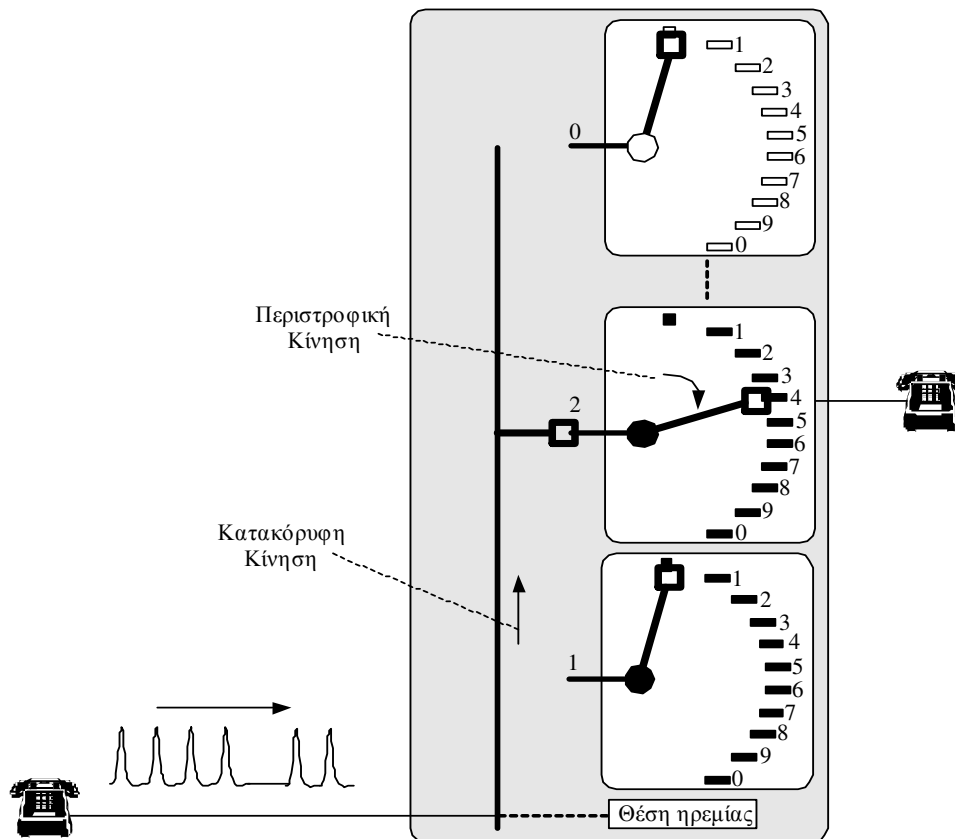
Συνεπώς, η κλήση ενός συνδρομητή συνδεδεμένου στον ΥΕ του παραδείγματος, απαιτεί δύο σειρές παλμών επιλογής. Η πρώτη σειρά παλμών ενεργοποιεί τον ηλεκτρομαγνήτη του κατακόρυφου βραχίονα και επιλέγει το επίπεδο εξόδου, ενώ η δεύτερη σειρά ενεργοποιεί τον ηλεκτρομαγνήτη του περιστρεφόμενου βραχίονα στο συγκεκριμένο επίπεδο και επιλέγει μία έξοδο.

Για την κλήση του συνδρομητή με αριθμό 24, που απεικονίζεται στο Σχήμα 3.4, ο καλών συνδρομητής πρέπει να στείλει αρχικά μία σειρά με 2 παλμούς επιλογής και στη συνέχεια άλλη μία σειρά με 4 παλμούς επιλογής. Οι 2 αρχικοί παλμοί μετακινούν τον κατακόρυφο βραχίονα κατά 2 θέσεις από την θέση ηρεμίας, συνδέοντας την εισερχόμενη γραμμή με το 2ο επίπεδο του επιλογέα και οι 4 επόμενοι μετακινούν τον περιστρεφόμενο βραχίονα του 2ου επιπέδου κατά 4 θέσεις από την θέση ηρεμίας, αποκαθιστώντας πλήρως επιθυμητή σύνδεση.

Είναι σαφές ότι η σωστή λειτουργία του ΥΕ εξαρτάται από τον συγχρονισμό των παλμών επιλογής. Οι διαδοχικοί παλμοί μίας συγκεκριμένης παλμοσειράς δεν πρέπει να απέχουν μεγάλα χρονικά διαστήματα μεταξύ τους, ενώ μεταξύ δύο διαφορετικών παλμοσειρών επιλογής πρέπει να μεσολαβεί μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, έτσι ώστε να διαχωρίζονται οι παλμοί της πρώτης σειράς από αυτούς της επόμενης.

Στο αρχικό σύστημα του Strowger, η διαδικασία κλήσης ήταν αρκετά δύσκολη για τους συνδρομητές, αφού έπρεπε να καλούν τους αριθμούς κλήσης με το πάτημα ειδικών πλήκτρων τα οποία υπήρχαν στην τηλεφωνική συσκευή. Η συσκευή είχε 10 πλήκτρα, ένα για κάθε ψηφίο από 0, 1, 2, έως και 9. Κάθε πάτημα του πλήκτρου έκλεινε στιγμιαία ένα κύκλωμα, τροφοδοτούμενο από συσσωρευτή και δημιουργούσε έναν παλμό επιλογής. Κάθε πλήκτρο έπρεπε να πατηθεί τόσες φορές

όσες και ο αριθμός του, δηλαδή προκειμένου να κληθεί για παράδειγμα το ψηφίο 5 έπρεπε να πατηθεί το αντίστοιχο κουμπί πέντε φορές.



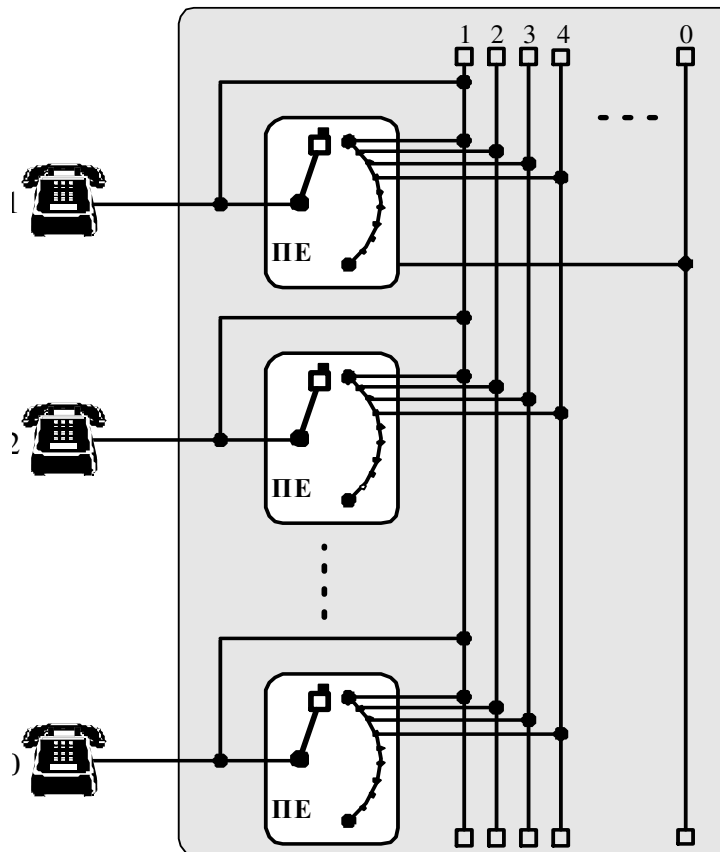
Σχήμα 3.4: Λειτουργία Υψοστροφικού Επιλογέα Strowger

Σύντομα όμως, οι τηλεφωνικές συσκευές εφοδιάστηκαν με τους δίσκους επιλογής και η διαδικασία της κλήσης απλουστεύθηκε. Ο συνδρομητής απλώς επέλεγε το επιθυμητό ψηφίο στον κυκλικό δίσκο επιλογής και στη συνέχεια περιστρέφει τον δίσκο από την θέση ηρεμίας μέχρι την θέση τερματισμού της περιστροφής. Κατά την επιστροφή του δίσκου στην θέση ηρεμίας, η τηλεφωνική συσκευή παράγει τον αντίστοιχο αριθμό από διαδοχικούς παλμούς επιλογής με σωστό συγχρονισμό. Κατά την κλήση του επόμενου ψηφίου του καλούμενου αριθμού, το χρονικό διάστημα που μεσολαβούσε από την μετακίνηση του δίσκου από την θέση ηρεμίας μέχρι την θέση τερματισμού περιστροφής ήταν αρκετό ώστε να διαχωρίζονται μεταξύ τους οι παλμοσειρές των διαδοχικών καλούμενων ψηφίων.

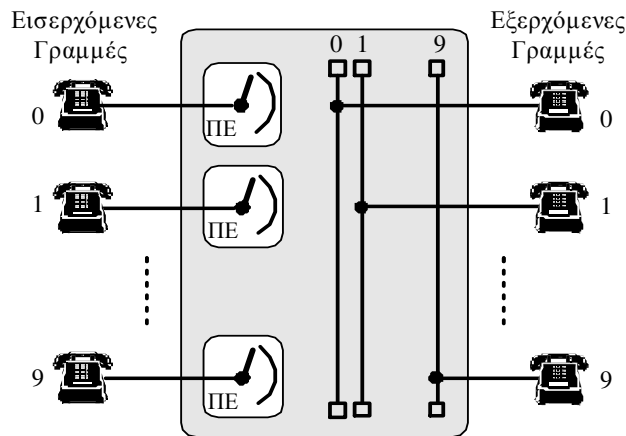
3.2.3 Αυτόματο Βηματοπορικό ΤΚ 10 Συνδρομητών

Στο Σχήμα 3.1 εξετάστηκε η αυτόματη σύνδεση ενός συνδρομητή με 10 διαφορετικούς συνδρομητές, μέσω ενός ΠΕ 10 εξόδων. Στην περίπτωση όπου απαιτείται η σύνδεση 10 συνδρομητών μεταξύ τους, έτσι ώστε να μπορούν να καλούν ο ένας τον άλλο αυτόματα, πρέπει να χρησιμοποιηθεί μία σύνθετη διάταξη αποτελούμενη από αρκετούς ΠΕ.

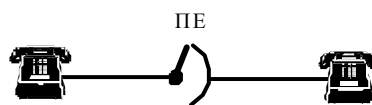
Συγκεκριμένα, χρειάζονται 10 ΠΕ, έτσι ώστε να αντιστοιχεί ένας ΠΕ για κάθε συνδρομητή. Η τηλεφωνική συσκευή κάθε συνδρομητή συνδέεται στην είσοδο του αντίστοιχου ΠΕ, ενώ οι εξοδοί του συγκεκριμένου ΠΕ συνδέονται μία προς μία με τις τηλεφωνικές συσκευές όλων των συνδρομητών.



Σχήμα 3.5: Αναλυτική Δομή Αυτόματου Ηλεκτρομηχανικού Βηματοπορικού ΤΚ 10 Συνδρομητών



Σχήμα 3.6: Αναλυτικό Εποπτικό Διάγραμμα Βηματοπορικού ΤΚ 10 Συνδρομητών



Σχήμα 3.7: Απλουστευμένο Εποπτικό Διάγραμμα Βηματοπορικού ΤΚ 10 Συνδρομητών

Με τον τρόπο αυτό, δημιουργείται ένα αυτόματο ηλεκτρομηχανικό ΤΚ το οποίο εξυπηρετεί τους 10 συνδρομητές. Το δικτυοδόμημα (fabric) αυτού του ΤΚ και η συνδεσμολογία των ΠΕ και των τηλεφωνικών συσκευών παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.5. Το δικτυόγραμμα αυτό σχηματίζει ένα πεδίο παράλληλων γραμμών που αναφέρεται ως πολλαπλό (ή πολλαπλασιαστικό) πεδίο χώρου (γραμμών).

Στο ΤΚ αυτό, οι συνδρομητές έχουν μονοψήφιους αριθμούς κλήσης. Όταν ένας συνδρομητής καλέσει τον αριθμό κάποιου άλλου συνδρομητή, η συσκευή του στέλνει μία παλμοσειρά που περιστρέφει κατάλληλα τον επιλογέα και πραγματοποιεί τη σύνδεση με τον καλούμενο συνδρομητή.

Στην πράξη, έχει επικρατήσει μία απλούστερη σχηματική απεικόνιση των ΤΚ, όπου παραλείπεται ο λεπτομερής σχεδιασμός όλων των συνδέσεων για λόγους ευκολίας του αναγνώστη. Συγκεκριμένα, παραλείπονται οι συνδέσεις από τις εξόδους κάθε επιλογέα προς τις συσκευές των συνδρομητών. Μία τέτοια απεικόνιση παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.6. Όπως φαίνεται, το δικτυοδόμημα του ΤΚ παρουσιάζεται αρκετά απλούστερο.

Οι κατακόρυφες γραμμές αυτού του διαγράμματος, θεωρούνται συνδεδεμένες μία προς μία με τις αντίστοιχες εξόδους όλων των επιλογέων. Επίσης, για λόγους εποπτείας, οι συνδεδεμένοι συνδρομητές του ΤΚ εμφανίζονται δύο φορές, μία στην εισερχόμενη πλευρά του ΤΚ και μία στην εξερχόμενη. Το Σχήμα 3.6, αναφέρεται ως Αναλυτικό Εποπτικό Διάγραμμα του ΤΚ. Για την απλούστερη απεικόνιση του ΤΚ χρησιμοποιείται το διάγραμμα του Σχήματος 3.7, το οποίο αναφέρεται ως Απλουστευμένο Εποπτικό Διάγραμμα του ΤΚ.

Σημείωση: Στην πράξη, τα ΤΚ μικρής χωρητικότητας, για παράδειγμα των 10 ή 100 συνδρομητών, χρησιμοποιούνται για την διασύνδεση μικρών ομάδων χρηστών, όπως για παράδειγμα οι υπάλληλοι μίας εταιρείας. Το βηματοπορικό ΤΚ των 10 συνδρομητών που εξετάστηκε σε αυτή την παράγραφο, αποτελεί πρόγονο των σύγχρονων *Αυτόματων Συνδρομητικών ΤΚ (Private Automatic Branch Exchange – PABX)*.

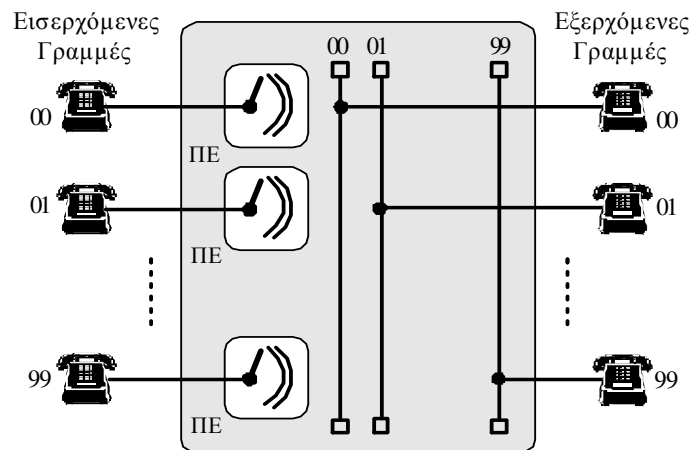
3.2.4 Αυτόματο Βηματοπορικό ΤΚ 100 Συνδρομητών

Στην περίπτωση όπου πρέπει να εξυπηρετηθούν 100 συνδρομητές, σύμφωνα με τα όσα έχουν αναφερθεί στις προηγούμενες παραγράφους, πρέπει να χρησιμοποιηθούν 100 επιλογείς των 100 εξόδων ο καθένας (100 ΥΕ). Κάθε συνδρομητής συνδέεται με την είσοδο ενός συγκεκριμένου ΥΕ και σε πλήρη αντιστοιχία με την περίπτωση του ΤΚ 10 συνδρομητών, οι 100 έξοδοι κάθε ΥΕ συνδέονται μία προς μία με τους 100 συνδρομητές που εξυπηρετεί το ΤΚ.

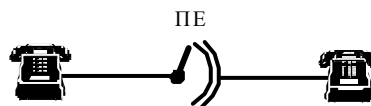
Το εποπτικό διάγραμμα ενός αυτόματου βηματοπορικού ΤΚ 100 συνδρομητών, το οποίο λειτουργεί με ΥΕ των 100 θέσεων, απεικονίζεται στα εποπτικά διαγράμματα των Σχημάτων 3.8 και 3.9. Σε αυτό το ΤΚ, οι αριθμοί κλήσης των συνδρομητών είναι διψήφιοι (00, 01 έως και 99). Κατά την κλήση ενός αριθμού, η συσκευή του καλούντα συνδρομητή στέλνει δύο ακολουθίες παλμών, μία για κάθε ψηφίο του καλούμενου συνδρομητή.

Για παράδειγμα, για την κλήση του αριθμού 63, η πρώτη παλμοσειρά που αντιστοιχεί στο ψηφίο 6 αποτελείται από 6 διαδοχικούς παλμούς επιλογής και η δεύτερη, που αντιστοιχεί στο ψηφίο 3, αποτελείται από 3 παλμούς. Η πρώτη παλμοσειρά μετακινεί τον ΥΕ, που αντιστοιχεί στον καλούντα συνδρομητή, κατακόρυφα κατά έξι θέσεις, επιλέγοντας έτσι το επίπεδο όπου βρίσκεται συνδεδεμένη η συσκευή του καλούμενου συνδρομητή. Η δεύτερη παλμοσειρά, περιστρέφει τον βραχίονα επιλογής του ΥΕ κατά τρεις θέσεις, πάνω στο ήδη επιλεγμένο επίπεδο και ολοκληρώνει την τηλεφωνική σύνδεση με την συσκευή του καλούμενου συνδρομητή.

Η λειτουργία του ΤΚ που περιγράφηκε παραπάνω είναι υπερ-απλουστευμένη, προκειμένου να γίνει κατανοητή η λειτουργία και η συνδεσμολογία των ΥΕ τύπου Strowger. Ένα πραγματικό ΤΚ πραγματοποιεί αρκετές επιπρόσθετες λειτουργίες, όπως για παράδειγμα την αποστολή σημάτων κουνουπισμού προς τη συσκευή του καλούμενου συνδρομητή, το χειρισμό διαβιβαστικής κίνησης στην περίπτωση κλήσεων προς συνδρομητές που ανήκουν σε κάποιο γειτονικό ΤΚ, τη χρέωση των συνδρομητών, κλπ. Οι λειτουργίες αυτές θα αναπτυχθούν στη συνέχεια του παρόντος Κεφαλαίου.



Σχήμα 3.8: Αναλυτικό Εποπτικό Διάγραμμα TK 100 Συνδρομητών



Σχήμα 3.9: Απλουστευμένο Εποπτικό Διάγραμμα TK 100 Συνδρομητών

3.2.5 Συγκέντρωση Γραμμών

Το ηλεκτρομηχανικό TK των 100 συνδρομητών που περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο, αποτελεί μία λύση του προβλήματος αυτόματης σύνδεσης των 100 συνδρομητών η οποία δεν χρησιμοποιείται στην πράξη για τους εξής λόγους:

1. κάθε συνδρομητής χρησιμοποιεί αποκλειστικά έναν ΥΕ 100 εξόδων, ο οποίος έχει υψηλό κόστος κατασκευής και χρησιμοποιείται μόνο όταν ο συγκεκριμένος συνδρομητής πραγματοποιήσει μία εξερχόμενη κλήση.
2. η διασύνδεση όλων των επιλογών μεταξύ τους απαιτεί πολύπλοκο δικτυοδόμημα, με υψηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης.
3. ακόμα και στην περίπτωση όπου όλοι οι συνδρομητές συνομιλούν μεταξύ τους ταυτόχρονα, χρησιμοποιούνται μόνο οι μισοί ΥΕ, αφού οι επιλογείς των καλούμενων συνδρομητών δεν εμπλέκονται στις κλήσεις.

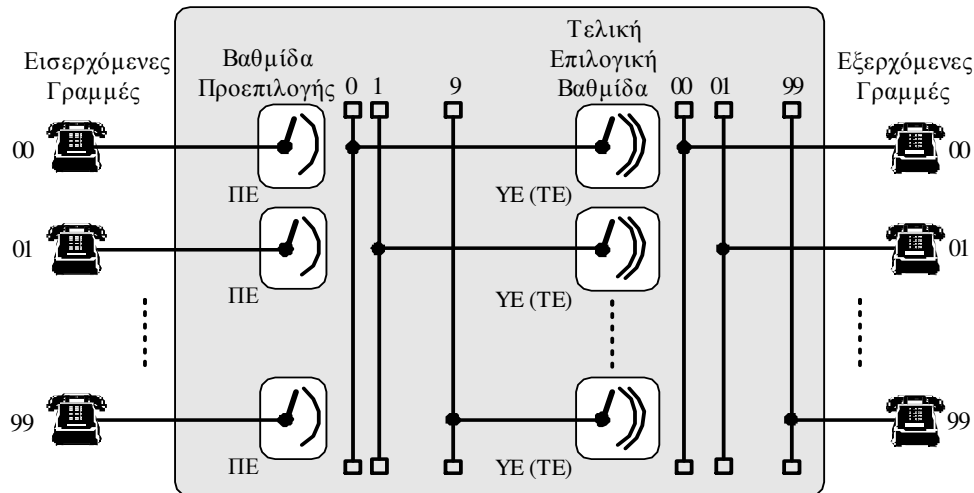
Συνεπώς, η συγκεκριμένη διάρθρωση του TK είναι οικονομικά ασύμφορη, καθώς περιλαμβάνει ένα μεγάλο πλήθος ακριβών εξαρτημάτων (ηλεκτρομηχανικοί επιλογείς) τα οποία παραμένουν ακριβώς για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Το κόστος κατασκευής του TK μπορεί να μειωθεί ακόμα περισσότερο εάν ληφθεί υπ' όψη ότι στατιστικά οι συνδρομητές του TK σπάνια μιλούν ταυτόχρονα όλοι μαζί.

