

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ θερμά τους κ.κ. Κ. Αμπακούμκιν, καθηγητή και Κ. Λυμπέρη, λέκτορα του τομέα Μ.Σ.Υ. για την υποστήριξη και την αμέριστη βοήθεια που προσέφεραν προκείμενου να εκπονηθεί η Διπλωματική Εργασία αυτή ,όπως επίσης και το προσωπικό και Δ.Ε.Π. του εργαστηρίου Σιδηροδρομικής και Μεταφορών για την τεχνική βοήθειά τους.

Επίσης ευχαριστώ τους κ.κ. Ι. Χρυσάκη, μηχανικό του Ο.Σ.Ε. στην Διεύθυνση Εκμετάλλευσης και Π. Τζιβάρα μηχανικό του Ο.Σ.Ε. στην Συντήρηση Σηματοδότησης του σταθμού Λιανοκλαδίου για την βοήθεια, τις πληροφορίες και τα πολύτιμα στοιχεία που παρείχαν.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι η δημιουργία ενός λογισμικού με τη βοήθεια του οποίου θα διευθετούνται έως 8 συρμοί διαφορετικής ή ίδιας κατηγορίας, προκειμένου αυτοί να ενταχθούν σε υπό σύνταξη δρομολόγιο, που αφορά συγκεκριμένο τμήμα μονής σιδηροδρομικής γραμμής. Η διευθέτηση πραγματοποιείται με κριτήριο την ιεραρχία των συρμών και την ελαχιστοποίηση του υπ' όψιν τμήματος. Η ανάπτυξη του λογισμικού γίνεται με γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic for Applications και η απεικόνιση των αποτελεσμάτων (γραφικό δρομολογίων) στο σχεδιαστικό περιβάλλον του AutoCAD, με τη δυνατότητα συμπληρωματικών επεμβάσεων μέσω των εργαλείων σχεδίασης που προσφέρει το σχεδιαστικό CAD. Ως θεωρητικό υπόβαθρο, θεωρήθηκε το τμήμα αποκλεισμού και ιδιαίτερα οι επιφάνειες αποκλεισμού, χάρις στις οποίες καθίσταται δυνατή η οπτική διαχείριση των γραμμών ταχύτητας συνοδευόμενων από τις επιφάνειες αποκλεισμού του συρμού στο περιβάλλον του CAD. Πεδίο εφαρμογής του λογισμικού αποτέλεσε το τμήμα μονής γραμμής Λιανοκλάδι – Δομοκός του άξονα Αθήνας – Θεσσαλονίκης.

Zusammenfassung

Ziel dieser Diplomarbeit ist die Entwicklung eines PC-Programms, mit dem bis 8 Züge verschiedener oder gleicher Kategorie geordnet werden können, mit der Absicht sie im graphischen Fahrplan einer bestimmten Strecke einzubeziehen. Die Kriterien, mit denen das Ordnen der Züge vervollständigt wird, sind die Hierarchie der Züge und das Minimieren der Belegungszeit der Strecke. Die Belegungspläne der Züge haben sich auf Grund der Theorie von der Sperrstrecke ergeben. Insbesondere waren die Sperrflächen das ausschlaggebende Element im AutoCAD-Umgebung, damit Zeit – Weg – Linien bis an die Mindestzugfolgezeit untereinander geschoben werden können. Als Programmierungssprache wird Visual Basic for Applications verwendet und auf die Ergebnisse (Belegungspläne) kann mittels AutoCAD-Zeichnungswerkzeugen ergänzend eingegriffen werden. Das Programm wurde an die Strecke von Griechischen Bahnen O.S.E. Lianokladi - Domokos der Linie Athen – Thessaloniki angewandt.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Σιδηρόδρομοι, συρμοί, περιθώριο άνεσης, χωρητικότητα, φωτοσήματα επιφανειών αποκλεισμού, μονή γραμμή, δρομολόγιο, χρόνος κατάληψης σιδηροδρομικού τμήματος.

KEYWORDS

Railway, trains, time allowance, block section, capacity, block signals, single track, timetable, time of occupation of railway section.