Το ποσοστό των συνδρομητών ενός TK που εμπλέκεται ταυτόχρονα σε εξερχόμενες κλήσεις προκύπτει με παρατήρηση της τηλεπικοινωνιακής κίνησης που παράγεται από συνδρομητές με κοινά χαρακτηριστικά. Τα χαρακτηριστικά αυτά αφορούν τη συμπεριφορά των συνδρομητών ως προς τον αριθμό και τον τρόπο που πραγματοποιούν τις εξερχόμενες κλήσεις. Είναι σημαντικό να συλλέγεται και να αναλύεται το ποσοστό των εξερχόμενων κλήσεων στις ώρες αιχμής, όταν δηλαδή υπάρχει αυξημένη απαίτηση των συνδρομητών για τηλεφωνικές υπηρεσίες από το δίκτυο.

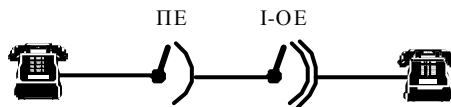
Για παράδειγμα κατά τις ώρες αιχμής, το ποσοστό των ταυτόχρονα εξερχόμενων κλήσεων σε μία περιοχή με κατοικίες είναι συνήθως 10% - 15%. Αντίθετα, σε μία περιοχή όπου οι συνδρομητές

χρησιμοποιούν το τηλέφωνο για επαγγελματικούς λόγους (γραφεία, καταστήματα, κλπ) το ποσοστό αυτό είναι κατά πολύ αυξημένο.

Προκειμένου να απλουστευτεί το πρόβλημα, θα υποτεθεί ότι το TK των 100 συνδρομητών πρόκειται να εξυπηρετήσει τους συνδρομητές μίας αστικής περιοχής με κατοικίες. Για την περιοχή αυτή, θεωρείται ότι το ποσοστό των συνδρομητών που πραγματοποιεί ταυτόχρονα εξερχόμενες κλήσεις κατά τις ώρες αιχμής είναι 10%. Εάν η διάρθρωση του εξοπλισμού του TK καλύπτει ικανοποιητικά τις ανάγκες των συνδρομητών κατά τις ώρες αιχμής, τότε θα υπερκαλύπτει και τις ανάγκες για τηλεφωνικές κλήσεις κατά την διάρκεια των υπολοίπων ωρών της ημέρας, όπου η τηλεφωνική κίνηση είναι σαφώς χαμηλότερη.



Σχήμα 3.10: Αναλυτικό Εποπτικό Διάγραμμα TK 100 Συνδρομητών με Βαθμίδα Προεπιλογής



Σχήμα 3.11: Απλουστευμένο Εποπτικό Διάγραμμα TK 100 Συνδρομητών με Βαθμίδα Προεπιλογής

Συνεπώς, θεωρώντας ότι από τους 100 συνδρομητές του TK μόνο οι 10 πραγματοποιούν εξερχόμενες κλήσεις ταυτόχρονα και κατά μέσο όρο, τότε μπορούν να μειωθούν οι ανάγκες ηλεκτρομηχανικού εξοπλισμού συγκεντρώνοντας τις εισερχόμενες γραμμές με μία κατάλληλη διάταξη επιλογέων.

Η συγκέντρωση των γραμμών γίνεται με την βοήθεια μίας διάταξης που ονομάζεται προεπιλογέας ή επιλογέας εύρεσης γραμμής (line finder). Ο προεπιλογέας αποτελείται από έναν επιλογέα Strowger - συνήθως ένα ΠΕ 10 εξόδων και από ένα κύκλωμα εκκίνησης του ΠΕ, η λειτουργία του οποίου θα περιγραφεί παρακάτω. Το εποπτικό διάγραμμα του προεπιλογέα είναι ίδιο με αυτό του ΠΕ και για το λόγο αυτό στη συνέχεια θα αναφέρεται συντομογραφικά και αυτός ως ΠΕ

Κάθε τηλεφωνική συσκευή συνδέεται με την είσοδο του προεπιλογέα (ΠΕ). Για την σύνδεση 100 συνδρομητών, απαιτούνται 100 ΠΕ, οι οποίοι αποτελούν τη Βαθμίδα Προεπιλογής. Οι 10 έξοδοι κάθε ΠΕ συνδέονται με 10 ΥΕ των 100 εξόδων. Στη συνέχεια, οι έξοδοι των 10 ΥΕ συνδέονται, με αντιστοίχιση μία προς μία, με τις τηλεφωνικές συσκευές των συνδρομητών. Οι ΥΕ του TK καθορίζουν το τελευταίο στάδιο της διεργασίας που απαιτείται για την αποκατάσταση της κλήσης και για τον λόγο ονομάζονται και Τελικοί Επιλογείς (ΤΕ).

Οι ΠΕ συνιστούν τη Βαθμίδα Προεπιλογής, η οποία πραγματοποιεί τη συγκέντρωση των

εισερχόμενων συνδρομητικών γραμμών, ενώ οι ΤΕ συνιστούν τη Βαθμίδα Τελικής Επιλογής, η οποία αποκεντρώνει τις εξερχόμενες γραμμές. Η διάρθρωση που μόλις περιγράφηκε, απεικονίζεται στο αναλυτικό εποπτικό διάγραμμα του Σχήματος 3.10 και στο απλουστευμένο εποπτικό διάγραμμα του Σχήματος 3.11.

Η διαδικασία της κλήσης μέσω του αυτόματου ΤΚ του Σχήματος 3.11, έχει ως εξής:

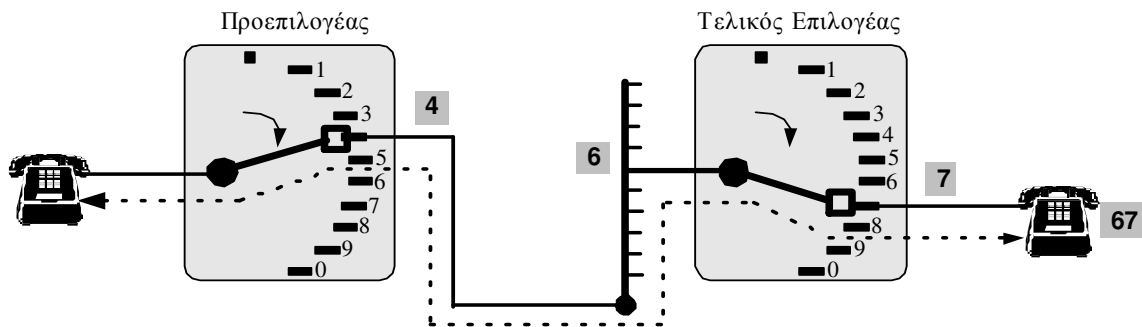
1. Όταν ο καλών συνδρομητής (συνδρομητής-Α) σηκώσει το ακουστικό της συσκευής του (off-hook) σηματοδοτείται μία νέα εξερχόμενη κλήση. Ο βρόγχος του συνδρομητή-Α διαρρέεται από ρεύμα το οποίο ενεργοποιεί το κύκλωμα εκκίνησης του ΠΕ στον οποίο τερματίζει η γραμμή του συνδρομητή-Α.
2. Το κύκλωμα εκκίνησης αρχίζει τότε να περιστρέφει τον βραχίονα του ΠΕ και με τον τρόπο αυτό το κύκλωμα εκκίνησης έρχεται σε διαδοχική επαφή με τους ΥΕ του ΤΚ. Μέσω αυτής της επαφής, το κύκλωμα εκκίνησης του ΠΕ ελέγχει την κατάσταση κάθε ΥΕ, δηλαδή εάν είναι ελεύθερος ή κατειλημμένος εξ' αιτίας της συνδιάλεξης κάποιου άλλου συνδρομητή. Εάν ο πρώτος ΥΕ είναι κατειλημμένος, το κύκλωμα εκκίνησης ελέγχει τον επόμενο και συνεχίζει μέχρι να βρεθεί ο πρώτος ελεύθερος ΥΕ.
3. Όταν εντοπιστεί ένας ελεύθερος ΥΕ, το κύκλωμα εκκίνησης σταματά την κίνηση του ΠΕ, δεσμεύοντας με τον τρόπο αυτό τον συγκεκριμένο ΥΕ. Εφ' όσον λοιπόν δεσμευθεί ο ΥΕ, το κύκλωμα εκκίνησης στέλνει, μέσω ειδικής διάταξης του ΤΚ, το σήμα επιλογής (dial tone) στο συνδρομητή-Α.
4. Η διαδικασία δέσμευσης από τον ΠΕ ενός ΥΕ πραγματοποιείται *ελεύθερη επιλογή*, σε αντίθεση με την *εξαναγκασμένη επιλογή* που εκτελεί ένας επιλογέας όταν καθοδηγείται από παλμούς επιλογής. Η δέσμευση ενός επιλογέα αναφέρεται ως *Φραγή*.
5. Το σήμα επιλογής είναι μια σειρά από επαναλαμβανόμενους ηλεκτρικούς παλμούς με συγκεκριμένη διάρκεια και συχνότητα επανάληψης, οι οποίοι μετατρέπονται από την τηλεφωνική συσκευή του συνδρομητή-Α στο χαρακτηριστικό ηχόσημα επιλογής. Το ηχόσημα επιλογής υποδεικνύει στο συνδρομητή-Α ότι το ΤΚ είναι έτοιμο για να δεχθεί τα ψηφία του αριθμού του καλούμενου συνδρομητή (συνδρομητής-Β).
6. Στη συνέχεια, ο συνδρομητής-Α καλεί τον επιθυμητό αριθμό (διψήφιο, στην περίπτωση που εξετάζεται) και οι παλμοσειρές μεταβιβάζονται μέσω του ΠΕ στον φραγμένο ΥΕ τον οποίο και καθοδηγούν στην αποκατάσταση της σύνδεσης με τον συνδρομητή-Β.
7. Μετά την σύνδεση με την γραμμή του συνδρομητή-Β, το ΤΚ φροντίζει, μέσω κατάλληλων διατάξεων και ηλεκτρικών κυκλωμάτων, να στείλει στο συνδρομητή-Β το σήμα κουδουνισμού (ring signal). Το σήμα κουδουνισμού δημιουργείται από την εφαρμογή συγκεκριμένης εναλλασσόμενης τάσης στον βρόγχο του συνδρομητή-Β, η οποία προκαλεί τον κουδουνισμό της τηλεφωνικής συσκευής. Ταυτόχρονα, το ΤΚ στέλνει το ηχόσημα ένδειξης αναμονής απάντησης προς το συνδρομητή-Α.
8. Όταν απαντήσει ο συνδρομητής-Β, σηκώνοντας το ακουστικό της συσκευής του, τα σήματα κουδουνισμού και αναμονής απάντησης σταματούν και οι δύο συνδρομητές μπορούν να συνομιλήσουν. Η φωνή των συνδρομητών μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα από την τηλεφωνική συσκευή τους, και ως ηλεκτρικό σήμα μεταδίδεται μέσω του κυκλώματος που περιλαμβάνει τους δύο συνδρομητικούς βρόγχους και τους δύο ηλεκτρομηχανικούς επιλογείς του ΤΚ, δηλαδή τον ΠΕ και τον δεσμευμένο ΤΕ (ΥΕ).
9. Με την απάντηση του συνδρομητή-Β, ξεκινά και η χρέωση του συνδρομητή-Α. Ο μηχανισμός χρέωσης περιγράφεται σε επόμενο κεφάλαιο.

Στο Σχήμα 3.12 απεικονίζεται ένα παράδειγμα σύνδεσης βήμα προς βήμα, δύο συνδρομητών μέσω ΤΚ 100 συνδρομητών. Στο παράδειγμα αυτό, ο συνδρομητής-Α έχει καλέσει τον συνδρομητή-Β του οποίου ο τηλεφωνικός αριθμός είναι 67. Ο ΠΕ που τερματίζει τη γραμμή του συνδρομητή-Α επέλεξε τον ΤΕ της εξόδου 4, ο οποίος είναι ο πρώτος ελεύθερος ΥΕ με τον οποίο ήρθε σε επαφή ο ΠΕ. Σχετικά με τον ΤΕ του παραδείγματος, βρίσκεται κατακόρυφα στην θέση 6 και στην έξοδο 7.

Με την συγκέντρωση των γραμμών διαμέσου της βαθμίδας προεπιλογής, επιτυγχάνεται σημαντική μείωση του κόστους κατασκευής (χρειάζονται μόνο 10 ΥΕ) και βελτιστοποιείται η χρήση του εξοπλισμού του ΤΚ. Οι ΥΕ, που αποτελούν συσκευές υψηλού κόστους, μοιράζονται σε όλους τους συνδρομητές του ΤΚ. Κατά την διάρκεια μίας κλήσης δεσμεύεται ένας ΥΕ, ο οποίος αποδεσμεύεται μετά το τέλος της συνδιάλεξης.

Όταν ήδη 10 συνδρομητές συνομιλούν σε εξερχόμενη κλήση και ένας επιπλέον συνδρομητής προσπαθεί να πραγματοποιήσει εξερχόμενη κλήση, το ΤΚ απορρίπτει την προσπάθεια κλήσεως αφού δεν υπάρχει διαθέσιμος ΤΕ για την πραγματοποίηση της νέας κλήσης. Στην περίπτωση αυτή το κύκλωμα εκκίνησης του ΠΕ διαπιστώνει ότι όλοι οι ΤΕ είναι κατειλημμένοι και στέλνει στη γραμμή του συνδρομητή ένα κατάλληλο σήμα το οποίο υποδεικνύει ότι το ΤΚ έχει υποστεί συμφόρηση. Ανάλογα με τον τύπο του ΤΚ, είτε στέλνεται συγκεκριμένο σήμα συμφόρησης, είτε δεν στέλνεται κανένα σήμα (ούτε το σήμα επιλογής). Η απουσία του χαρακτηριστικού σήματος επιλογής, ενημερώνει τον συνδρομητή ότι η εξερχόμενη κλήση δεν επιτρέπεται τη συγκεκριμένη στιγμή.

Τα βηματοπορικά ΤΚ ονομάζονται και ΤΚ άμεσης καθοδήγησης, καθώς οι επιλογείς Strowger που τα αποτελούν, καθοδηγούνται άμεσα από τον συνδρομητή που πραγματοποιεί την κλήση μέσω των ηλεκτρικών παλμών επιλογής.



Σχήμα 3.12: Σύνδεση δύο Συνδρομητών μέσω Βηματοπορικού ΤΚ 100 Συνδρομητών

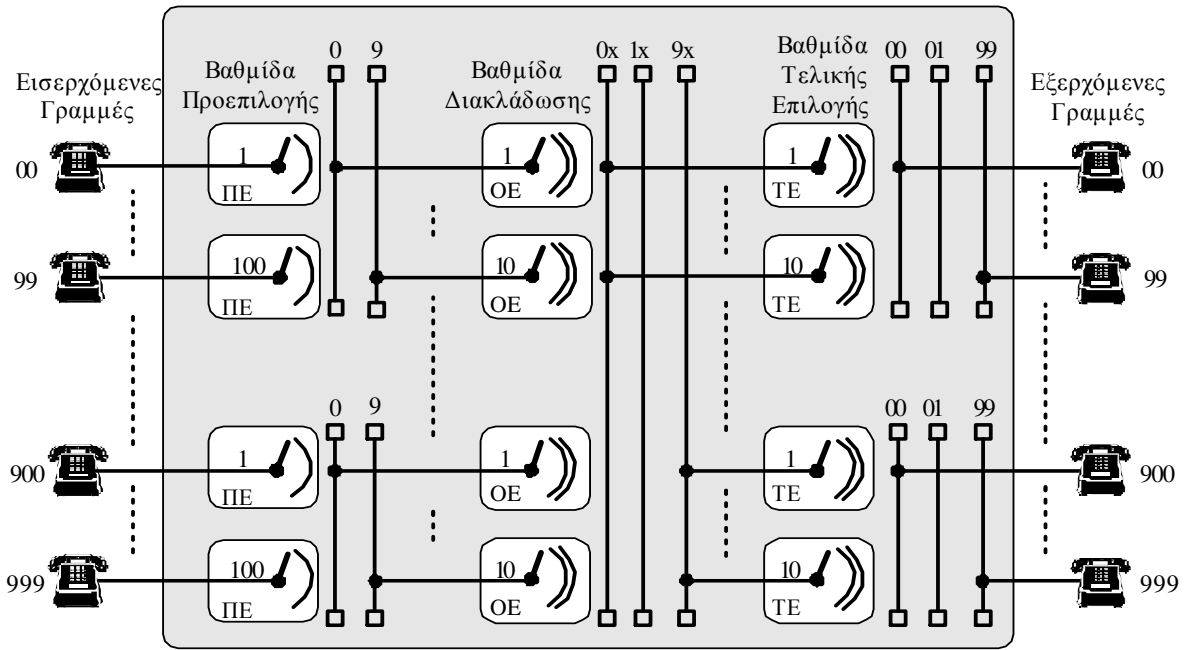
3.2.6 Αυτόματο Βηματοπορικό ΤΚ 1.000 Συνδρομητών

Για την οικονομική κατασκευή ενός βηματοπορικού ΤΚ ικανού να εξυπηρετήσει 1000 συνδρομητές (3-ψήφιοι αριθμοί κλήσης), χρησιμοποιείται ένας τροποποιημένος ΥΕ Strowger ο οποίος ονομάζεται *Επιλογέας Διακλάδωσης (ΕΔ)* ή *Οδικός Επιλογέας (ΟΕ)*.

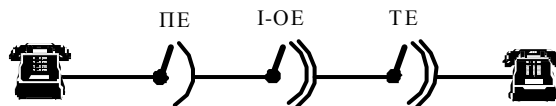
Ο ΟΕ παρεμβάλλεται μεταξύ του ΠΕ και του ΤΕ. Λειτουργεί σαν απλός ΥΕ ως προς την κατακόρυφη κίνηση επιλογής και ως ΠΕ ως προς την περιστροφική κίνηση επιλογής. Συγκεκριμένα, όταν ο ΟΕ λάβει την πρώτη παλμοσειρά, εκτελεί τη γνωστή κατακόρυφη εξαναγκασμένη κίνηση του ΥΕ και επιλέγει το επίπεδο που υποδεικνύεται από την παλμοσειρά. Στη συνέχεια και πριν λάβει την επόμενη παλμοσειρά επιλογής, κινείται ελεύθερα, όπως ένας ΠΕ, και επιλέγει την πρώτη έξοδο στην οποία υπάρχει διαθέσιμος ΤΕ. Η κίνηση ελεύθερης επιλογής του ΟΕ γίνεται σε μικρό χρονικό διάστημα, έτσι ώστε η επόμενη παλμοσειρά επιλογής που θα ληφθεί από την συσκευή του συνδρομητή να περάσει στον ΤΕ.

Η διάρθρωση ενός ΤΚ 1000 συνδρομητών, που χρησιμοποιεί μια βαθμίδα διακλάδωσης με ΟΕ, απεικονίζεται αναλυτικά στο Σχήμα 3.13 και συνοπτικά στο Σχήμα 3.14. Οι συνδρομητές χωρίζονται σε 10 ομάδες των 100. Οι ομάδες αυτές αποτελούν εκατοντάδες συνδρομητών με κοινό το πρώτο ψηφίο του αριθμού κλήσης, 000 έως 099, 100 έως 199, κλπ. Κάθε εκατοντάδα συνδρομητών συνδέεται με 100 αντίστοιχους ΠΕ της βαθμίδας προεπιλογής. Κάθε ΠΕ, συνδέεται με μια ομάδα από 10 ΥΕ που λειτουργούν ως ΟΕ.

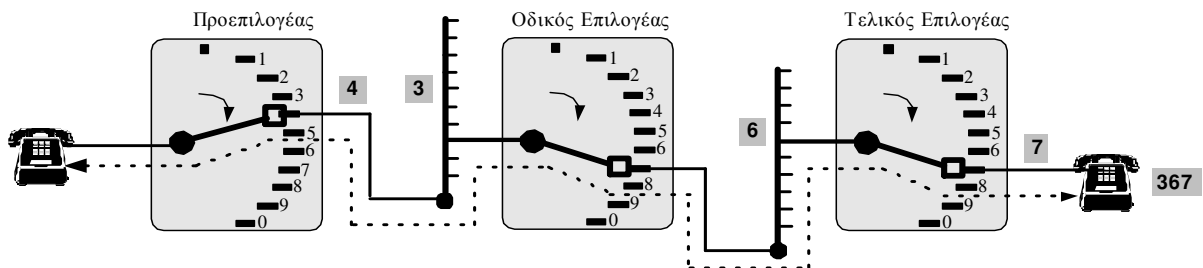
Ο κάθε ΟΕ συνδέεται με τέτοιο τρόπο ώστε να προσδιορίζει την εκατοντάδα στην οποία ανήκει ο συνδρομητής κατευθύνοντας κατάλληλα τη σύνδεση. Σύμφωνα με τον τρόπο λειτουργίας του ΟΕ, που έχει περιγραφεί παραπάνω, το κατακόρυφο σκέλος του είναι αυτό που προσδιορίζει την εκατοντάδα του συνδρομητή, πραγματοποιώντας εξαναγκασμένη επιλογή ενός επιπέδου. Οι 10 έξοδοι κάθε επιπέδου του ΟΕ, οι οποίες λειτουργούν ελεύθερα, συνδέονται με μία ομάδα 10 ΥΕ που αποτελούν τους ΤΕ για τη συγκεκριμένη εκατοντάδα συνδρομητών.



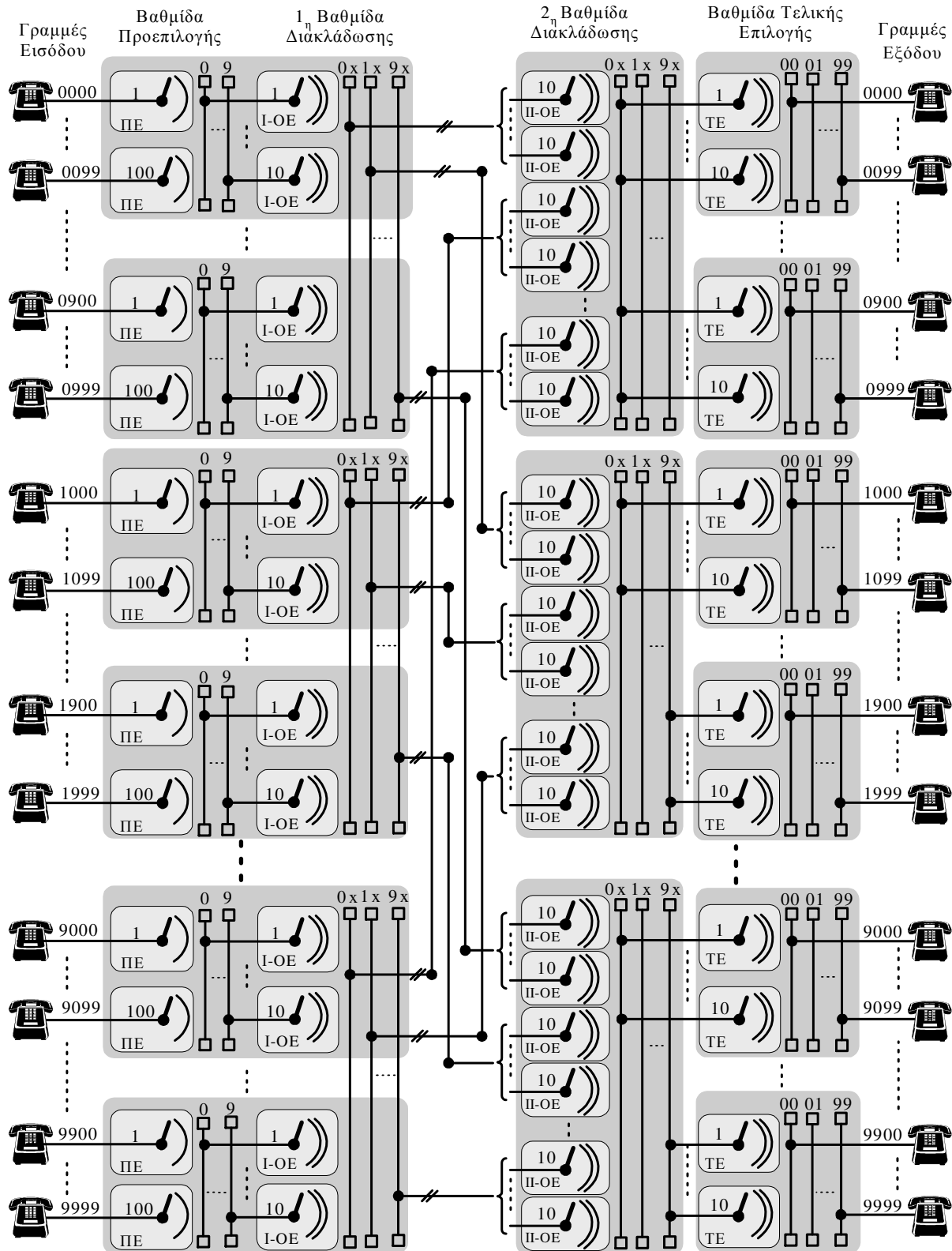
Σχήμα 3.13: Αναλυτικό Εποπτικό Διάγραμμα TK 1.000 Συνδρομητών με Βαθμίδα Προεπιλογής και μια Βαθμίδα Διακλάδωσης



Σχήμα 3.14: Απλουστευμένο Εποπτικό Διάγραμμα TK 1.000 Συνδρομητών με Βαθμίδα Προεπιλογής και μια Βαθμίδα Διακλάδωσης



Σχήμα 3.15: Σύνδεση 2 Συνδρομητών μέσω TK 1000 Συνδρομητών



Σχήμα 3.16: Αναλυτικό Εποπτικό Διάγραμμα TK 10.000 Συνδρομητών με Βαθμίδα Προεπιλογής και 2 Βαθμίδες Διακλάδωσης

Επειδή υπάρχουν μόνο 10 ΤΕ σε κάθε εκατοντάδα συνδρομητών, το ΤΚ είναι σε θέση να εξυπηρετήσει μόνο 10 ταυτόχρονες κλήσεις προς τους συνδρομητές που ανήκουν στην ίδια εκατοντάδα.

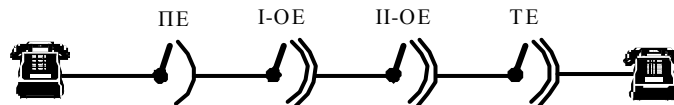
Στη συνέχεια ας θεωρηθεί το παράδειγμα που δείχνεται στο Σχήμα 3.15, όπου ένας συνδρομητής-Α καλεί το συνδρομητή-Β του οποίου ο αριθμός κλήσης είναι 367. Ο ΠΕ ανιχνεύει την ανύψωση του ακουστικού στην συσκευή του συνδρομητή-Α και αυτόματα επιλέγει (φράζει) τον πρώτο διαθέσιμο ΟΕ (ο οποίος τυχαίνει να συνδέεται στην έξοδο 4 του ΠΕ). Αμέσως μετά τη φραγή του ΟΕ, το ΤΚ αποστέλλει σήμα έναρξης επιλογής στο συνδρομητή-Α.

Το πρώτο ψηφίο του καλούμενου αριθμού, δηλαδή το ψηφίο 3, μετακινεί κατακόρυφα τον βραχίονα επιλογής του ΟΕ στο επίπεδο 3. Αμέσως μετά, ο ΟΕ ψάχνει για τον πρώτο διαθέσιμο ΤΕ στις δέκα εξόδους του επιπέδου 3 και έστω ότι τον βρίσκει τον πρώτο ελεύθερο ΤΕ στην έξοδο 9, τον οποίο και φράζει. Στη συνέχεια, τα δύο επόμενα ψηφία 6 και 7, διαβιβάζονται στον δεσμευμένο ΤΕ και η σύνδεση ολοκληρώνεται. Εάν δεν υπάρχει κανένας διαθέσιμος ΤΕ της εκατοντάδας 300 - 399, το ΤΚ παράγει και στέλνει ηχόσημα κατειλημμένου προς το συνδρομητή-Α.

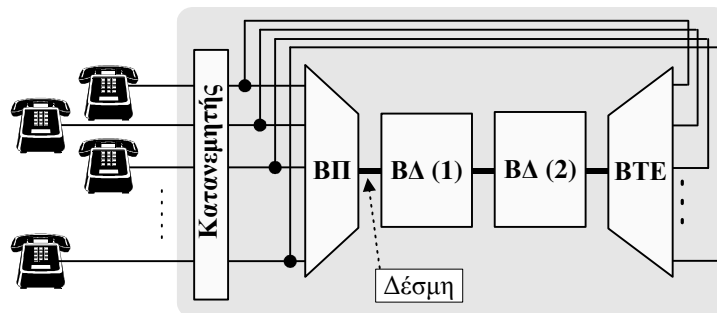
3.2.7 Αυτόματο ΤΚ 10.000 Συνδρομητών

Το ΤΚ 10.000 συνδρομητών αποτελεί επέκταση του ΤΚ των 1.000 συνδρομητών με χρήση δύο Βαθμίδων Διακλάδωσης (ΒΔ) που περιλαμβάνουν τους πρώτους (I-ΟΕ) και δεύτερους (II-ΟΕ) ΟΕ.

Η πρώτη ΒΔ ξεχωρίζει τη χιλιάδα στην οποία ανήκει ο αριθμός κλήσης του συνδρομητή, δηλαδή από την πρώτη χιλιάδα 0000 – 0999 μέχρι και τη δέκατη χιλιάδα 9000 – 9999. Η δεύτερη ΒΔ, διαχωρίζει την εκατοντάδα (από x000 – x099, μέχρι και x900 – x999). Το αναλυτικό εποπτικό διάγραμμα ενός τέτοιου ΤΚ παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.16, ενώ το αντίστοιχο απλουστευμένο παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.17.



Σχήμα 3.17: Απλουστευμένο Εποπτικό Διάγραμμα ΤΚ 10.000 Συνδρομητών με Βαθμίδα Προεπιλογής και 2 Βαθμίδες Διακλάδωσης



Σχήμα 3.18: Αυτόματο Βηματοπορικό ΤΚ 10.000 Συνδρομητών

Στο Σχήμα 3.18 παρουσιάζεται μια διαφορετική απεικόνιση του ΤΚ των 10.000 συνδρομητών, η οποία δίνει έμφαση στις επιμέρους βαθμίδες που αποτελούν το ΤΚ. Σύμφωνα με την απεικόνιση αυτή, οι τηλεφωνικές γραμμές των συνδρομητών καταλήγουν πάνω σε ένα κεντρικό κατανομητή. Από τον κατανομητή η δέσμη των 10.000 εισερχόμενων γραμμών οδηγείται στην Βαθμίδα Προεπιλογής (ΒΠ), όπου κάθε συνδρομητική συσκευή είναι συνδεδεμένη με έναν αποκλειστικό ΠΕ.

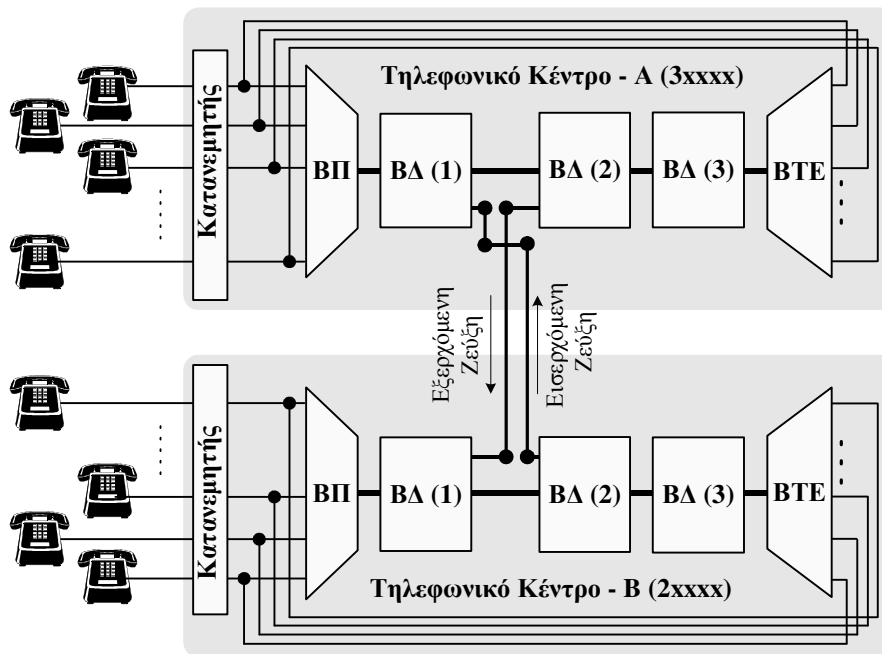
Στη συνέχεια η δέσμη συγκεντρώνεται (1.000 συνδετικές γραμμές) και περνά στην πρώτη ΒΔ

(ΒΔ-1), μετά στην δεύτερη ΒΔ (ΒΔ-2) και καταλήγει τελικά στην Βαθμίδα Τελικής Επιλογής (ΒΤΕ). Στη ΒΤΕ η δέσμη αποκεντρώνεται και 10.000 εξερχόμενες συνδετικές γραμμές οδηγούνται στον κεντρικό κατανομητή του ΤΚ, όπου και συνδέονται με τους συνδρομητικούς βρόγχους.

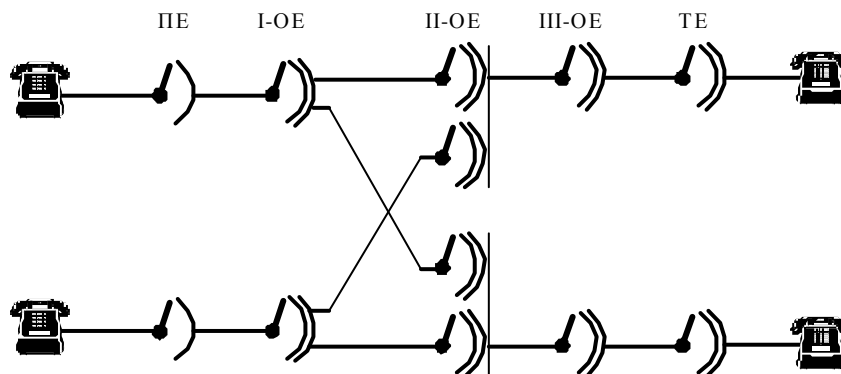
3.2.8 Ζεύξη Γειτονικών ΤΚ

Ηλεκτρομηχανικά ΤΚ, αποτελούμενα από επιλογείς Strowger, με χωρητικότητα μεγαλύτερη των 10.000 δεν κατασκευάζονται στην πράξη. Η εξυπηρέτηση περισσότερων συνδρομητών επιτυγχάνεται με τη ζεύξη γειτονικών ΤΚ.

Προκειμένου να συνδεθούν δύο γειτονικά ΤΚ των 10.000 συνδρομητών το καθένα, απαιτείται μία επιπλέον ΒΔ σε κάθε ΤΚ, ενώ οι αριθμοί κλήσης των συνδρομητών πρέπει να επεκταθούν κατά ένα ψηφίο και να γίνουν 5-ψηφίοι. Το πρώτο ψηφίο του αριθμού προσδιορίζει το ΤΚ στο οποίο ανήκει ο συνδρομητής και τα υπόλοιπα 4 ψηφία προσδιορίζουν το συνδρομητή μέσα στο ΤΚ όπου ανήκει. Οι 5-ψηφίοι αριθμοί κλήσης επιτρέπουν την εξυπηρέτηση μέχρι και 100.000 συνδρομητών, με σύνδεση 10 διαφορετικών ΤΚ των 10.000 συνδρομητών.



Σχήμα 3.19: Ζεύξη Γειτονικών ΤΚ



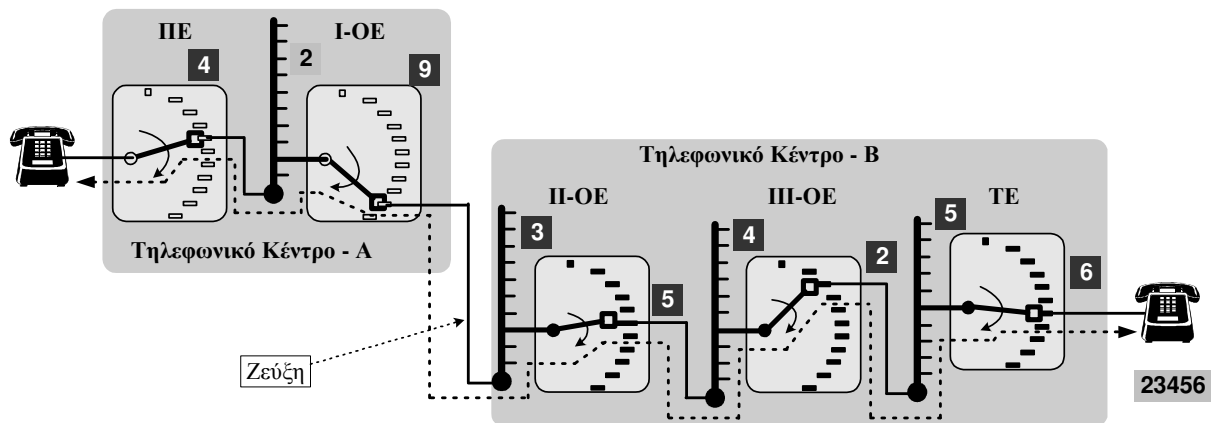
Σχήμα 3.20: Απλουστευμένο οπτικό διάγραμμα Ζεύξης Γειτονικών ΤΚ

Στο Σχήμα 3.19 απεικονίζεται τη σύνδεση μεταξύ δύο γειτονικών TK, των TK-A και TK-B. Το TK-A εξυπηρετεί τους συνδρομητές των οποίων οι αριθμοί κλήσης ξεκινούν με το ψηφίο 3 (αριθμοί κλήσεις 3xxxxx, δηλαδή από 30000 έως 39999), ενώ το TK-B εξυπηρετεί τους συνδρομητές με πρώτο ψηφίο αριθμού κλήσης το 2 (αριθμοί κλήσεις 2xxxxx, δηλαδή από 20000 έως 29999). Το αντίστοιχο απλουστευμένο διάγραμμα παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.20.

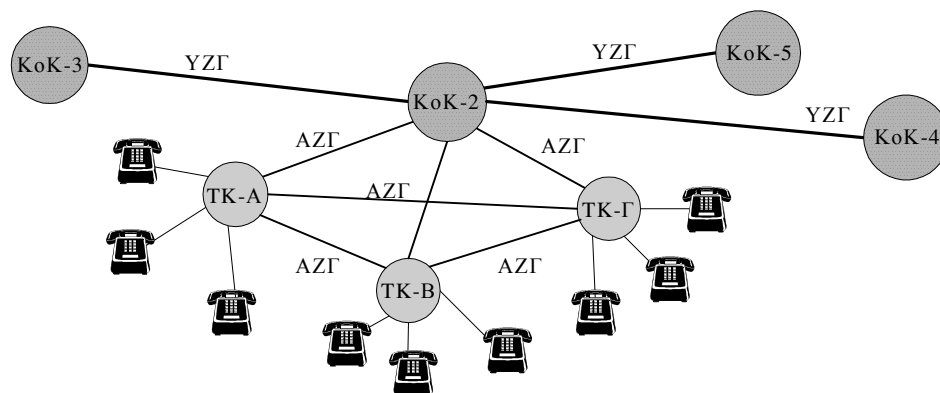
Η πρώτη ΒΔ (ΒΔ-1) του TK-A, επιλέγει μία διαδρομή κλήσης με βάση το πρώτο ψηφίο του καλούμενου αριθμού. Οι εξοδοί της ΒΔ-1 που αντιστοιχούν στο ψηφίο 2 συνδέονται με μία εξερχόμενη δέσμη ζευκτικών γραμμών που καταλήγει στο TK-B. Οι γραμμές αυτές διαβιβάζουν τις κλήσεις των αριθμών της μορφής 2xxxx στο TK-B. Οι εξοδοί της ΒΔ-1 που αντιστοιχούν στο ψηφίο 3 συνδέονται μέσω δέσμης ζευκτικών γραμμών με τις επόμενες βαθμίδες του TK-A και προωθούν σε αυτές τις κλήσεις τηλεφωνικών αριθμών της μορφής 3xxxx (για τοπική διασύνδεση στο TK-A).

Η εξερχόμενη δέσμη ζευκτικών γραμμών από το TK-A συνδέεται με τη ΒΔ-2 του TK-B. Η δέσμη αυτή, αποτελεί εισερχόμενη δέσμη ζευκτικών γραμμών για το TK-B και καταλήγει στην ΒΔ-2. Καθώς το TK-A έχει ήδη δρομολογήσει την κλήση σύμφωνα με το πρώτο ψηφίο του αριθμού κλήσης, απομένει η διασύνδεση του καλούμενου συνδρομητή στο TK-2 με βάση τα τέσσερα τελευταία ψηφία του αριθμού κλήσης.