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

L	Ικανότητα γραμμής
L_{min}	Ελάχιστη ικανότητα γραμμής
$L_{e(Bau)}$	Μειωμένη ικανότητα γραμμής λόγω συντήρησης
$L_{e(Nacht)}$	Μειωμένη ικανότητα λόγω νυχτερινής ανάπαυλας
L_{St}	Ωριαία ικανότητα γραμμής
L_{Sto}	Ωριαία ικανότητα χωρίς νεκρούς χρόνους
L_{Stc}	Ωριαία ικανότητα με σταθερούς νεκρούς χρόνους
T	Χρονικό διάστημα παρατήρησης
t_0	Χρόνος που αντιστοιχεί στην διάνυση της απόστασης ορατότητας
$t_{np.}$	Χρόνος προσέγγισης του κύριου σήματος
$t_{bl.}$	Χρόνος διάνυσης του τμήματος αποκλεισμού
$t_{an.}$	Χρόνος απελευθέρωσης της απόστασης αποκλεισμού
t_f	Χρόνος ακολουθίας συρμών
t_{fm}	Μέσος χρόνος ακολουθίας συρμών
t_b	Χρόνος αποκατάστασης της γραμμής
t_a	Χρόνος αντίδρασης οδηγού
i	Χρονική κλάση προηγούμενου συρμού
J	Χρονική κλάση αμέσως επόμενου συρμού
n_i, n_j	Πλήθος συρμών της χρονικής κλάσης
t_r	Νεκρός χρόνος (Περιθώριο άνεσης)
t_{zu}	Πρόσθετος χρόνος
t_{fij}	Μέσος χρόνος ακολουθίας συρμών μεταξύ δύο κλάσεων
t_{1R}	Χρόνος για τη διάνυση του τμήματος ολίσθησης
t_b	Χρόνος αποκατάστασης της γραμμής

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
Εισαγωγή	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟΥ ΔΙΑΔΡΟΜΟΥ	
1.1 Γενικό πλαίσιο ανάλυσης της χωρητικότητας	11
1.2 Ικανότητα απόδοσης γραμμής	12
1.2.1 Τύποι υπολογισμού	15
1.2.2 Χρονικό διάστημα παρατήρησης T	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΤΜΗΜΑ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ	
2.1 Γενικές έννοιες τμημάτων αποκλεισμού	18
2.2 Απεικόνιση των αποστάσεων αποκλεισμού	22
2.2.1 Αποστάσεις αποκλεισμού ελεύθερης γραμμής	22
2.2.2 Αποστάσεις αποκλεισμού σταθμών	24
2.2.3 Αποστάσεις αποκλεισμού για διαδρομές ελιγμών	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΕΛΑΧΙΣΤΟΙ ΧΡΟΝΟΙ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΣΥΡΜΩΝ	
3.1 Μέθοδος υπολογισμού σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα κίνησης	28
3.2 Υπολογισμός των περιπτώσεων ακολουθίας συρμών	29
3.3 Ελάχιστοι χρόνοι διαδοχής συρμών σε μονή κατεύθυνση	31
3.3.1 Χρόνος από το σημείο ορατότητας μέχρι τη θέση του σταθμού (t_{1S})	36
3.3.2 Χρόνος για τη διάνυση του τμήματος ολίσθησης (t_{1R})	37
3.3.3 Χρόνος αποκατάστασης της γραμμής t_b	37
3.3.4 Χρόνος αντίδρασης του οδηγού t_a	38
3.4 Ελάχιστοι χρόνοι διαδοχής συρμών σε μονή γραμμή	38
3.4.1 Μέθοδος υπολογισμού με υποθετικό δρομολόγιο	46
3.4.2 Νεκρός χρόνος t_r (Περιθώριο άνεσης)	47
3.4.3 Πρόσθετος χρόνος t_{zu}	48

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο : ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ

4.1	Σχεδιασμός σημάτων	51
4.2	Διάκριση σημάτων κατά Ο.Σ.Ε.	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο: ΚΥΡΙΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΧΑΡΑΞΗΣ ΚΑΙ ΙΕΡΑΡΧΗΣΗΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ