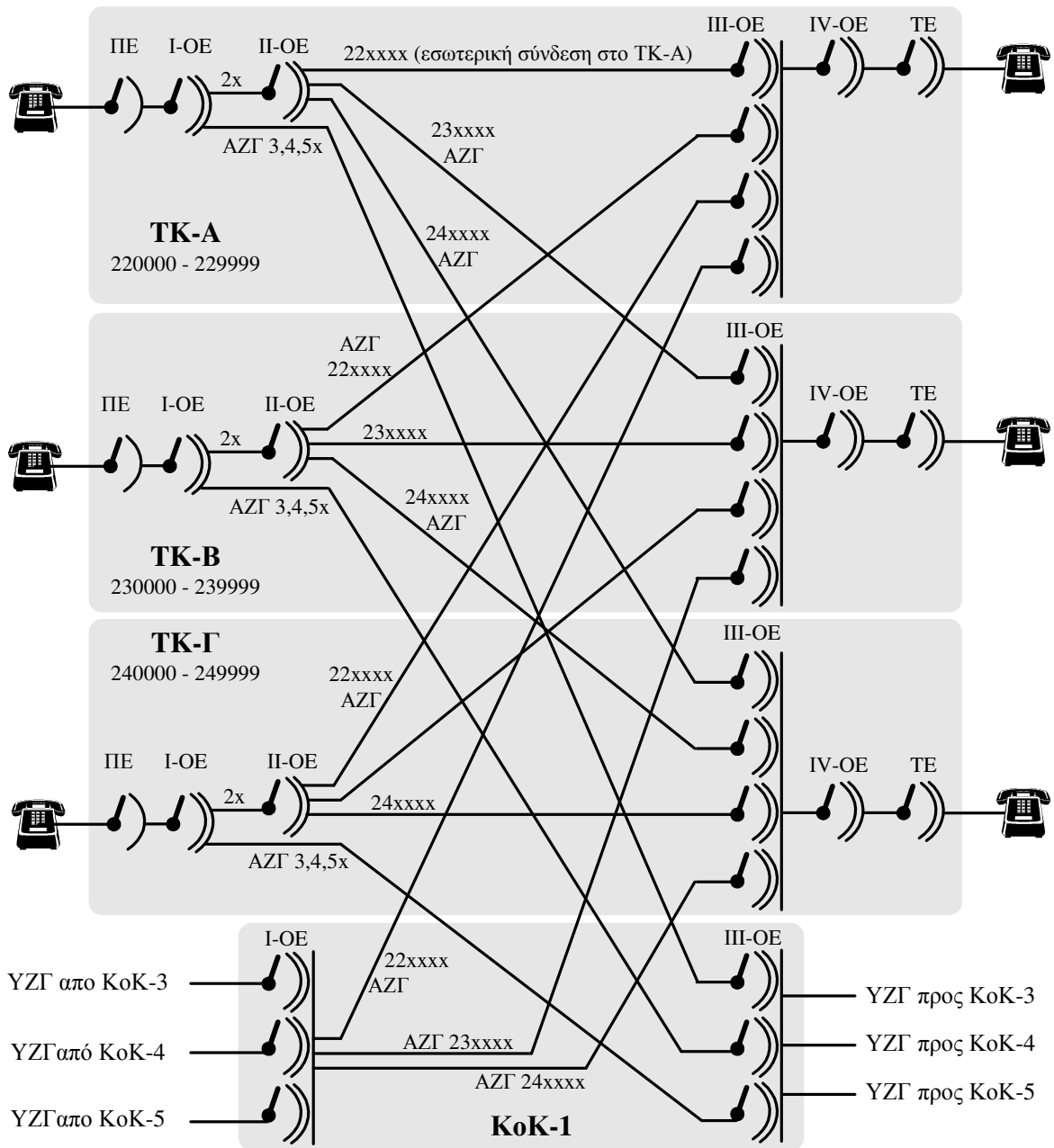
Μία άλλη δέσμη ζευκτικών γραμμών προερχόμενη από το TK-B, εισέρχεται στη ΒΔ-2 του TK-A και χρησιμοποιείται για τη δρομολόγηση κλήσεων από το TK-B στο TK-A. Γενικά, οι ζευκτικές γραμμές συνδέουν εξόδους των Ι-ΟΕ με τις εισόδους ΙΙ-ΟΕ στο άλλο TK. Πάνω από αυτές τις γραμμές, οι Ι-ΟΕ του ενός TK εντοπίζουν, ελέγχουν και φράζουν ελεύθερους ΙΙ-ΟΕ του άλλου TK.



Σχήμα 3.21: Σύνδεση 2 Συνδρομητών μέσω Ζεύξης Γειτονικών TK



Σχήμα 3.22: Παράδειγμα διασύνδεσης κόμβων ιεραρχικού δικτύου αποτελούμενο από KoK και TK.



Σχήμα 3.23: Αναλυτικό Εποπτικό Διάγραμμα διασύνδεσης κόμβων ιεραρχικού δικτύου αποτελούμενο από KoK και TK.

Στο παράδειγμα που απεικονίζεται στο Σχήμα 3.21, ένας συνδρομητής-Α του TK-A καλεί τον συνδρομητή-Β του TK-B με αριθμό κλήσης 23456. Η κλήση αυτή θα πρέπει να κατευθυνθεί στο TK-B. Έτσι, ο ΠΕ του συνδρομητή-Α στο TK-A, θα επιλέξει ένα διαθέσιμο I-OE της ΒΔ-1 του TK-A, ο οποίος θα λάβει το ψηφίο 2 και στη συνέχεια θα επιλέξει έναν ελεύθερο II-OE της ΒΔ-2 του TK-B, πάνω από την αντίστοιχη ζεύξη. Στην συνέχεια, τα επόμενα ψηφία του αριθμού κλήσης (3, 4, 5 και 6) προωθούνται μέσω της ζεύξης στο TK-B, όπου και καθοδηγούν πρώτα έναν II-OE, κατόπιν έναν III-OE και τέλος τον συγκεκριμένο TE του TK-B όπου ανήκει ο καλούμενος συνδρομητής-Β.

Το TK-B φροντίζει για την παραγωγή και αποστολή σήματος κουνουπισμού προς το συνδρομητή-Β, καθώς και σήματος αναμονής απάντησης προς τον συνδρομητή-Α μέσω της ζεύξης. Επίσης, το TK-B είναι υπεύθυνο για την αποστολή σήματος κατειλημμένου, στη περίπτωση όπου η σύνδεση με τον συνδρομητή-Β δεν είναι δυνατό να ολοκληρωθεί, είτε διότι ο συνδρομητής-Β

συμμετέχει ήδη σε κάποια άλλη συνδιάλεξη, είτε διότι δεν υπάρχουν διαθέσιμοι επιλογείς στις ΒΔ του TK-B. Σημειώνεται ότι εάν δεν υπάρχει διαθέσιμος ΙΙ-ΟΕ στη ΒΔ-2 του TK-B ώστε να δεσμευθεί από την ΒΔ-1 του TK-A, τότε το TK-A φροντίζει να στείλει ηχώσημα κατειλημμένου στο συνδρομητή-A.

Στο Σχήμα 3.22 δείχνεται ένα ιεραρχικό τηλεφωνικό δίκτυο αποτελούμενο από ένα ΚοΚ-2 και τρία TK, (TK-A, TK-B και TK-Γ), που διασυνδέονται με αστικές ζευκτικές γραμμές (ΑΖΓ). Το ΚοΚ-1 διασυνδέεται μέσω υπεραστικών ζευκτικών γραμμών (ΥΖΓ) με τρεις άλλες αστικές περιοχές που εξυπηρετούνται από τα ΚοΚ-3, ΚοΚ-4 και ΚοΚ-5, αντίστοιχα.

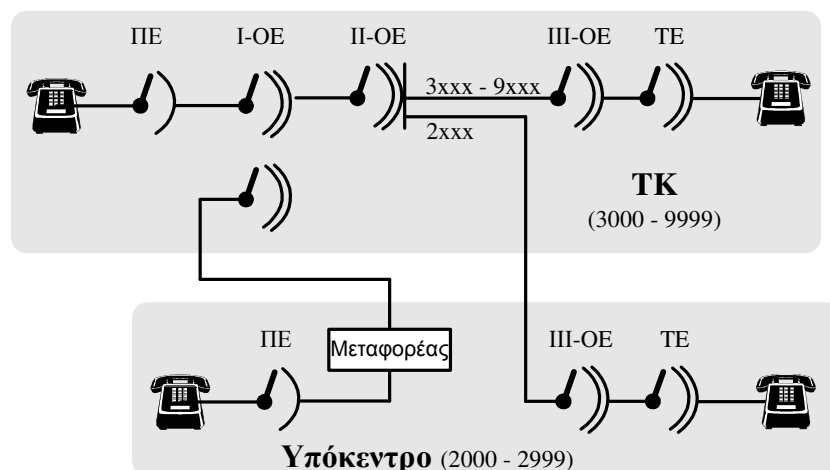
Από τη σκοπιά της αριθμοδότησης, η ιεραρχημένη δομή του Σχήματος 3.22 επιβάλλει εξαψηφίους αριθμούς κλήσης. Αναλυτικότερα το ΚοΚ-2 διασυνδέει συνδρομητές με αριθμό επιλογής που αρχίζει από 2, το ΚοΚ-3 από 3, το ΚοΚ-4 από 4 και το ΚοΚ-5 από 5. Εντός της αστικής περιοχής του ΚοΚ-2, τα TK διακρίνονται από τον δεύτερο επιλογικό αριθμό και συγκεκριμένα το TK-A από τον αριθμό 22, το TK-B από τον 23 και το TK-Γ από τον 24. Συνεπώς οι συνδρομητές του TK-A θα έχουν αριθμούς κλήσης από 220.000 έως 229.999, του TK-B από 230.000 έως 239.999 και του TK-Γ από 240.000 έως 249.999. Το αναλυτικό εποπτικό διάγραμμα διασύνδεσης των κόμβων της ιεραρχικής δομής του Σχήματος 3.22 δείχνεται στο Σχήμα 3.23.

Στην περίπτωση όπου πρέπει να διασυνδεθούν περισσότεροι από 100.000 συνδρομητές, χρησιμοποιούνται αριθμοί κλήσης με 6-ψηφία, που επιτρέπουν να συνδεθούν μεταξύ τους μέχρι και 100 TK χωρητικότητας 10.000 το καθένα. Για πυκνοκατοικημένες περιοχές όπου αριθμός των συνδρομητών ξεπερνά το 1.000.000, είναι απαραίτητοι αριθμοί κλήσης με 7-ψηφία.

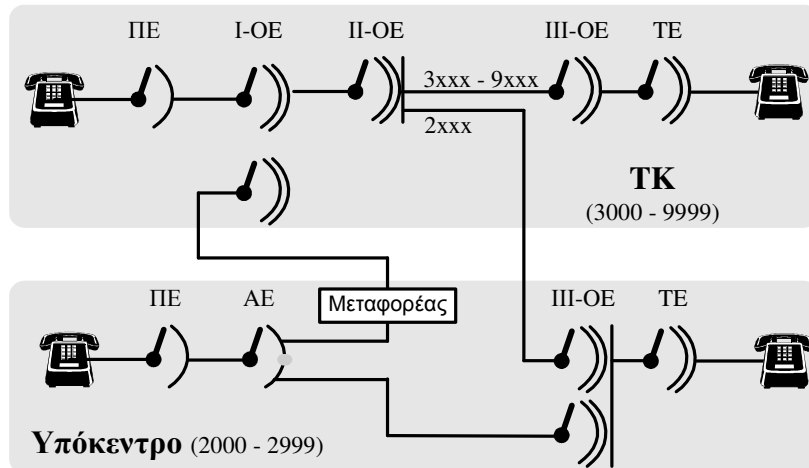
3.2.9 Διασύνδεση TK με Υπόκεντρο

Το Υπόκεντρο χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση των συνδρομητών ενός οικισμού εντός μιας αστικής περιοχής. Το Υπόκεντρο είναι ένα τηλεφωνικό κέντρο άμεσα εξαρτημένο από ένα TK και έχει σαν σκοπό την σημαντική ελάττωση των συνδρομητικών γραμμών που συνδέουν το TK με τους συνδρομητές του οικισμού. Το Υπόκεντρο διαφέρει από το Συγκεντρωτή Γραμμών στο ότι αποτελεί ειδικού τύπου τηλεφωνικό κέντρο ενώ ο Συγκεντρωτής Γραμμών αποτελεί καθαρά δικτυακό εξοπλισμό.

Το Υπόκεντρο δεν περιλαμβάνει όλες τις βαθμίδες επιλογής. Περιλαμβάνει πάντοτε την Προεπιλογική Βαθμίδα (ΠΒ) και τη Βαθμίδα Τελικής Επιλογής (ΒΤΕ). Ανάλογα δε με το μέγεθός του, το Υπόκεντρο μπορεί να περιλαμβάνει μία ή περισσότερες Βαθμίδες Διακλάδωσης που διασυνδέονται με τη ΒΤΕ. Στο Σχήμα 3.24 φαίνεται το αναλυτικό εποπτικό διάγραμμα διασύνδεσης ενός TK (8000 συνδρομητών) και ενός Υπόκεντρου (1000 συνδρομητών).



Σχήμα 3.24: Αναλυτικό Εποπτικό Διάγραμμα διασύνδεσης Υπόκεντρου με TK



Σχήμα 3.25: Αναλυτικό Εποπτικό Διάγραμμα διασύνδεσης Υπόκεντρου με TK μέσω ΑΕ

Από πλευράς συνδεσμολογίας το Υπόκεντρο αποτελεί μια μονάδα του TK, η οποία έχει αποσπασθεί από αυτό και έχει εγκατασταθεί πλησίον των συνδρομητών. Για το λόγο αυτό η ΠΒ του Υπόκεντρου διοχετεύει (μέσω ενός μεταφορέα) την κίνηση που δημιουργού οι συνδρομητές του Υπόκεντρου κατευθειάν σε I-OE που ευρίσκονται εγκατεστημένοι στο TK. Ομοίως η κίνηση που απευθύνεται σε καλούμενους συνδρομητές που ανήκουν στο Υπόκεντρο, οδηγείται στο Υπόκεντρο από τις ενδιάμεσες Βαθμίδες Διακλάδωσης. Για παράδειγμα, εάν το TK είναι 10.000 συνδρομητών και το Υπόκεντρο 1000 συνδρομητών τότε η έξοδος προς το Υπόκεντρο γίνεται μετά τους II-OE, ενώ εάν το Υπόκεντρο είναι 100 συνδρομητών γίνεται μετά τους III-OE. Η συνδεσμολογία αυτή διευκολύνει τη δρομολόγηση κίνησης σε όλους τους συνδρομητές του TK καθώς και σε συνδρομητές άλλων TK (περίπτωση συνδεσμολογίας του Σχήματος 3.23).

Είναι προφανές ότι το Υπόκεντρο δεν έχει τη δυνατότητα άμεσης διασύνδεσης συνδρομητών που ανήκουν σε αυτό (εξυπηρέτηση εσωτερικής κίνησης). Αυτό γίνεται με σκοπό τη συνολική επίβλεψη και χρέωση των κλήσεων κεντρικά από το TK. Σε πολλά όμως Υπόκεντρα δίνεται η δυνατότητα αυτή με τη χρήση ειδικού επιλογέα, που αναφέρεται ως Αναστροφικός Επιλογέας (ΑΕ). Όταν διαπιστωθεί ότι η κλήση απευθύνεται σε συνδρομητή του Υπόκεντρου αναλαμβάνει ο ΑΕ να αποδεσμεύσει την κλήση από το TK και να την οδηγήσει άμεσα στις τελευταίες Βαθμίδες Διακλάδωσης του Υπόκεντρου (Σχήμα 3.25).

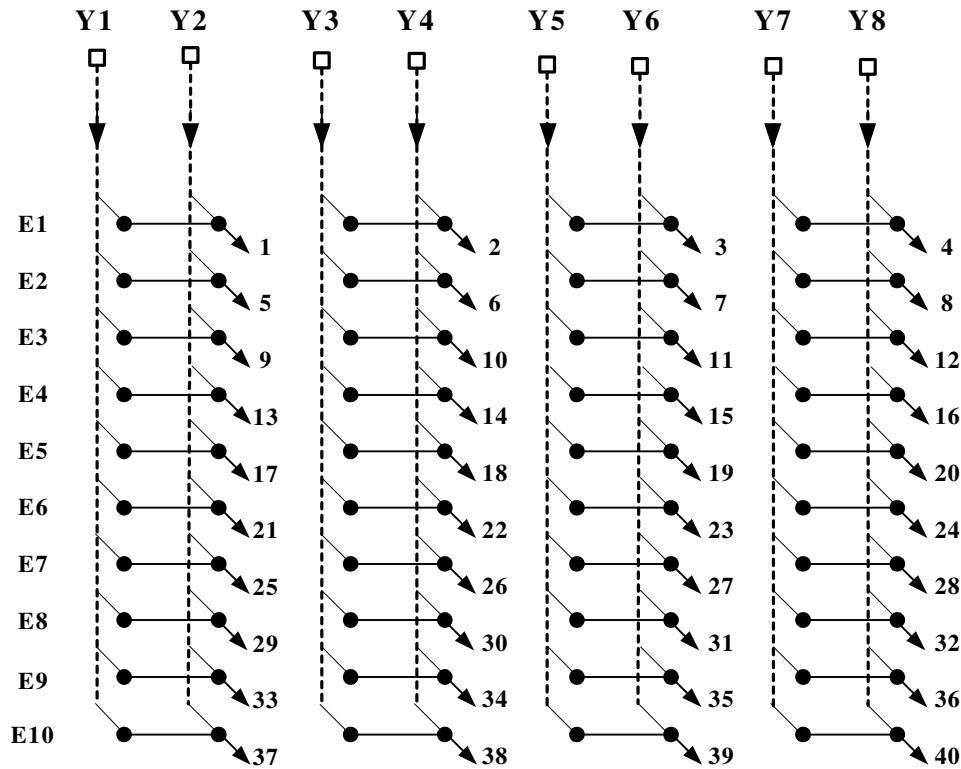
3.2.10 Μείξη Γραμμών

Στη μέχρι τώρα ανάλυση, έχουν εξεταστεί συνδέσεις γραμμών με συγκέντρωση 90%, όπου για παράδειγμα 100 συνδρομητικές γραμμές εισέρχονται σε μία βαθμίδα προεπιλογής και εξέρχονται 10 γραμμές προς την επόμενη ΒΔ. Επίσης, όλες οι συνδέσεις γραμμών που έχουν μελετηθεί, είναι απλές πολλαπλασιαστικές συνδέσεις, χαρακτηριστικό των οποίων είναι η παράλληλη (μια προς μια) σύνδεση των εξόδων όλων των επιλογέων μίας ΒΔ (π.χ. παράλληλη σύνδεση των 10 εξόδων 100 ΠΕ).

Προκειμένου να επιτευχθούν ποσοστά συγκέντρωσης διαφορετικά του 90%, όπως για παράδειγμα η εξυπηρέτηση της απαίτησης μίας ομάδας συνδρομητών για εκτέλεση ταυτόχρονα εξερχόμενων κλήσεων σε ποσοστό μεγαλύτερο του 10%, ή για να μειωθούν οι απώλειες κίνησης που εισάγει η συγκέντρωση γραμμών, χρησιμοποιούνται διαφορετικές συνδέσεις γραμμών. Οι συνδέσεις αυτές αποσκοπούν είτε στη διαφοροποίηση του βαθμού συγκέντρωσης, είτε στη μείωση των απωλειών σε σχέση με την απλή πολλαπλασιαστική σύνδεση και αναφέρονται ως Μείξεις Γραμμών.

Ας υποθέσουμε μία ομάδα 200 συνδρομητών, οι οποίοι χωρίζονται σε 8 υποομάδες των 25 συνδρομητών, τις υποομάδες Y1, Y2, ... έως Y8. Κάθε υποομάδα έχει στη διάθεσή της 25 ΠΕ και διαθέτει 10 εξόδους. Στη συνέχεια, ας υποθέσουμε ότι οι 10 εξοδοί των υποομάδων Y1 και Y2 συνδέονται κι αυτές παράλληλα μεταξύ τους (απλή πολλαπλασιαστική σύνδεση), δημιουργώντας μία

ομάδα 50 εισερχόμενων γραμμών που οδηγούνται σε 10 εξόδους. Με τον ίδιο τρόπο, συνδέονται παράλληλα και οι εξοδοί των υποομάδων Y3 και Y4, Y5 και Y6, Y7 και Y8, δημιουργώντας τελικά ένα σύνολο 40 εξόδων μέσω των οποίων εξυπηρετούνται 200 συνδρομητές (συγκέντρωση 80%).



Σχήμα 3.26: Απλή Πολλαπλασιαστική Σύνδεση (Μείξη) Γραμμών

Στο Σχήμα 3.26 απεικονίζεται η απλή πολλαπλασιαστική σύνδεση των 10 εξόδων E1, E2, ... και E10 των ζευγών υποομάδων Y1 – Y2, Y3 – Y4, Y5 – Y6 και Y7 – Y8. Με διακεκομμένη γραμμή συμβολίζονται οι εξοδοί των ΠΕ κάθε υποομάδας, οι οποίες οδηγούνται και συνδέονται με τις εξόδους E1, E2, ... και E10 της υποομάδας, ενώ με βέλος συμβολίζεται η τελική έξοδος που προκύπτει μετά την παράλληλη σύνδεση των υποομάδων ανά δύο.

Με τη σύνδεση του Σχήματος 3.26, κάθε ομάδα 50 συνδρομητών (δύο υποομάδες) εξυπηρετείται από 10 εξόδους. Εάν οι 10 εξοδοί 2 υποομάδων χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα για κλήσεις, κανένας άλλος συνδρομητής από τις συγκεκριμένες υποομάδες δεν μπορεί να πραγματοποιήσει εξερχόμενη κλήση.

Προκειμένου να μειωθεί η πιθανότητα απώλειας κίνησης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μία κατάλληλη μείξη των γραμμών, η οποία να μοιράζει με διαφορετικό τρόπο τις 40 εξόδους της διάταξης στους συνδρομητές των υποομάδων. Μία τέτοια περίπτωση μείξης γραμμών απεικονίζεται στο Σχήμα 3.27 που ακολουθεί και αναφέρεται ως κλιμακωτή σύνδεση (μείξη) γραμμών.