5.1	Γενικά στοιχεία λογισμικού χάραξης και ιεράρχησης δρομολογίων	57
5.2	Χάραξη δρομολογίων	60
5.3	Διευθέτηση δρομολογίων	60
5.4	Διάγραμμα ροής λογισμικού	64
5.5	Δεδομένα και επεξεργασία αυτών μέσω του λογισμικού	66

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο : ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΣΤΟ ΤΜΗΜΑ ΛΙΑΝΟΚΛΑΔΙ - ΔΟΜΟΚΟΣ

6.1	Σηματοδότηση σταθμών	73
6.2	Διατάξεις συστημάτων ελέγχου σταθμών	83
6.2.1	Ηλεκτρικό κύκλωμα αναγνώρισης συρμού	83
6.2.2	Μετρητές αξόνων	84
6.2.3	Τροχοεπαφές	85
6.2.4	Μονωτικοί αρμοί	86
6.2.5	Αλλαγές	86

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο : ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΤΑΘΜΩΝ ΣΤΟ ΤΜΗΜΑ ΛΙΑΝΟΚΛΑΔΙ - ΔΟΜΟΚΟΣ

7.1	Γενικό πλαίσιο λειτουργίας σταθμών	93
7.2	Λειτουργία σταθμών κατά την εισαγωγή συρμών	97
7.2.1	Στάση συρμού στην κύρια ή στην παρεκκλίνουσα γραμμή	97
7.2.2	Διέλευση συρμού από την κύρια ή την παρεκκλίνουσα γραμμή	100
7.2.3	Διασταύρωση συρμών, εκ των οποίων ο ένας, οδηγείται στην παρεκκλίνουσα	100
7.2.4	«Ιπτάμενη διασταύρωση»	100

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο : ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΙΕΡΑΡΧΗΣΗΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΙΩΝ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΤΗΝ ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΧΡΟΝΩΝ ΚΑΤΑΛΗΨΗΣ ΜΟΝΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ

8.1	Γενικά στοιχεία	108
8.1.1	Η γλώσσα προγραμματισμού και η επιλογή της	108

8.1.2	Το πακέτο λογισμικού	110
8.1.3	Η ενεργοποίηση του λογισμικού	111
8.2	Εποπτεία κίνησης συρμού στα όρια του σταθμού της Καρυάς μέσω του πίνακα ελέγχου	112
8.3	Προσομοίωση κίνησης συρμών στο τμήμα μεταξύ των σταθμών Στύρφακας – Καρυάς – Καλλιπεύκη	116
8.3.1	Κίνηση συρμού από Στύρφακα προς Καλλιπεύκη με διέλευση από την κύρια γραμμή του σταθμού της Καρυάς χωρίς στάση	117
8.3.2	Κίνηση συρμού από Στύρφακα προς Καλλιπεύκη με διέλευση από την παρεκκλίνουσα γραμμή του σταθμού της Καρυάς χωρίς στάση	117
8.3.3	Κίνηση συρμού από Στύρφακα προς Καλλιπεύκη εκτελώντας στάση στην κύρια γραμμή του σταθμού της Καρυάς	117
8.3.4	Διασταύρωση συρμών στον σταθμό της Καρυάς	118

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9ο : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Σύγκριση των εξαγόμενων αποτελεσμάτων και η πρακτική εφαρμογή τους - Προτάσεις	125
--	-----

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΚΩΔΙΚΑΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ Visual Basic for Applications (V.B.A.)

Λεπτομερειακό σκαρίφημα πίνακα ελέγχου σταθμού

Βιβλιογραφικές αναφορές

Κατόψεις σταθμών μεταξύ Λιανοκλαδίου – Δομοκού, όπου αναφέρονται οι χιλιομετρικές θέσεις και η διάταξη των φωτοσημάτων

Ρυθμιστικό φύλλο Ο.Σ.Ε. της 29.03.2002 (00:00 – 12:00 και 12:00 – 24:00)