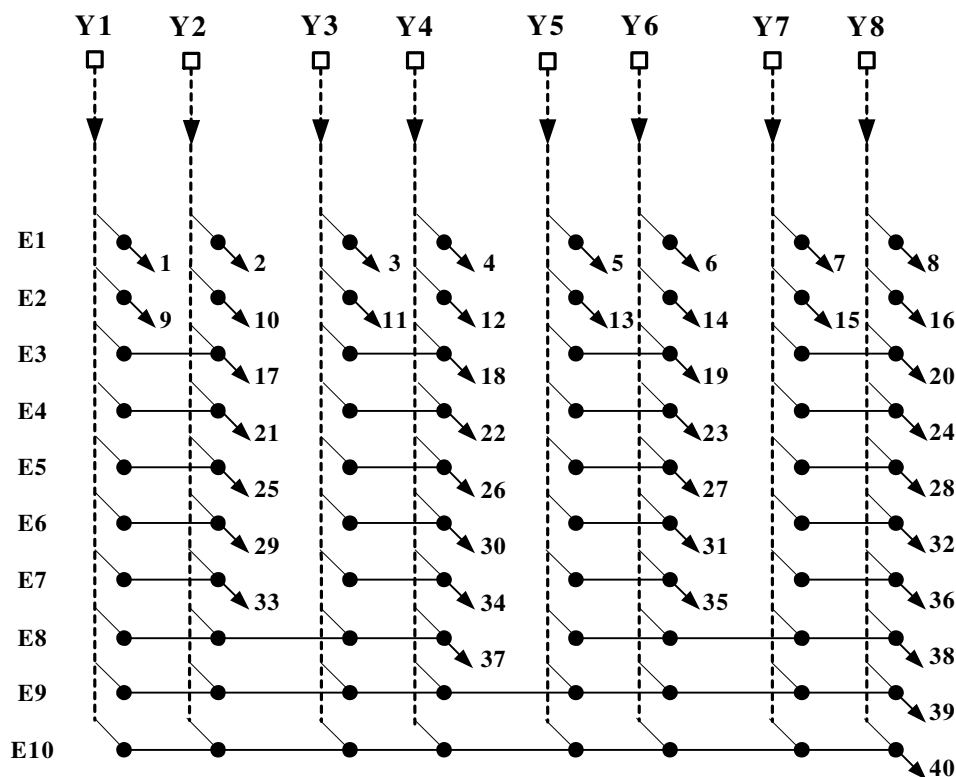
Στην κλιμακωτή μείξη, οι εξοδοί των υποομάδων συνδέονται μεταξύ τους ως εξής:

1. οι εξοδοί E1 και E2 κάθε υποομάδας δεν συνδέονται μεταξύ τους και οδηγούν απευθείας σε εξερχόμενη γραμμή (16 εξερχόμενες γραμμές)
2. στα ζεύγη των υποομάδων Y1 – Y2, Y3 – Y4, Y5 – Y6 και Y7 – Y8, συνδέονται μεταξύ τους οι εξοδοί E3, E4, E5, E6 και E7. Με τη σύνδεση αυτή, σχηματίζονται 20 εξερχόμενες γραμμές, οι οποίες μοιράζονται στους συνδρομητές των υποομάδων με τον ίδιο τρόπο όπως και στη προηγούμενη περίπτωση (μέσω της απλής πολλαπλασιαστικής ζεύξης)

3. Στις τετράδες υποομάδων Y1 – Y2 – Y3 – Y4 και Y5 – Y6 – Y7 – Y8, συνδέονται μεταξύ τους οι έξοδοι E8, δημιουργώντας 2 εξερχόμενες γραμμές που μοιράζονται σε 100 συνδρομητές η καθεμία
4. Οι έξοδοι E9 και E10 συνδέονται μεταξύ τους σε όλες τις υποομάδες. Οι 2 τελευταίες εξερχόμενες γραμμές μοιράζονται σε όλους τους συνδρομητές που εξυπηρετεί η διάταξη.

Συνολικά, υπάρχουν και πάλι 40 εξερχόμενες γραμμές οι οποίες αντιστοιχούν σε 200 συνδρομητές, συνεπώς η μείξη της κλιμακωτής σύνδεσης γραμμών δεν επηρεάζει το ποσοστό συγκέντρωσης γραμμών.

Όμως, μειώνεται η πιθανότητα απώλειας κίνησης, καθώς με την κλιμακωτή μείξη γραμμών οι 50 συνδρομητές των 2 υποομάδων εξυπηρετούνται τώρα από 12 εξερχόμενες γραμμές, σε αντίθεση με τις 10 γραμμές της απλής πολλαπλασιαστικής σύνδεσης – με τον περιορισμό ότι οι 3 τελευταίες από τις 12 διαθέσιμες εξόδους μοιράζονται και στους συνδρομητές των υπολοίπων υποομάδων της διάταξης.



Σχήμα 3.27: Κλιμακωτή Σύνδεση (Μείξη) Γραμμών

3.2.11 Χρέωση Κλήσεων

Τα ηλεκτρομηχανικά ΤΚ είναι εφοδιασμένα με ένα σύστημα χρέωσης των κλήσεων το οποίο αποτελείται από ηλεκτρομηχανικούς μετρητές. Υπάρχει ένας μετρητής για κάθε συνδρομητή του ΤΚ. Ο μετρητής λειτουργεί με ηλεκτρομαγνήτη και καταγράφει τους ηλεκτρικούς παλμούς που λαμβάνει κατά τη διάρκεια της κλήσης. Κάθε ηλεκτρικός παλμός ενεργοποιεί τον ηλεκτρομαγνήτη, ο οποίος με τη σειρά του περιστρέφει το μηχανισμό του μετρητή κατά μία θέση, αυξάνοντας κατάλληλα την ένδειξη του μετρητή.

Κάθε παλμός αντιστοιχεί σε μία μονάδα χρέωσης και κάθε μονάδα χρέωσης αντιπροσωπεύει ένα χρηματικό ποσό. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα, οι ενδείξεις των μετρητών διαβάζονται από

τους χειριστές του ΤΚ και παράγονται οι λογαριασμοί χρέωσης των συνδρομητών. Η συγκεκριμένη μέθοδος χρέωσης αναφέρεται ως παλμοχρέωση.

Η χρέωση των τηλεφωνικών κλήσεων στα ηλεκτρομηχανικά ΤΚ, ξεκινά όταν απαντηθεί η κλήση από τον καλούμενο συνδρομητή. Η ανύψωση του ακουστικού από την πλευρά του καλούμενου συνδρομητή (απάντηση) δημιουργεί μία μεταβολή της διαφοράς δυναμικού στο κύκλωμα της τηλεφωνικής του γραμμής, η οποία ανιχνεύεται από μία κατάλληλη διάταξη του ΤΚ. Με την ανίχνευση της απάντησης, ένα κύκλωμα παραγωγής παλμών συνδέεται με το μετρητή του καλούντα συνδρομητή. Το κύκλωμα αυτό παράγει παλμούς με σταθερό ρυθμό (π.χ. ένας παλμός ανά λεπτό) οι οποίοι διεγείρουν τον μετρητή του συνδρομητή.

Όταν ο καλών συνδρομητής τερματίζει την κλήση, το κύκλωμα παραγωγής παλμών αποσυνδέεται από το μετρητή του και σταματά η χρέωση της συγκεκριμένης κλήσης.

3.3 ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΥΤΟΜΑΤΑ ΡΑΒΔΕΠΑΦΙΚΑ ΤΚ

Με την πάροδο του χρόνου, έγιναν πολλές βελτιώσεις των βηματοπορικών ΤΚ και εμφανίστηκαν διάφορες τεχνολογίες αυτόματης διασύνδεσης τηλεφωνικών κλήσεων. Η πιο πετυχημένη από αυτές, ήταν η *τεχνολογία των ραβδεπαφικών ΤΚ (crossbar exchanges)* η οποία έκανε την εμφάνισή της μέσα στη δεκαετία του 1930.

Η τεχνολογία των περιστροφικών επιλογέων άμεσης καθοδήγησης αντικαταστάθηκε στα ραβδεπαφικά ΤΚ από μια καινούργια τεχνολογία επιλογέων που αναφέρονται ως Ραβδεπαφικοί Επιλογείς (PE) (crossbar switches). Στην έμμεση καθοδήγηση οι παλμοί επιλογής του συνδρομητή δεν επιδρούν απ' ευθείας στις ηλεκτρομηχανικές διατάξεις του επιλογέα, αντίθετα με τους περιστροφικούς επιλογείς οι οποίοι καθοδηγούνται άμεσα από τους επιλογικούς παλμούς. Οι PE είναι πολύ πιο γρήγοροι από τους περιστροφικούς, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο χρόνος αποκατάστασης της κλήσης.

Τα ραβδεπαφικά ΤΚ έχουν ιδιαίτερη σημασία, όχι μόνο επειδή διαδόθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν ευρύτατα σε ολόκληρο τον κόσμο, αλλά κυρίως επειδή αποτελούν την τεχνολογική βάση των σύγχρονων αυτόματων ψηφιακών ΤΚ.

3.3.1 Ραβδεπαφικός Επιλογέας (PE)

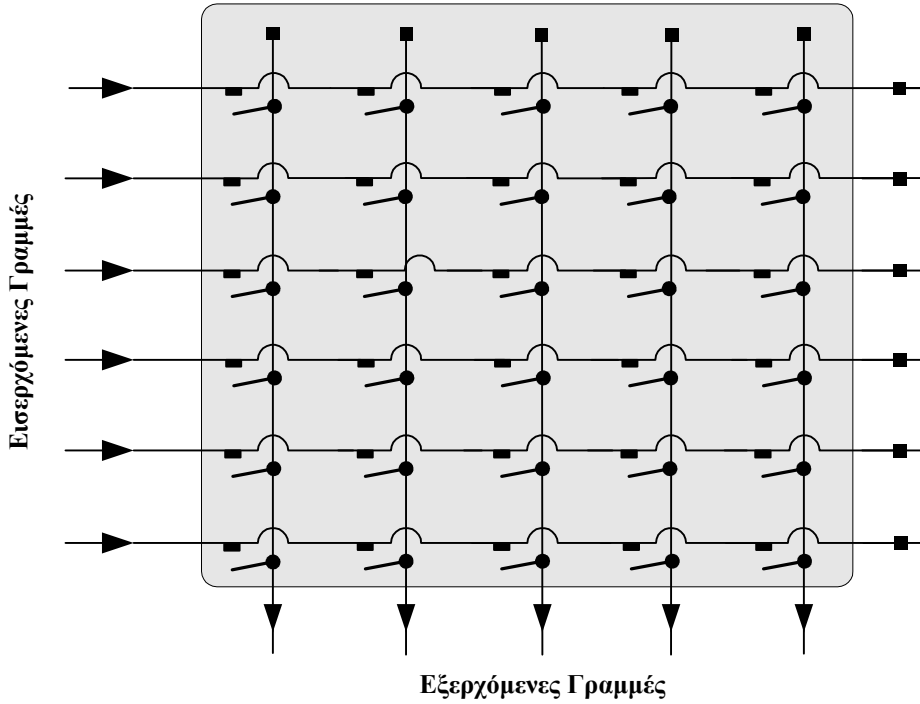
Στην απλουστευμένη του μορφή, ο PE αποτελείται από ένα πλέγμα οριζόντιων και κατακόρυφων ράβδων (Σχήμα 3.28). Κάθε ράβδος εμπεριέχει ένα δισύρματο καλώδιο, στο οποίο συνδέεται μία συνδρομητική γραμμή. Οι οριζόντιες ράβδοι εξυπηρετούν τις εισερχόμενες συνδρομητικές γραμμές (γραμμές εισόδου) και οι κατακόρυφες ράβδοι τις εξερχόμενες γραμμές (γραμμές εξόδου). Το πλέγμα των εισερχόμενων και εξερχόμενων γραμμών, αναφέρεται ως *Ζευκτικό Πεδίο*.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.28, οι ράβδοι διασταυρώνονται χωρίς να έρχονται σε επαφή οι γραμμές μεταξύ τους και οι διακόπτες των σημείων διασταύρωσης παραμένουν ανοικτοί. Κάθε ράβδος είναι συνδεδεμένη με έναν ηλεκτρομαγνήτη, ο οποίος ελέγχει την κίνησή της. Προκειμένου να αποκατασταθεί μία σύνδεση μεταξύ δύο γραμμών, πρέπει να κινηθούν κατάλληλα οι δύο ράβδοι (εισόδου και εξόδου) έτσι ώστε να κλείσει το κύκλωμα μεταξύ των δύο γραμμών. Στους περισσότερους PE, οι ράβδοι εισόδου και εξόδου περιστρέφονται με την βοήθεια των ηλεκτρομαγνητών και μέσω της περιστροφικής τους κίνησης αποκαθιστούν την σύνδεση μεταξύ των συνδρομητικών γραμμών.

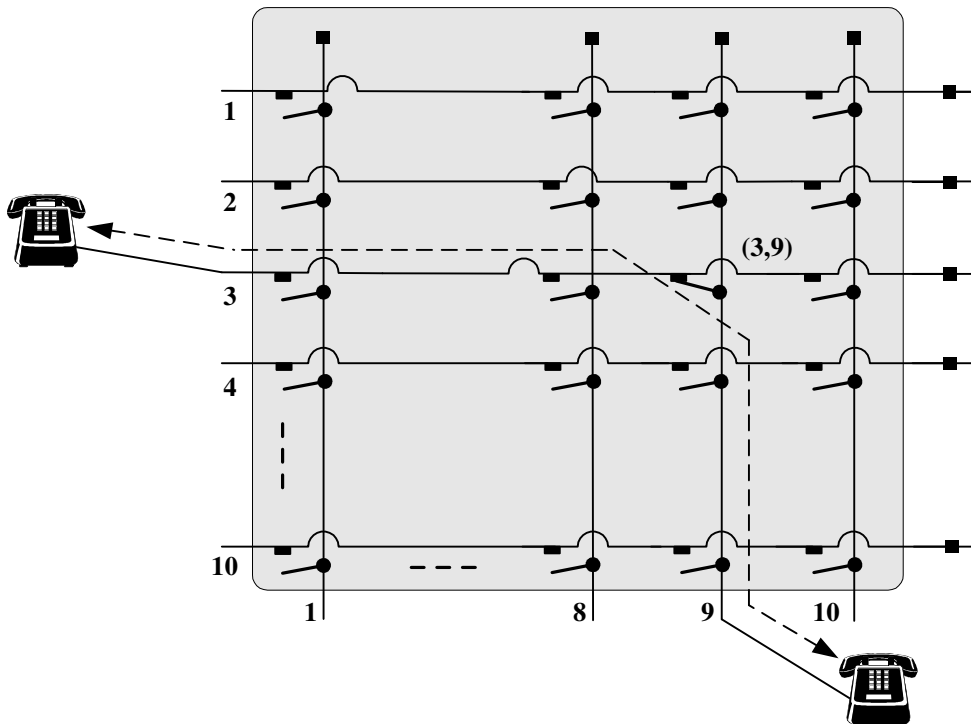
Ο PE πραγματοποιεί ηλεκτρομηχανική μεταγωγή (electromechanical switching) μεταξύ των κυκλωμάτων των συνδρομητικών γραμμών, ενεργοποιώντας τις συνδέσεις των σημείων διασταύρωσεως του ζευκτικού πεδίου. Η σχεδίαση και η λειτουργία του PE αποτελεί πρόγονο του διακόπτη χώρου (space switch) που χρησιμοποιείται στα σύγχρονα ψηφιακά συστήματα μεταγωγής.

Στην περίπτωση μίας υποθετικής σύνδεσης μέσω PE, όπως αυτή που απεικονίζεται στο Σχήμα 3.29, η ράβδος εισόδου 3 έρχεται σε επαφή με την ράβδο εξόδου 9 στο σημείο διασταύρωσεως (3,9)

αποκαθιστώντας την σύνδεση (κλείνει ο διακόπτης του συγκεκριμένου σημείου διασταυρώσεως). Κατά την διάρκεια της συνδιάλεξης, η σύνδεση παραμένει ενεργή και η ράβδος εξόδου 9 δεν πραγματοποιεί άλλες εξερχόμενες συνδέσεις. Οποιαδήποτε ταυτόχρονη προσπάθεια κλήσης προς τον συνδρομητή που συνδέεται στην έξοδο 9 θα πρέπει να λάβει σήμα κατειλημμένου.



Σχήμα 3.28: Δομή Ραβδεπαφικό Επιλογή



Σχήμα 3.29: Σύνδεση μέσω PE

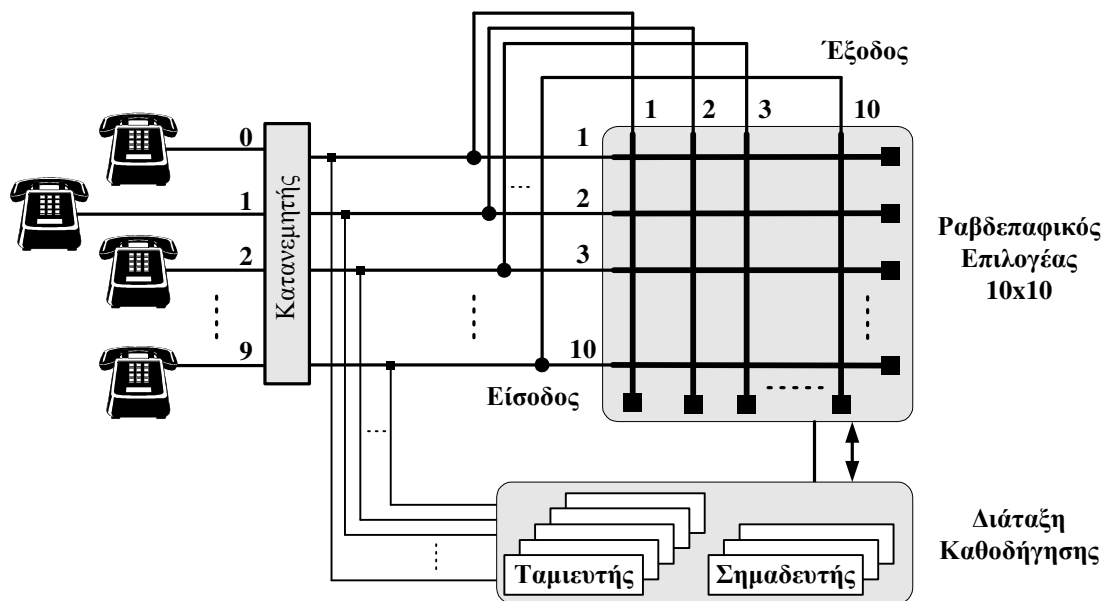
Ο ΡΕ του παραπάνω παραδείγματος, είναι ένας επιλογέας 10 x 10 (10 γραμμές εισόδου και 10 γραμμές εξόδου) και αποτελεί τον βασικό κορμό ενός ΤΚ 10 συνδρομητών. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3.28, κάθε ράβδος εισόδου του ΡΕ είναι ισοδύναμη με έναν περιστροφικό επιλογέα Strowger, καθώς συνδέει μία εισερχόμενη γραμμή με 10 διαφορετικές εξερχόμενες γραμμές.

Το βασικό πλεονέκτημα του ΡΕ, σε σχέση με τον περιστροφικό επιλογέα, είναι το χαμηλό κόστος συντήρησης. Οι κινήσεις του ΡΕ (περιστροφή ράβδων, κλπ) είναι μικρές, συνεπώς τα κινητά του μέρη φθείρονται ελάχιστα και δεν απαιτούν συχνή συντήρηση (π.χ. λίπανση) και αντικατάσταση, όπως τα κινητά μέρη του περιστροφικού επιλογέα.

3.3.2 Αυτόματα Ραβδεπαφικά ΤΚ 10 Συνδρομητών

Η διάρθρωση ενός ραβδεπαφικού ΤΚ 10 συνδρομητών απεικονίζεται συνοπτικά στο Σχήμα 3.30 και αποτελείται από τις παρακάτω τρεις βασικές διατάξεις:

1. Κεντρικός Κατανομητής, πάνω στον οποίο καταλήγουν τα κυκλώματα των συνδρομητικών γραμμών και στη συνέχεια συνδέονται ένα προς ένα με τις εισόδους και τις εξόδους του ΡΕ. Επιπρόσθετα, κάθε συνδρομητική γραμμή είναι συνδεδεμένη και με την διάταξη καθοδήγησης, προκειμένου να στείλει σε αυτή τους παλμούς επιλογής.
2. Διάταξη Καθοδήγησης (ΔΚ) η οποία λαμβάνει τους παλμούς επιλογής από τη συσκευή του συνδρομητή και στη συνέχεια αποκαθιστά τη σύνδεση μεταξύ των συνδρομητών ενεργοποιώντας το κατάλληλο σημείο διασταυρώσεως του επιλογέα.
3. ΡΕ 10 x 10, ο οποίος υλοποιεί την λειτουργία μεταγωγής του ΤΚ, συνδέοντας τους συνδρομητές σύμφωνα με τις εντολές που λαμβάνει από την διάταξη καθοδήγησης.



Σχήμα 3.30: Ραβδεπαφικό ΤΚ 10 Συνδρομητών

3.3.3 Λειτουργία της Διάταξης Καθοδήγησης

Οι βασικές λειτουργίες της Διάταξης Καθοδήγησης (ΔΚ) είναι ίδιες σε όλα τα ραβδεπαφικά ΤΚ, ανεξάρτητα από τον αριθμό των συνδρομητών που αυτά εξυπηρετούν. Σε ΤΚ μεγαλύτερης χωρητικότητας, η δομή της ΔΚ είναι διαφορετική, όμως οι αρχές λειτουργίας της δεν αλλάζουν.

Η ΔΚ αποτελείται από επιμέρους συσκευές και ηλεκτρομηχανικές διατάξεις κοινής χρήσης, δηλαδή δεν ανήκουν σταθερά σε συνδρομητές αλλά παραχωρούνται προς χρήση για ένα χρονικό

διάστημα και κατόπιν απελευθερώνονται. Οι κυριότερες από αυτές τις επιμέρους διατάξεις, είναι οι:

1. Ταμιευτές (registers) που συλλέγουν και αποθηκεύουν τα ψηφία του καλούμενου αριθμού (παλμοσειρές επιλογής) και στη συνέχεια τα διαβιβάζουν στους σημαδευτές.
2. Σημαδευτές (markers), που λειτουργούν σε δύο φάσεις. Κατά την πρώτη φάση αποκωδικοποιούν τον αριθμό κλήσης και προσδιορίζουν το σημείο διασταύρωσης του ΡΕ που πρέπει να ενεργοποιηθεί έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η κλήση προς τον καλούμενο συνδρομητή. Κατά τη δεύτερη φάση δίνουν την εντολή στον ΡΕ για την ενεργοποίηση του συγκεκριμένου σημείου του ζευκτικού πεδίου.

Επίσης, η ΔΚ εμπεριέχει κυκλώματα και διατάξεις σηματοδοσίας που ανιχνεύουν την ανύψωση του ακουστικού του συνδρομητή, στέλνουν σήμα επιλογής στο συνδρομητή που σκοπεύει να πραγματοποιήσει εξερχόμενη κλήση, στέλνουν σήμα κατειλημμένου όταν η σύνδεση με τον καλούμενο συνδρομητή δε είναι εφικτή και τέλος στέλνουν σήμα κουδουνισμού στον καλούμενο συνδρομητή. Η λειτουργία της ΔΚ θα εξηγηθεί στο παράδειγμα που ακολουθεί.

Ας υποθεθεί ότι ένας συνδρομητής-Α καλεί ένα συνδρομητή-Β του ίδιου ΤΚ. Όταν ο συνδρομητής-Α σηκώσει το ακουστικό της συσκευής του, ένα κατάλληλο κύκλωμα στη ΔΚ αναγνωρίζει την ανύψωση του ακουστικού και επιχειρεί να δεσμεύσει έναν διαθέσιμο ταμιευτή, ελέγχοντας έναν προς έναν τους ταμιευτές που υπάρχουν στο ΤΚ. Ο διαχωρισμός μεταξύ διαθέσιμου και κατειλημμένου ταμιευτή, γίνεται σύμφωνα με την διαφορά δυναμικού που εμφανίζεται στους ακροδέκτες του ταμιευτή που ελέγχεται. Η διαφορά δυναμικού στα άκρα μίας αδρανούς διάταξης είναι διαφορετική από την αντίστοιχη διαφορά δυναμικού μιας διάταξης που είναι ήδη συνδεδεμένη σε κάποια συνδιάλεξη, επιτρέποντας με τον τρόπο αυτό τον διαχωρισμό μεταξύ ελεύθερων και κατειλημμένων διατάξεων. Όταν βρεθεί ένας ελεύθερος ταμιευτής, συνδέεται με την γραμμή του συνδρομητή.

Ο ταμιευτής στέλνει το σήμα επιλογής προς το συνδρομητή, υποδεικνύοντας του ότι το ΤΚ είναι έτοιμο να δεχθεί τα ψηφία του αριθμού κλήσης. Κάθε ταμιευτής διαθέτει ένα χρονομετρητή (timer), ο οποίος επιβλέπει τη διαδικασία επιλογής από την πλευρά του ΤΚ. Ο χρονομετρητής είναι συνήθως ρυθμισμένος στα 30 δευτερόλεπτα. Κατά την διάρκεια του χρονικού διαστήματος που ορίζεται από την ρύθμιση του χρονομετρητή, το ΤΚ περιμένει τις παλμοσειρές επιλογής από τον συνδρομητή-Α. Οι παλμοί επιλογής που λαμβάνονται, αποθηκεύονται στον ταμιευτή. Με την λήψη του πρώτου παλμού επιλογής, ο ταμιευτής σταματά το σήμα επιλογής.

Οι ταμιευτές των νεώτερων ραβδεπαφικών ΤΚ, έχουν τη δυνατότητα να λαμβάνουν και να αποθηκεύουν ψηφία κωδικοποιημένα με Πολύ-Συχνότητα Διπλού Τόνου (Dual Tone Multi-Frequency – DTMF), σε αντίθεση με τα βηματοπορικά ΤΚ τα οποία λειτουργούν αποκλειστικά με ηλεκτρικούς παλμούς επιλογής.

Όταν ληφθούν όλες οι αναμενόμενες παλμοσειρές επιλογής ή όταν εκπνεύσει ο χρονομετρητής (timer expiry), ο ταμιευτής προχωρά στο επόμενο βήμα της διαδικασίας για την αποκατάσταση της κλήσης, επιλέγοντας ένα διαθέσιμο σημαδευτή. Η επιλογή του ελεύθερου σημαδευτή γίνεται με τη διαδικασία που αναφέρθηκε παραπάνω, όπου δηλαδή ελέγχονται όλοι οι σημαδευτές του ΤΚ (σύμφωνα με τη διαφορά δυναμικού) μέχρι ότου βρεθεί ένας ελεύθερος. Εάν βρεθεί ελεύθερος σημαδευτής, συνδέεται με τον ταμιευτή και στη συνέχεια ο ταμιευτής του μεταβιβάζει τα ψηφία του καλούμενου αριθμού. Μετά την μεταβίβαση του καλούμενου αριθμού, ο ταμιευτής απελευθερώνεται και είναι διαθέσιμος για να χρησιμοποιηθεί σε άλλη προσπάθεια κλήσης.

Ο σημαδευτής εντοπίζει το σημείο διασταύρωσης που πρέπει να ενεργοποιηθεί, μέσω του καλούμενου αριθμού, και ελέγχει (μέσω της διαφοράς δυναμικού) εάν η συγκεκριμένη έξοδος είναι διαθέσιμη (ελεύθερος ή κατειλημμένος συνδρομητής).

Εάν η έξοδος είναι ελεύθερη, ο σημαδευτής δίνει εντολή στους ηλεκτρομαγνήτες της οριζόντιας και της κατακόρυφης ράβδου, που ελέγχουν το συγκεκριμένο σημείο διασταύρωσης, να κινηθούν, αποκαθιστώντας τη σύνδεση μεταξύ των συνδρομητών Α και Β. Στη συνέχεια ο σημαδευτής ειδοποιεί τη ΔΚ, η οποία αναλαμβάνει να στείλει (μέσω ειδικών κυκλωμάτων) ηλεκτρικούς παλμούς κουδουνισμού προς τη συσκευή του καλούμενου συνδρομητή-Β και ηχώσημα

αναμονής απάντησης προς τον συνδρομητή-Α. Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας, ο σημαδευτής αποδεσμεύεται.

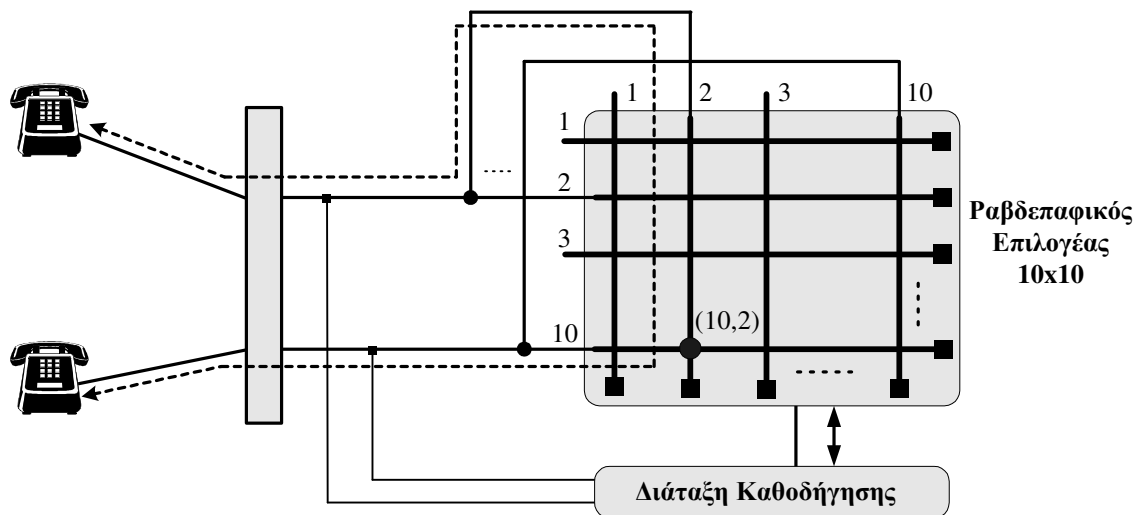
Με την απάντηση του καλούμενου συνδρομητή (ανύψωση ακουστικού), η ΔΚ σταματά την παραγωγή σήματος κουδουνισμού προς τον συνδρομητή-Β και την παραγωγή σήματος αναμονής απάντησης προς τον συνδρομητή-Α. Οι δύο συνδρομητές, μπορούν να ξεκινήσουν την συνδιάλεξη και να συνομιλήσουν ελεύθερα. Ταυτόχρονα, η ΔΚ ξεκινά τη χρέωση του συνδρομητή-Α, αφού όπως και στα βηματοπορικά ΤΚ, η απάντηση του συνδρομητή-Β σηματοδοτεί την έναρξη της χρέωσης.

Για παράδειγμα στο Σχήμα 3.31, εάν υποθεθεί ότι ο συνδρομητής-Α συνδέεται με την είσοδο 10 του ΡΕ και ο συνδρομητής-Β με την είσοδο 2, τότε μετά από την αποκατάσταση της κλήσης τα φωνοσήματα των συνδρομητών μεταδίδεται μέσω του κυκλώματος που απεικονίζεται με διακεκομμένη γραμμή στο Σχήμα 3.31 και βασίζεται στο ενεργοποιημένο σημείο διασταυρώσεως (10,2).

Κατά την διάρκεια της συνδιάλεξης, η ΔΚ επιβλέπει τη γραμμή του συνδρομητή-Α μέσω ενός κατάλληλου κυκλώματος επίβλεψης (supervision circuit).

Όταν ο συνδρομητής-Α τερματίσει την κλήση, κατεβάζοντας το ακουστικό της συσκευής του, το κύκλωμα επίβλεψης εντοπίζει την ενέργεια του συνδρομητή (μεταβολή της διαφοράς δυναμικού) και ξεκινά την διαδικασία αποδέσμευσης των δεσμευμένων από την συγκεκριμένη κλήση πόρων του ΤΚ. Η ΔΚ δίνει εντολή στις ράβδους εισόδου και εξόδου να επιστρέψουν στις θέσεις ηρεμίας τους, αποδεσμεύοντας με τον τρόπο αυτό το σημείο διασταυρώσεως που χρησιμοποιήθηκε κατά την διάρκεια της κλήσης. Μετά την απελευθέρωση του σημείου διασταυρώσεως, η οποία διαρκεί ελάχιστα ms, οι δύο συνδρομητές είναι σε θέση να πραγματοποιήσουν νέες εξερχόμενες κλήσεις, ή να δεχθούν νέες εισερχόμενες κλήσεις.

Στην περίπτωση όπου όλοι οι ταμειυτές του ΤΚ είναι δεσμευμένοι από άλλες κλήσεις και δεν υπάρχει κανένας διαθέσιμος ταμειυτής για να εξυπηρετήσει τη νέα κλήση, η ΔΚ δεν στέλνει σήμα επιλογής στο συνδρομητή-Α. Η απουσία του σήματος επιλογής, υποδεικνύει την προσωρινή αδυναμία του ΤΚ να εξυπηρετήσει τη νέα κλήση.



Σχήμα 3.31: Διασύνδεση Συνδρομητών σε Ραβδεπαφικό ΤΚ

Εάν η κλήση αποτύχει επειδή δεν υπάρχει διαθέσιμος σημαδευτής, η ΔΚ στέλνει στο συνδρομητή-Α σήμα κατειλημμένου.

Οι ταμειυτές και οι σημαδευτές είναι διατάξεις υψηλού κόστους κατασκευής, συνεπώς επιβαρύνουν το συνολικό κόστος του ΤΚ. Για τον λόγο αυτό, οι κατασκευαστές τοποθετούν στα ΤΚ μόνο τον ελάχιστο απαιτούμενο αριθμό αυτών των διατάξεων.

Ο αριθμός των ταμειυτών και σηματοδευτών που υπάρχουν σε ένα ΤΚ αποτελεί ένδειξη για τον αριθμό των ταυτόχρονων προσπαθειών κλήσης (call attempts) που μπορεί να εξυπηρετήσει το συγκεκριμένο ΤΚ. Επειδή οι διατάξεις αυτές χρησιμοποιούνται μόνο για μικρά χρονικά διαστήματα στη φάση αποκατάστασης της κλήσης, ο αριθμός τους είναι κατά πολύ μικρότερος από τον συνολικό αριθμό συνδρομητών που μπορεί να εξυπηρετήσει το ΤΚ. Επιπρόσθετα, επειδή ο χρόνος απασχόλησης των σηματοδευτών σε μία προσπάθεια κλήσης, είναι κατά πολύ μικρότερος από τον αντίστοιχο χρόνο απασχόλησης των ταμειυτών, ο αριθμός σηματοδευτών του ΤΚ είναι αρκετά μικρότερος από τον αριθμό ταμειυτών.

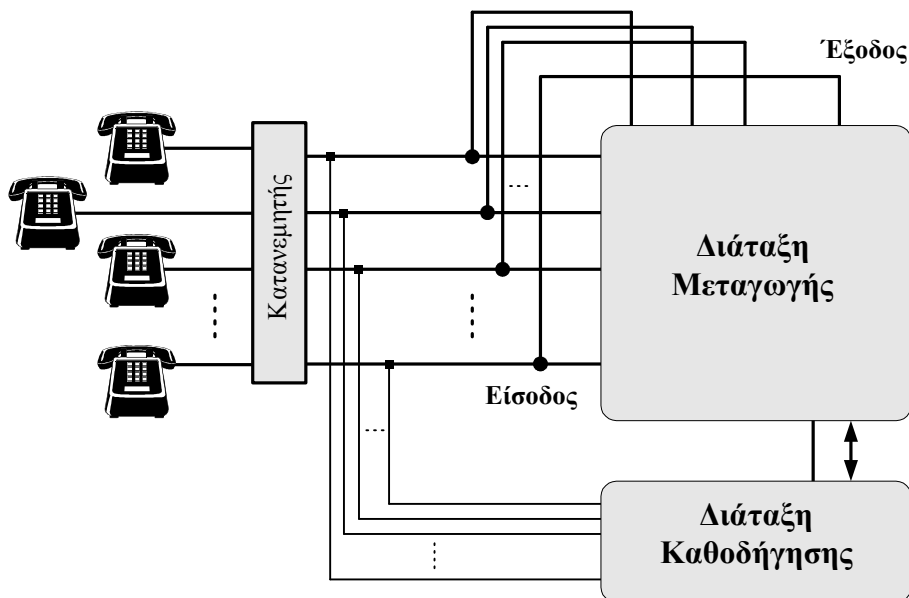
3.3.4 Αυτόματα Ραβδεπαφικά ΤΚ Ενσυρματομένου Ελέγχου

Η λειτουργία της ΔΚ που περιγράφηκε παραπάνω, είναι ηλεκτρομηχανική. Βασίζεται σε ενσύρματες συνδέσεις μεταξύ των ταμειυτών και των συνδρομητικών γραμμών, ενσύρματες συνδέσεις μεταξύ ταμειυτών και σηματοδευτών, καθώς και σε ενσύρματες συνδέσεις μεταξύ σηματοδευτών και του ΡΕ του ΤΚ. Πάνω από τις συνδέσεις αυτές, η ΔΚ επιλέγει διάφορα διαθέσιμα στοιχεία (ταμειυτές, σηματοδευτές, κλπ) με ελέγχους της διαφοράς δυναμικού. Για το λόγο αυτό, τα αυτόματα ΤΚ που χρησιμοποιούν ΔΚ αυτού του τύπου αναφέρονται ως *TK Ενσυρματομένου Ελέγχου (Wired Control Exchanges)*.

Η βασική δομή ενός ΤΚ ενσυρματομένου ελέγχου απεικονίζεται στο Σχήμα 3.32. Ένα τυπικό ΤΚ ενσυρματομένου ελέγχου αποτελείται, βασικά, από μία διάταξη μεταγωγής και μία ΔΚ.

Η διάταξη μεταγωγής περιλαμβάνει έναν ή περισσότερους ΡΕ, ανάλογα με τη χωρητικότητα του ΤΚ και παρέχει την φυσική διασύνδεση των συνδρομητών που εμπλέκονται σε μία κλήση.

Η ΔΚ ελέγχει ενσύρματα τις γραμμές των συνδρομητών και τους ΡΕ της διάταξης μεταγωγής, υλοποιώντας όλες τις λειτουργίες που χρειάζονται προκειμένου να διασυνδεθούν (αυτόματα) δύο συνδρομητές σε μία κλήση. Συνοψίζοντας όσα αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, η ΔΚ πραγματοποιεί τις εξής βασικές λειτουργίες του τηλεφωνικού ΤΚ:



Σχήμα 3.32: Τυπική Δομή ΤΚ Ενσυρματομένου Ελέγχου

1. Ελέγχει τις τηλεφωνικές γραμμές και εντοπίζει τις απόπειρες εξερχόμενων κλήσεων από τους συνδρομητές
2. Παράγει σήμα επιλογής (προς τον συνδρομητή-Α)

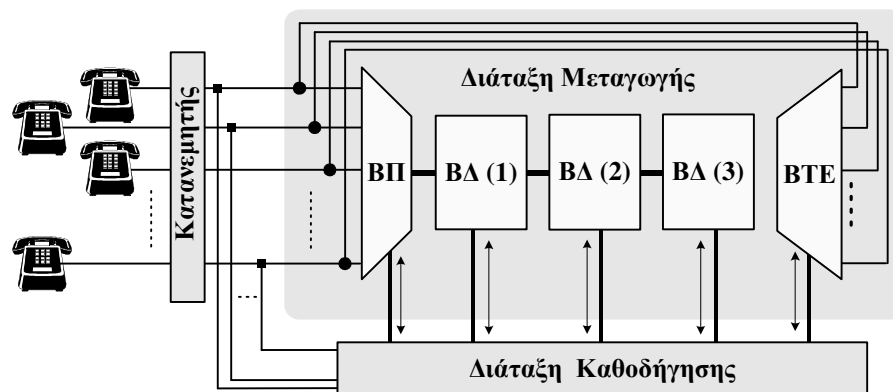
3. Λαμβάνει και αποθηκεύει τα ψηφία του καλούμενου αριθμού
4. Ρυθμίζει τις συνδέσεις στους ΡΕ της ΔΜ, σύμφωνα με τον αριθμό του καλούμενου συνδρομητή-Β
5. Παράγει σήμα κουδουνισμού (προς τον συνδρομητή-Β)
6. Παράγει σήμα αναμονής απάντησης, ή σήμα κατειλημμένου (προς τον συνδρομητή-Α)
7. Επιβλέπει τις συνδιαλέξεις που βρίσκονται σε εξέλιξη, εντοπίζει τον τερματισμό τους και απελευθερώνει τις συνδέσεις στην διάταξη μεταγωγής όταν η κλήση τελειώσει
8. Ξεκινά τη χρέωση της κλήσης και την σταματά όταν η κλήση τερματιστεί

Η λογική δομή των ΤΚ ενσυρματωμένου ελέγχου, όπου μία κεντρική διάταξη ελέγχει και καθοδηγεί τον τηλεπικοινωνιακό εξοπλισμό του ΤΚ, αποκαθιστώντας κλήσεις προς τον καλούμενο αριθμό, αποτελεί τη βάση στην οποία στηρίζεται η δομή των σύγχρονων ψηφιακών τηλεφωνικών ΤΚ.

Σε ΤΚ μεγάλης χωρητικότητας (π.χ. 1.000 συνδρομητές, ή 10.000 συνδρομητές) η βαθμίδα μεταγωγής συμπεριλαμβάνει τις γνωστές επιμέρους βαθμίδες, δηλαδή βαθμίδα προεπιλογής (ΒΠ), βαθμίδες διακλάδωσης (ΒΔ) και βαθμίδα τελικής επιλογής (ΒΤΕ). Η δομή ενός ΤΚ ενσυρματωμένου ελέγχου, χωρητικότητας 10.000 συνδρομητών, απεικονίζεται συνοπτικά στο Σχήμα 3.33.

Κάθε βαθμίδα αποτελείται από έναν ή περισσότερους ΡΕ και κάθε βαθμίδα ελέγχεται από την κεντρική ΔΚ με παρόμοιο τρόπο όπως και στην απλή περίπτωση της βαθμίδας μεταγωγής ενός ραβδεπαφικού ΤΚ 10 συνδρομητών.

Η κατασκευή των βαθμίδων προεπιλογής, διακλάδωσης και τελικής επιλογής με χρήση ΡΕ θα αναπτυχθεί στις παραγράφους που ακολουθούν.



Σχήμα 3.33: ΤΚ Ενσυρματωμένου Ελέγχου 10.000 Συνδρομητών

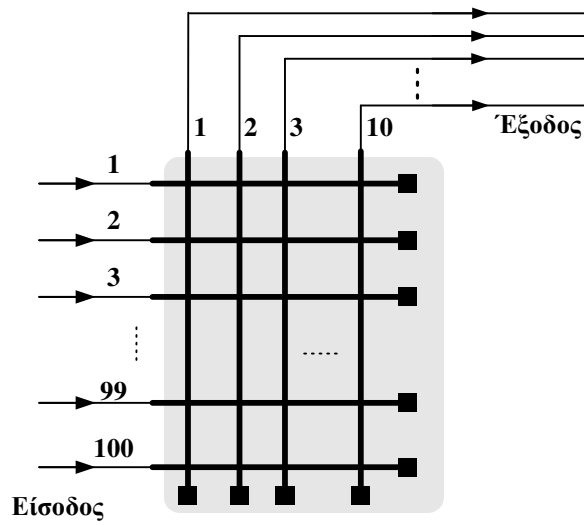
3.3.4.1 Βαθμίδα Προεπιλογής Ραβδεπαφικού ΤΚ

Η βαθμίδα προεπιλογής των ραβδεπαφικών ΤΚ χρησιμοποιείται όπως και στα βηματοπορικά ΤΚ, συγκεντρώνοντας τις εισερχόμενες συνδρομητικές έτσι ώστε να μειωθεί ο απαιτούμενος αριθμός επιλογών του ΤΚ και να μειωθεί το κόστος κατασκευής. Αποτελείται από ΡΕ οι οποίοι οδηγούν ένα μεγάλο αριθμό εισόδων σε ένα μικρότερο αριθμό εξόδων, επιτυγχάνοντας έτσι την επιθυμητή συγκέντρωση.

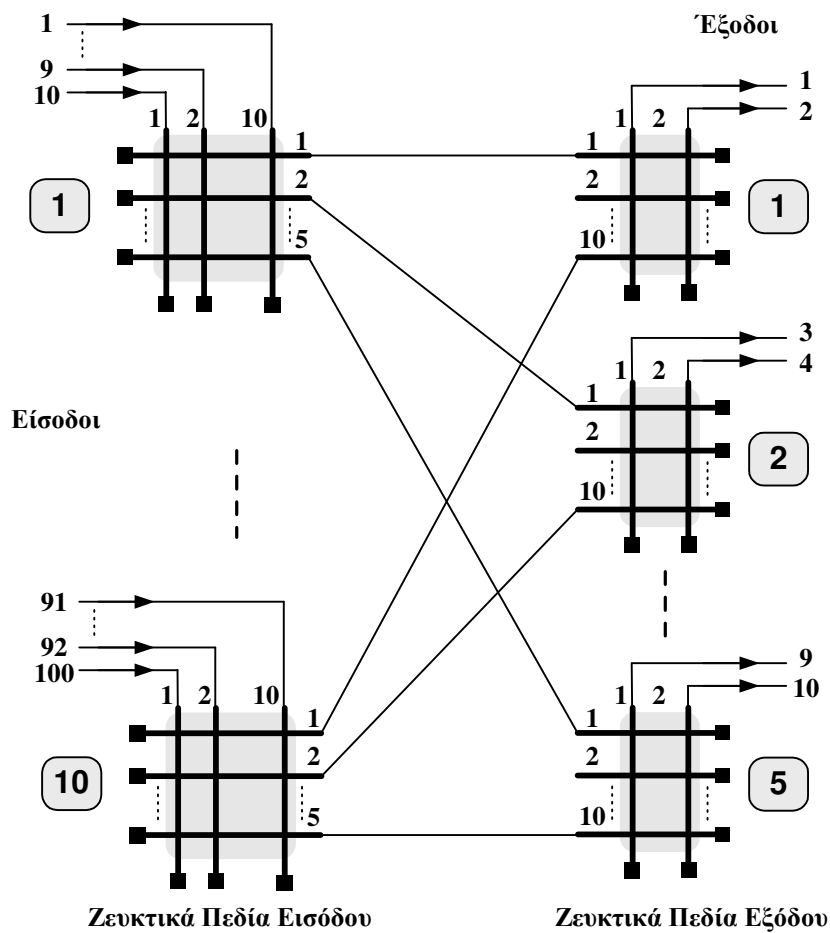
Η απλούστερη μορφή βαθμίδας ραβδεπαφικού προεπιλογέα απεικονίζεται στο Σχήμα 3.34 και αποτελείται από ένα ΡΕ 100 εισόδων και 10 εξόδων (100 x 10). Ο συγκεκριμένος προεπιλογέας συγκεντρώνει 100 εισερχόμενες γραμμές σε 10 εξερχόμενες, επιτυγχάνει δηλαδή συγκέντρωση 90%. Συνήθως αναφέρεται ως προεπιλογέας μονοβάθμιου ζευκτικού πεδίου ή μονοβάθμιος προεπιλογέας, επειδή πραγματοποιεί τις συνδέσεις χρησιμοποιώντας ένα ζευκτικό πεδίο όπως αυτό που απεικονίζεται στο Σχήμα 3.34.

Με τη χρήση ΡΕ, μπορούν εύκολα να κατασκευαστούν διατάξεις προεπιλογής που να

πραγματοποιούν συγκεντρώσεις διαφορετικές από το 90%. Για παράδειγμα, ένας ραβδεπαφικός προεπιλογέας 100 εισόδων και 30 εξόδων παρέχει συγκέντρωση γραμμών σε ποσοστό 70%.



Σχήμα 3.34: Προεπιλογέας Μονοβάθμιου Ζευκτικού Πεδίου



Σχήμα 3.35: Προεπιλογέας Διβάθμιου Ζευκτικού Πεδίου

Ο ραβδεπαφικός προεπιλογέας του μονοβάθμιου ζευκτικού πεδίου είναι πρακτικός, έχει όμως υψηλό κόστος κατασκευής επειδή περιλαμβάνει $100 \times 10 = 1.000$ σημεία διασταυρώσεως. Ο αριθμός των σημείων διασταυρώσεως είναι αυτός καθορίζει και το κόστος κατασκευής του ΡΕ, καθώς κάθε σημείο διασταύρωσης περιλαμβάνει πολύπλοκους ηλεκτρομηχανικούς επαφείς.

Προκειμένου να μειωθεί το κόστος κατασκευής του προεπιλογέα, χρησιμοποιείται μία διάταξη που περιλαμβάνει περισσότερα ζευκτικά πεδία. Τα ζευκτικά πεδία αυτά διασυνδέονται μεταξύ τους με τέτοιο τρόπο ώστε (i) να παρέχουν ίδιο αριθμό εισόδων και εξόδων όπως ο μονοβάθμιος προεπιλογέας και (ii) να χρησιμοποιούν πολύ λιγότερα σημεία διασταύρωσης από τον μονοβάθμιο προεπιλογέα.

Η δομή ενός προεπιλογέα με πολλαπλά ζευκτικά πεδία απεικονίζεται στο Σχήμα 3.35. Ο συγκεκριμένος προεπιλογέας αποτελείται από 10 ζευκτικά πεδία 10 εισόδων και 5 εξόδων (10×5) και 5 ζευκτικά πεδία 5 εισόδων και 2 εξόδων (5×2). Τα ζευκτικά πεδία 10×5 αποτελούν τα πεδία εισόδου του προεπιλογέα, παρέχοντας συνολικά 100 εισόδους, ενώ τα ζευκτικά πεδία 5×2 αποτελούν τα πεδία εξόδου της διάταξης, με 10 εξόδους συνολικά.

Τα ζευκτικά πεδία εισόδου διασυνδέονται με τα πεδία εξόδου ως εξής: η έξοδος-m του πεδίου εισόδου-N συνδέεται με την είσοδο-n του πεδίου εξόδου-M. Για παράδειγμα στο Σχήμα 3.35, η έξοδος-2 του πεδίου εισόδου-1 συνδέεται με την είσοδο-1 του πεδίου εξόδου-2, ενώ έξοδος-5 του πεδίου εισόδου-10 συνδέεται με την είσοδο-10 του πεδίου εξόδου-5. Οι εσωτερικές γραμμές διασύνδεσης, που διασυνδέουν τις εξόδους των ζευκτικών πεδίων εισόδου με τις εισόδους των ζευκτικών πεδίων εξόδου, αναφέρονται ως συνδετικές γραμμές.

Η διασύνδεση αυτή, δημιουργεί μία συγκέντρωση γραμμών σε ποσοστό 90%, συνδέοντας τις 100 εισερχόμενες γραμμές που μπορούν να συνδεθούν στις εισόδους των 10 ζευκτικών πεδίων εισόδου με τις 10 εξερχόμενες γραμμές των εξόδων των 5 ζευκτικών πεδίων εξόδου. Επειδή η σύνδεση μιας εισερχόμενης γραμμής με μία εξερχόμενη απαιτεί δύο συνδέσεις μέσα στη διάταξη προεπιλογής (μία σύνδεση στο ζευκτικό πεδίο εισόδου και μία στο ζευκτικό πεδίο εξόδου) ο συγκεκριμένος προεπιλογέας ονομάζεται προεπιλογέας διβάθμιου ζευκτικού πεδίου, ή διβάθμιος προεπιλογέας.

Για παράδειγμα, σύμφωνα με την αρίθμηση των γραμμών στον διβάθμιο ραβδεπαφικό προεπιλογέα που φαίνεται στο Σχήμα 3.35, η σύνδεση της εισερχόμενης γραμμής 99 με την εξερχόμενη γραμμή 4, απαιτεί την σύνδεση του σημείου διασταυρώσεως (2,2) στο ζευκτικό πεδίο εισόδου-10 και την σύνδεση του σημείου (10,2) στο ζευκτικό πεδίο εξόδου-2.

Ο παραπάνω διβάθμιος προεπιλογέας χρησιμοποιεί $(10 \times 5) \times 10 = 500$ σημεία διασταυρώσεως στα ζευκτικά πεδία εισόδου και $(10 \times 2) \times 5 = 100$ σημεία διασταυρώσεως στα ζευκτικά πεδία εξόδου, δηλαδή 600 σημεία διασταυρώσεως συνολικά σαν ενιαία ηλεκτρομηχανική διάταξη. Είναι φανερό ότι η χρήση διβάθμιων διατάξεων μειώνει τον αριθμό των απαιτούμενων σημείων διασταυρώσεως και μειώνει, κατά συνέπεια, το κόστος κατασκευής του προεπιλογέα. Όμως, η διβάθμια διάταξη εμφανίζει μειονεκτήματα ως προς την αποτελεσματικότητα της στην περίπτωση σύνδεσης πολλών ταυτόχρονων κλήσεων, τα οποία αντισταθμίζουν τα οικονομικά οφέλη.

3.3.4.2 Εσωτερική Συμφόρηση Διβάθμιου Ζευκτικού Πεδίου

Ο προεπιλογέας που κατασκευάζεται ως διβάθμιο ζευκτικό πεδίο εμφανίζει εσωτερική συμφόρηση (internal congestion). Η εσωτερική συμφόρηση είναι επακόλουθο της εσωτερικής δομής του συγκεκριμένου προεπιλογέα και έχει σαν αποτέλεσμα την αδυναμία του επιλογέα να συνδέσει μία εισερχόμενη γραμμή με μία από τις ελεύθερες εξερχόμενες γραμμές, σε ορισμένες περιπτώσεις.

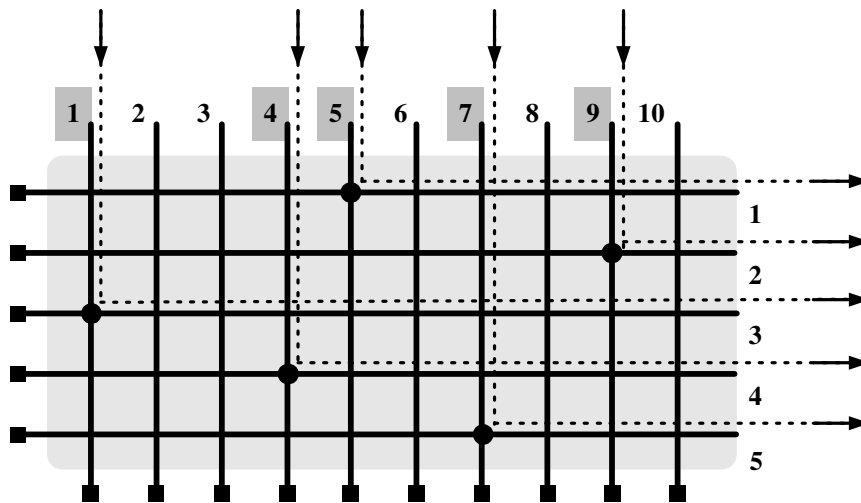
Συγκεκριμένα, ο προεπιλογέας του Σχήματος 3.35 αποτελείται από ΡΕ 10×5 , οι οποίοι λειτουργούν σαν ζευκτικά πεδία εισόδου. Κάθε ΡΕ 10×5 , δημιουργεί μία συγκέντρωση γραμμών σε ποσοστό 50%, κατευθύνοντας 10 εισόδους σε 5 εξόδους. Συνεπώς, από την ομάδα των 10 συνδρομητών που συνδέονται με ένα ζευκτικό πεδίο εισόδου, μόνο 5 από αυτούς είναι σε θέση να πραγματοποιήσουν ταυτόχρονες κλήσεις. Όταν συνομιλούν 5 συνδρομητές που συνδέονται στο ίδιο πεδίο εισόδου, όλες οι εξοδοί του πεδίου είναι κατειλημμένες και δεν υπάρχει δυνατότητα για την

σύνδεση του συνδρομητή από την συγκεκριμένη ομάδα, παρά το γεγονός ότι υπάρχουν ελεύθερες εξόδους στον προεπιλογέα. Σε αυτή την περίπτωση, ο προεπιλογέας εμφανίζει εσωτερική συμφόρηση. Οι ελεύθερες εξόδους του προεπιλογέα, μπορούν βεβαίως να προσπελασθούν από εισερχόμενες γραμμές άλλων ζευκτικών πεδίων εισόδου.

Στη συνέχεια ας θεωρηθεί το ζευκτικό πεδίο εισόδου (ενός διβάθμιου προεπιλογέα) του Σχήματος 3.36 που εξυπηρετεί μία ομάδα 10 συνδρομητών. Εάν οι συνδρομητές που συνδέονται στις εισόδους 1, 4, 5, 7 και 9 είναι απασχολημένοι σε συνδιαλέξεις, τότε οι 5 εξόδους του ζευκτικού πεδίου είναι κατειλημμένες και κανένας από τους υπόλοιπους συνδρομητές, που συνδέονται στις εισόδους 2, 3, 6, 8 και 10, δεν είναι σε θέση να πραγματοποιήσει μια νέα εξερχόμενη κλήση.

Εκτός από την περίπτωση της κατάληψης όλων των εξόδων ενός ζευκτικού πεδίου εισόδου, υπάρχουν κι άλλες πιθανές διασυνδέσεις που οδηγούν σε εσωτερική συμφόρηση. Αν για παράδειγμα, 4 συνδρομητές του ζευκτικού πεδίου εισόδου-1 έχουν ήδη πραγματοποιήσει εξερχόμενες κλήσεις, καταλαμβάνοντας τις εξόδους 1,2,3 και 4 του πεδίου τότε η μόνη ελεύθερη έξοδος του συγκεκριμένου ζευκτικού πεδίου είναι η έξοδος-5.

Εάν ένας συνδρομητής που συνδέεται σε μία εισερχόμενη γραμμή του ζευκτικού πεδίου εισόδου-1 επιχειρήσει να πραγματοποιήσει μία ταυτόχρονη εξερχόμενη κλήση (η 5η κατά σειρά εξερχόμενη κλήση από το ίδιο ζευκτικό πεδίο εισόδου) τότε η μοναδική οδός διασύνδεσης του είναι μέσω της ελεύθερης εξόδου-5 προς την είσοδο 1 του ζευκτικού πεδίου εξόδου-5 (η διαδρομή αυτή φαίνεται στο Σχήμα 3.36). Όμως, αν οι 2 γραμμές εξόδου του ζευκτικού πεδίου εξόδου-5 είναι κατειλημμένες από συνδιαλέξεις κάποιων άλλων συνδρομητών που συνδέονται σε δύο από τα υπόλοιπα πεδία εισόδου της διάταξης, τότε η σύνδεση του συνδρομητή είναι αδύνατη.



Σχήμα 3.36: Συμφόρηση Ζευκτικού Πεδίου 10 x 5

Είναι φανερό ότι εξ' αιτίας της εσωτερικής συμφόρησης του προεπιλογέα, μια εισερχόμενη γραμμή δεν είναι πάντοτε δυνατό να συνδεθεί με μία διαθέσιμη εξερχόμενη γραμμή από τις 10 συνολικά εξερχόμενες γραμμές του διβάθμιου προεπιλογέα. Το γεγονός αυτό, καθιστά τη δέσμη των εξερχόμενων γραμμών ατελή.

Αντίθετα, στην περίπτωση του ραβδεπαφικού προεπιλογέα μονοβάθμιου ζευκτικού πεδίου, δεν υπάρχει περίπτωση εσωτερικής συμφόρησης και μία οποιαδήποτε εισερχόμενη γραμμή μπορεί πάντα να συνδεθεί με μία ελεύθερη εξερχόμενη γραμμή, εφ' όσον αυτή υπάρχει ελεύθερη (τέλεια δέσμη εξερχόμενων γραμμών).

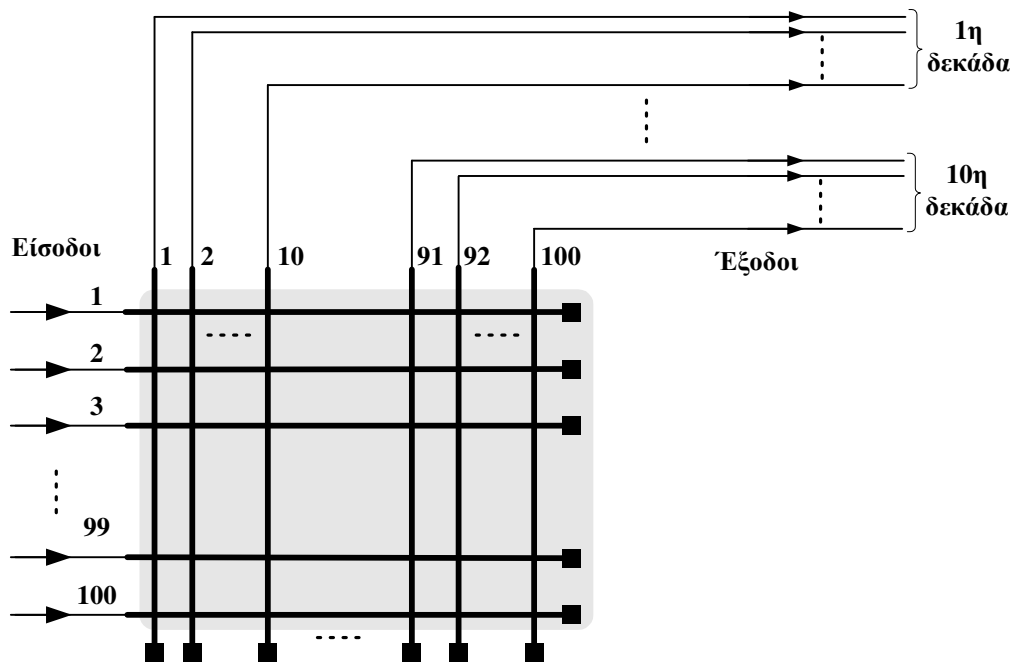
Η εσωτερική συμφόρηση των διβάθμιων διατάξεων, αποτελεί έναν επιπλέον παράγοντα που αυξάνει τις απώλειες κίνησης ενός TK, καθώς μειώνει τη δυνατότητα του TK να εξυπηρετεί ταυτόχρονες κλήσεις. Η ΔΚ του TK ελέγχει τη βαθμίδα προεπιλογής στη φάση αποκατάστασης κάθε

εξερχόμενης κλήσης. Σε περίπτωση που εντοπίσει εσωτερική συμφόρηση της βαθμίδας προεπιλογής, δεν στέλνει σήμα επιλογής στον συνδρομητή-Α και έτσι ο συνδρομητής-Α θα τερματίσει την απόπειρα εξερχόμενης κλήσης (απώλεια κίνησης).

3.3.4.3 Βαθμίδα Διακλάδωσης Ραβδεπαφικού ΤΚ

Όπως και στη περίπτωση της βαθμίδας προεπιλογής, η βαθμίδα διακλάδωσης (ΒΔ) μπορεί να υλοποιηθεί με ΡΕ, μονοβάθμιου ή διβάθμιου ζευκτικού πεδίου.

Στο Σχήμα 3.37 απεικονίζεται ένας μονοβάθμιος ΡΕ διακλάδωσης (Ραβδεπαφικός Οδικός Επιλογέας – ΡΟΕ) που διαθέτει 100 γραμμές εισόδου, τις οποίες διακλαδίζει σε 100 εξόδους. Οι εξόδοι του ΡΟΕ χωρίζονται νοητά σε ομάδες των 10 εξερχόμενων γραμμών (δεκάδες), οι οποίες συνδέονται σε ομάδες συνδρομητών που έχουν κοινό το ψηφίο διακλάδωσης, που είναι το ψηφίο της εκατοντάδας ή της χιλιάδας του αριθμού κλήσης, ανάλογα με την χρήση του ΡΟΕ (1_η ή 2_η βαθμίδα διακλάδωσης) και τη χωρητικότητα του ΤΚ.



Σχήμα 3.37: Επιλογέας Διακλάδωσης (Οδικός Επιλογέας) Μονοβάθμιου Ζευκτικού Πεδίου

Η ΔΚ του ΤΚ, η οποία έχει τον έλεγχο του ΡΟΕ, επιλέγει την ομάδα εξόδου σύμφωνα με το ψηφίο διακλάδωσης που λαμβάνει από τον αριθμό κλήσης (για παράδειγμα, το ψηφίο διακλάδωσης 1 αντιστοιχεί στην 2η δεκάδα γραμμών εξόδου, ενώ το ψηφίο 9 στην 10η δεκάδα) και στη συνέχεια, επιλέγει την πρώτη διαθέσιμη έξοδο που θα βρει στην συγκεκριμένη ομάδα.

Από τις 100 εισερχόμενες γραμμές του παραπάνω ΡΟΕ, μόνο 10 από αυτές μπορούν να συνδεθούν ταυτόχρονα με συνδρομητικές γραμμές που ανήκουν στην ίδια δεκάδα εξερχόμενων γραμμών. Ο ίδιος περιορισμός ισχύει και στη περίπτωση των βηματοπορικών ΤΚ, όπου οι ΒΔ αποτελούνται από περιστροφικούς επιλογείς.

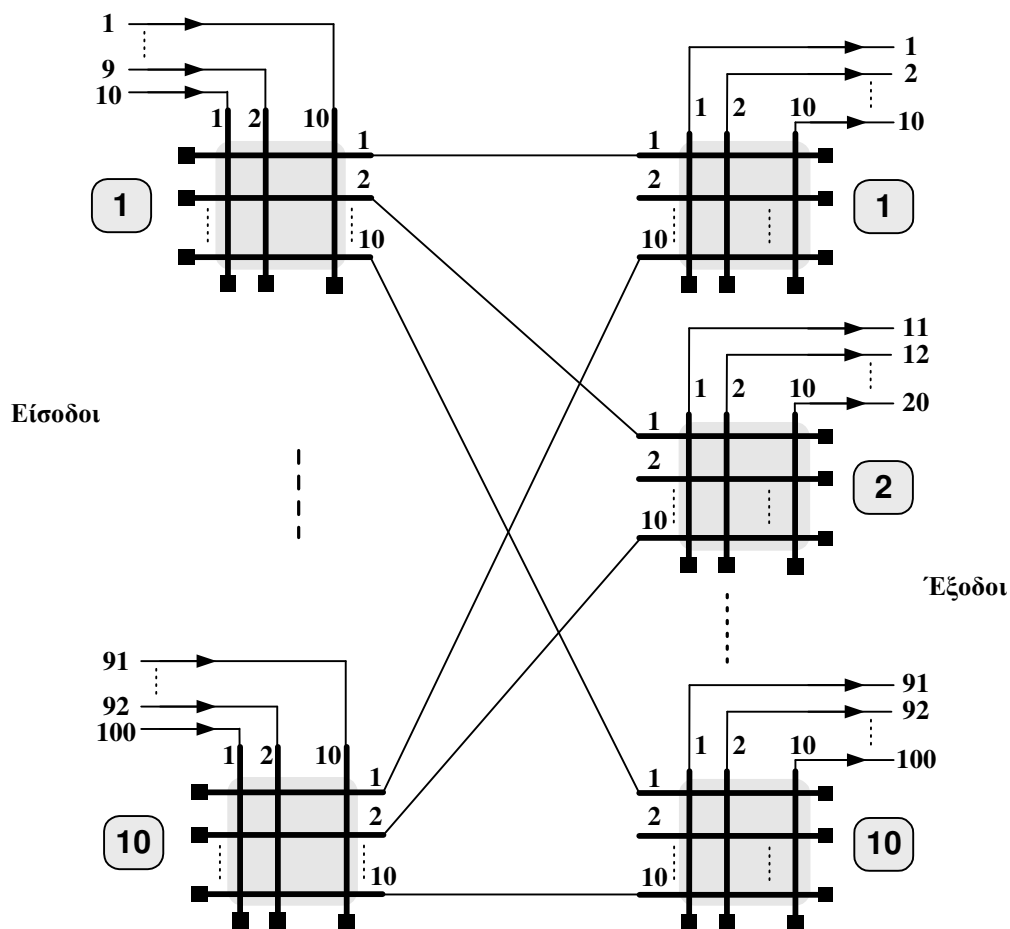
Ο συγκεκριμένος μονοβάθμιος ΡΟΕ περιλαμβάνει $100 \times 100 = 10.000$ σημεία διακλάδωσης. Προκειμένου να μειωθεί ο αριθμός των σημείων διακλάδωσης και κατά συνέπεια να μειωθεί το κόστος κατασκευής του ΤΚ, η λειτουργία του ΡΟΕ μπορεί να υλοποιηθεί με μια διβάθμια διάταξη ζευκτικών πεδίων εισόδου και εξόδου, όπως αυτή που απεικονίζεται στο Σχήμα 3.38.

Η δομή του ΡΟΕ διβάθμιου ζευκτικού πεδίου είναι ιδιαίτερα απλή αποτελούμενη από 20 ζευκτικά πεδία 10×10 (10 εισόδων και 10 εξόδων). Δέκα (10) από αυτά αποτελούν τα πεδία εισόδου

του επιλογέα διακλάδωσης, παρέχοντας συνολικά 100 εισόδους στη διάταξη. Τα υπόλοιπα 10 ζευκτικά πεδία λειτουργούν ως πεδία εξόδου, παρέχοντας στη διάταξη 100 εξόδους συνολικά.

Εφ' όσον η διβάθμια αυτή διάταξη χρησιμοποιείται ως ΡΟΕ, οι απερχόμενες συνδρομητικές γραμμές συνδέονται στη διάταξη με τέτοιο τρόπο, ώστε οι 10 εξόδοι κάθε ζευκτικού πεδίου εξόδου να αποτελούν μία ομάδα απερχόμενων γραμμών που αντιστοιχούν σε τηλεφωνικούς αριθμούς με κοινό ψηφίο διακλάδωσης. Έτσι, όπως και στη περίπτωση του μονοβάθμιου ΡΟΕ, μόνο 10 απερχόμενες γραμμές εξυπηρετούν τις συνδρομητικές γραμμές που ανήκουν στην ίδια ομάδα γραμμών με κοινό ψηφίο διακλάδωσης.

Η εσωτερική διασύνδεση των ζευκτικών πεδίων με συνδετικές γραμμές ακολουθεί τη λογική που εφαρμόζεται σε όλες τις διβάθμιες διατάξεις. Δηλαδή, η έξοδος- m του πεδίου εισόδου- N συνδέεται με την είσοδο- n του πεδίου εξόδου- M . Σύμφωνα με το Σχήμα 3.38, η έξοδος-2 του πεδίου εισόδου-1 συνδέεται με την είσοδο-1 του πεδίου εξόδου-2, ενώ έξοδος-10 του πεδίου εισόδου-10 συνδέεται με την είσοδο-10 του πεδίου εξόδου-10.



Σχήμα 3.38: Επιλογέας Διακλάδωσης Διβάθμιου Ζευκτικού Πεδίου

Η συγκεκριμένη απλή διβάθμια διάταξη διακλάδωσης (ΡΟΕ), έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

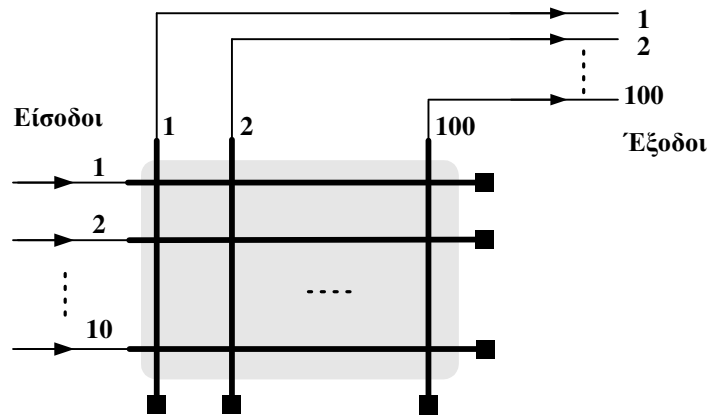
- δεν προκαλεί συγκέντρωση γραμμών, καθώς διαθέτει ίσο αριθμό εισόδων και εξόδων
- περιλαμβάνει $20 \times (10 \times 10) = 2.000$ σημεία διακλαδώσεως, μειώνοντας σημαντικά το κόστος κατασκευής σε σχέση με τον αντίστοιχο μονοβάθμιο ΡΕ
- Έχει την ίδια απόδοση με τον μονοβάθμιο ΡΟΕ 100×100 , αφού δεν αντιμετωπίζει προβλήματα εσωτερικής συμφόρησης, παρέχοντας μία τέλεια δέσμη 100 εξερχόμενων

γραμμών

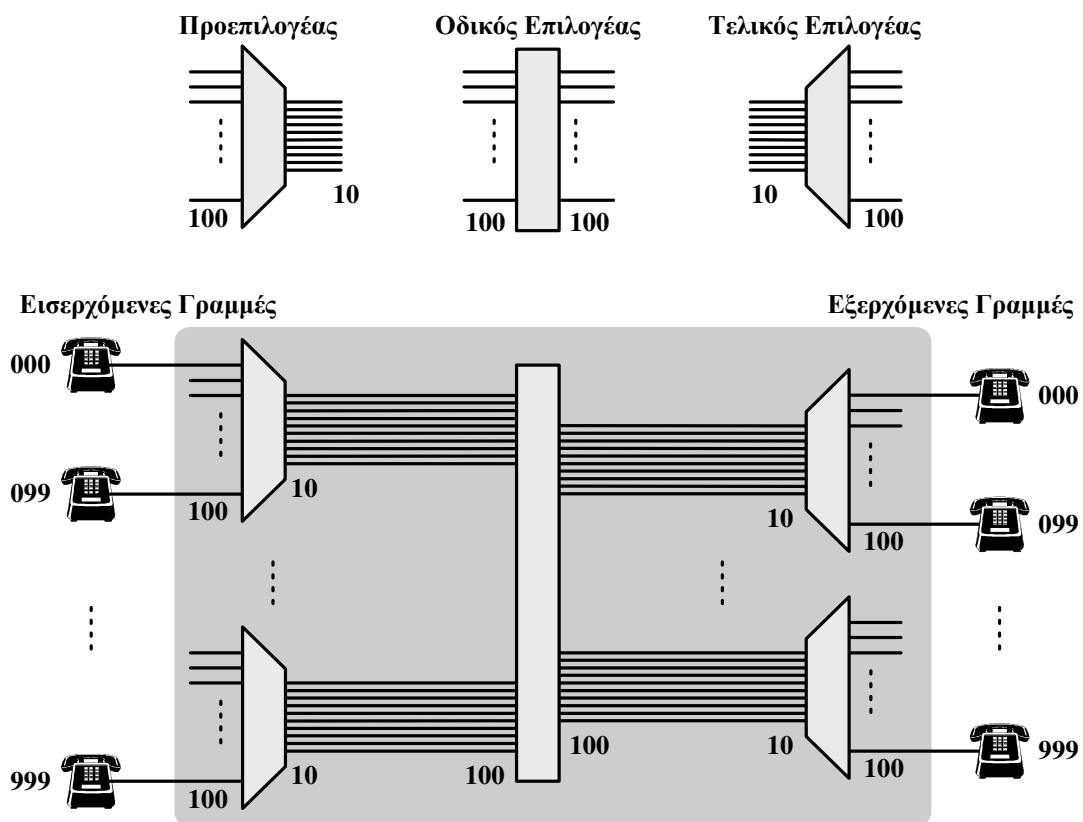
- Μόνο 10 εισερχόμενες γραμμές μπορούν να διασυνδεθούν ταυτόχρονα με την ομάδα εξερχόμενων γραμμών που αντιστοιχούν στο ίδιο ψηφίο διακλαδώσεως

3.3.4.4 Βαθμίδα Τελικής Επιλογής Ραβδεπαφικού ΤΚ

Η βαθμίδα τελικής επιλογής αποκεντρώνει τις εσωτερικές συνδετικές γραμμές του ΤΚ, προς τις γραμμές των συνδρομητών ώστε η τελική επιλογή της εξερχόμενης γραμμής να οδηγεί στο σωστό καλούμενο συνδρομητή.



Σχήμα 3.39: Τελικός Επιλογέας Μονοβάθμιου Ζευκτικού Πεδίου



Σχήμα 3.40: Διάταξη Μεταγωγής σε ΤΚ 1.000 Συνδρομητών

Η υλοποίηση της λειτουργίας αυτής είναι σχετικά απλή, χρησιμοποιώντας ένα μονοβάθμιο PE. Στο Σχήμα 3.39, φαίνεται ένας PE 10 εισόδων και 100 εξόδων (10 x 100). Κάθε είσοδος του PE, μπορεί να συνδεθεί με οποιαδήποτε από τις 100 γραμμές εξόδου. Η σύνδεση των εισόδων με τις εξόδους του PE πραγματοποιείται από τη ΔΚ του TK, σύμφωνα με τα δύο τελευταία ψηφία του καλούμενου αριθμού.

Για παράδειγμα, εάν η κλήση εισέρχεται στη βαθμίδα τελικής επιλογής από την είσοδο 2 και τα τελευταία ψηφία του καλούμενου αριθμού είναι 02, τότε η ΔΚ ενεργοποιεί το σημείο διασταυρώσεως (2,2) προκειμένου να αποκαταστήσει την κλήση. Επίσης, στη περίπτωση όπου ο καλούμενος αριθμός καταλήγει σε 99 τότε η ΔΚ ενεργοποιεί το σημείο (2,100).

Στο Σχήμα 3.40, απεικονίζεται ολόκληρη η Διάταξη Μεταγωγής σε ένα απλό ραβδεπαφικό TK χωρητικότητας 1.000 συνδρομητών. Η Διάταξη Μεταγωγής αποτελείται από 10 ραβδεπαφικούς προεπιλογείς 100 x 10, έναν POE 100 x 100 και 10 ραβδεπαφικούς τελικούς επιλογείς 10 x 100.

3.3.5 Διασύνδεση Γειτονικών TK

Για τη διασύνδεση γειτονικών ραβδεπαφικών TK και την εξυπηρέτηση διαβιβαστικών (transit) κλήσεων μεταξύ συνδρομητών που ανήκουν σε διαφορετικά TK χρησιμοποιούνται ζευκτικές γραμμές. Οι ζευκτικές γραμμές είναι ομαδοποιημένες σε δέσμες εισερχόμενων και εξερχόμενων γραμμών και εκτελούν την ίδια λειτουργία όπως και οι ζευκτικές γραμμές μεταξύ βηματοπορικών TK.

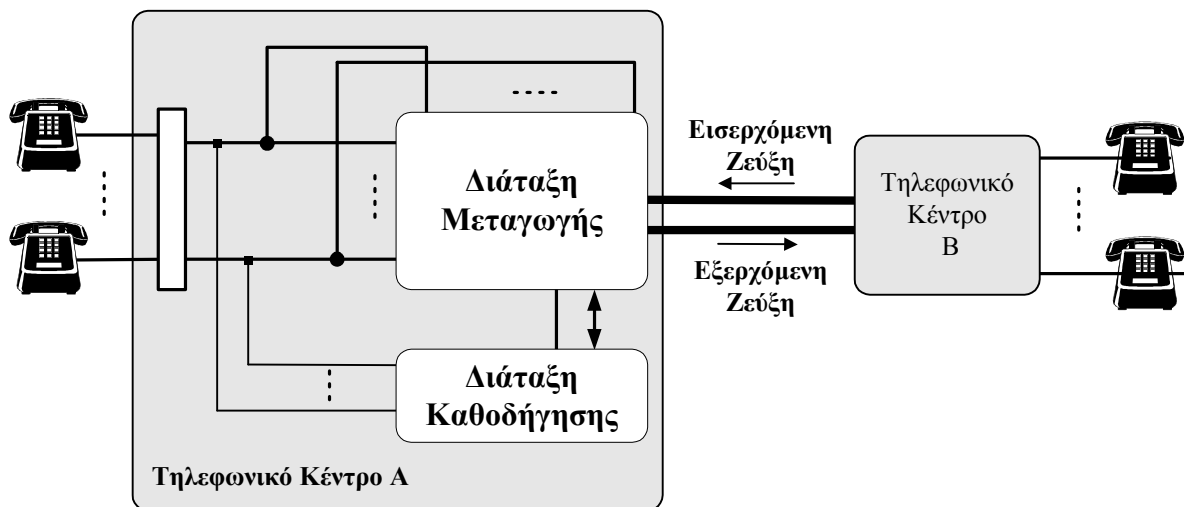
Οι ζευκτικές γραμμές συνδέονται στη διάταξη μεταγωγής του TK και ελέγχονται μέσω ενσύρματης σύνδεσης από τη BK του TK. Οι εξερχόμενες γραμμές σε εξόδους της βαθμίδας προεπιλογής και οι εισερχόμενες σε εισόδους της 1ης ΒΔ. Μία απλουστευμένη μορφή σύνδεσης γειτονικών TK ενσυρματωμένου ελέγχου απεικονίζεται στο Σχήμα 3.41.

Για την αποκατάσταση μιας διαβιβαστικής κλήσης, απαιτούνται ενέργειες από τη BK-A του TK εκκίνησης (originating exchange) της κλήσης (TK-A), όπου βρίσκεται ο καλόν συνδρομητή-A, καθώς και από τη BK-B στο TK τερματισμού (terminating exchange) της κλήσης (TK-B), όπου βρίσκεται ο καλούμενος συνδρομητής-B. Στο TK-A, η διαδικασία αποκατάστασης της εξερχόμενης (outgoing) διαβιβαστικής κλήσης έχει, συνοπτικά, ως εξής:

1. Η BK-A, αφού αποθηκεύσει τον αριθμό κλήσης σε ένα ταμειυτή, διαπιστώνει μέσω ενσυρματωμένης λογικής ότι ο αριθμός αυτός ανήκει σε συνδρομητή του TK-B.
2. Στη συνέχεια, δεσμεύει μία εξερχόμενη ζευκτική γραμμή (κλείνοντας το κύκλωμα της) προς το TK-B και την συνδέει με τη γραμμή του συνδρομητή-A, ενεργοποιώντας τα κατάλληλα σημεία διασταύρωσης της ραβδεπαφικής διάταξης μεταγωγής του TK-A.
3. Ακολουθεί η αποστολή του αριθμού κλήσης προς το TK-B. Η αποστολή των ψηφίων γίνεται με τη μορφή παλμών πολλαπλής συχνότητας (multi-frequency pulses) πάνω από τη δεσμευμένη ζευκτική γραμμή. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται κατάλληλες διατάξεις αποστολής παλμών που υπάρχουν στη BK-A.
4. Μετά την αποστολή του αριθμού κλήσης, ο συνδρομητής-A που είναι ήδη συνδεδεμένος στο άλλο άκρο της ζευκτικής γραμμής, θα ακούσει όποιο ηχόσημα παράγει το γειτονικό TK. Δηλαδή, είτε το ηχόσημα αναμονής απάντησης, εάν η κλήση αποκαταστάθηκε με επιτυχία στο TK-B, είτε το ηχόσημα κατειλημμένου, εάν το TK-B δεν κατάφερε για κάποιο λόγο να πραγματοποιήσει την σύνδεση με τον καλούμενο συνδρομητή-B.
5. Η απάντηση του καλούμενου συνδρομητή-B φθάνει στο TK-A με τη μορφή συγκεκριμένου ηλεκτρικού παλμού, πάνω από την ζευκτική γραμμή και ανιχνεύεται από την ΔΚ-A. Με τη λήψη του παλμού απάντησης, η ΔΚ-A ξεκινά την χρέωση της κλήσης και συνδέει την κλήση με ένα κύκλωμα επίβλεψης.
6. Όταν το κύκλωμα επίβλεψης εντοπίσει τον τερματισμό της κλήσης από την πλευρά του συνδρομητή-A, στέλνει έναν κατάλληλο παλμό τερματισμού προς το TK-B πάνω από τη χρησιμοποιούμενη εξερχόμενη ζευκτική γραμμή και στη συνέχεια την απελευθερώνει.

Στο TK-B, η διαδικασία αποκατάστασης της εισερχόμενης (incoming) διαβιβαστικής κλήσης είναι η εξής:

1. Το κλείσιμο του κυκλώματος μίας εισερχόμενης ζευκτικής γραμμής, που σηματοδοτείται από τη μεταβολή της διαφοράς δυναμικού στα άκρα του κυκλώματος της γραμμής, ανιχνεύεται από την ΔΚ-2. Αμέσως, η ΔΚ-2 δεσμεύει έναν διαθέσιμο ταμειευτή, προκειμένου να αποθηκεύσει τα ψηφία του καλούμενου αριθμού-B.
2. Μετά την λήψη των ψηφίων πάνω από την εισερχόμενη ζευκτική γραμμή, η ΔΚ-2 προχωρά στην σύνδεση του καλούμενου συνδρομητή-B με την εισερχόμενη ζευκτική γραμμή. Οι υπόλοιπες διαδικασίες για την αποκατάσταση της κλήσης, γίνονται με τρόπο αντίστοιχο όπως στην περίπτωση μίας τοπικής κλήσης (συνδέσεις των επιλογέων στην βαθμίδα μεταγωγής, αποστολή σήματος κουδουνισμού προς τον καλούμενο συνδρομητή-B, κλπ). Στη συνέχεια, η ΔΚ-2 παράγει και αποστέλλει στο TK-2 το κατάλληλο σήμα πάνω από την ζευκτική γραμμή (σήμα αναμονής απάντησης, ή σήμα κατειλημμένου) ανάλογα με την έκβαση της προσπάθειας για την αποκατάσταση της κλήσης.
3. Όταν η ΔΚ-B ανιχνεύσει την απάντηση του συνδρομητή-B, στέλνει ένα κατάλληλο παλμό στο TK-2 μέσω της εισερχόμενης ζευκτικής γραμμής που εξυπηρετεί την κλήση και στη συνέχεια δεσμεύει ένα κύκλωμα επίβλεψης και το συνδέει με την κλήση.
4. Ο τερματισμός της κλήσης από τον συνδρομητή-A ανιχνεύεται με τη λήψη του παλμού τερματισμού από το κύκλωμα επίβλεψης του TK-1. Με τη λήψη αυτού του παλμού η ΔΚ-2 του TK-2 απελευθερώνει τη γραμμή του καλούμενου συνδρομητή-B, διακόπτοντας τις συνδέσεις στη διάταξη μεταγωγής του TK-2.



Σχήμα 3.41: Σύνδεση Γειτονικών TK Ενσυρματωμένου Ελέγχου