Γραφικός πίνακας κανονικών δρομολογίων Ο.Σ.Ε. από 27.05.1990 έως 1.6.1991

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το σιδηροδρομικό δίκτυο αποτελείται από γραμμές που συνδέουν περιοχές μεταξύ τους μέσω θέσεως εξυπηρέτησεως που είναι οι σταθμοί. Οι γραμμές αυτές είναι συνήθως διπλές και σε λιγότερες περιπτώσεις μονές. Στη μονή γραμμή, οι συρμοί κυκλοφορούν και στις δύο κατευθύνσεις, ενώ στη διπλή, διατίθενται δύο γραμμές, μία ανά κατεύθυνση. Παλαιότερα, και μέχρι τις αρχές του περασμένου αιώνα, κατασκευάζονταν μονές γραμμές, λόγω του χαμηλού συγκοινωνιακού φόρτου αφενός, του δύσβατου της χάραξης (σήραγγες) και του υψηλού κόστους αφετέρου. Οι απαιτήσεις όμως σε ταχύτερες και ασφαλέστερες σιδηροδρομικές μεταφορές, οδήγησαν στην ανάπτυξη τουλάχιστον διπλής γραμμής (σε τμήμα πυκνότερης κυκλοφορίας ενίοτε και τρεις ή τέσσερις γραμμές), έτσι ώστε σήμερα στα μοντέρνα δίκτυα, η διπλή γραμμή, να θεωρείται εκ των ουκ άνευ.

Όμως σε μερικά δίκτυα παραμένουν τμήματα γραμμών τα οποία λόγω της θέσης τους έχουν μείνει με μονή γραμμή και ο διπλασιασμός αυτών απαιτεί τεράστιες δαπάνες χωρίς να προσφέρει σε μεγάλο ποσοστό τα πλεονεκτήματα της διπλής γραμμής, λόγω των περιορισμένων γεωμετρικών στοιχείων (μικρές ακτίνες, μεγάλες κλίσεις). Τα τμήματα αυτά αποτελούν στενώσεις στο γενικότερο δίκτυο της διπλής γραμμής, στοιχείο που καθορίζει τον συνολικό αριθμό συρμών που μπορούν να κυκλοφορήσουν σε ένα συγκεκριμένο άξονα που αποτελείται από μονή και διπλή γραμμή.

Η λειτουργία των γραμμών αυτών συνεχίζεται με βελτιώσεις οι οποίες προσφέρουν μία προσωρινή λύση στην εξυπηρέτηση της αυξανόμενης ζήτησης. Η κυκλοφορία γίνεται με διασταυρώσεις ή υπερβάσεις των συρμών οι οποίες συντελούνται μέσα στους σταθμούς. Το είδος αυτό της λειτουργίας, δεν επιτρέπει την επίτευξη μικρών χρονοαποστάσεων στις διαδοχικές ακολουθίες των συρμών με αποτέλεσμα τον περιορισμό του αριθμού των κυκλοφορούντων συρμών και κατά συνέπεια την μειωμένη ικανότητα της γραμμής.

Για τον υπολογισμό και καθορισμό της ικανότητας μονής γραμμής, έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι, οι οποίες προσδιορίζουν και συνεκτιμούν χαρακτηριστικούς παράγοντες που επηρεάζουν την ακολουθία των συρμών. Η Διεθνής Ένωση Σιδηροδρόμων (U.I.C.) έχει εκδώσει την οδηγία 405E [19] για τον

υπολογισμό της ικανότητας μονής και διπλής γραμμής, λαμβάνοντας υπ' όψιν τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των περισσοτέρων δικτύων που ανήκουν σε αυτή. Επίσης, οι Γερμανικοί κανονισμοί DV405 [17], [18] έχουν εκδώσει αντίστοιχες μεθόδους υπολογισμού της ικανότητας μονής γραμμής.

Οι κυριότεροι παράγοντες που υπεισέρχονται στον υπολογισμό της ικανότητας γραμμής είναι η **μέση ελάχιστη χρονοαπόσταση** και το **μέσο περιθώριο άνεσης** μεταξύ των διαφόρων ακολουθιών. Οι παράγοντες αυτοί, καθορίζουν το μέσο χρονικό διάστημα κατάληψης των υπ' όψιν τμημάτων γραμμής από μία συγκεκριμένη ακολουθία συρμών.

Το τμήμα γραμμής με τον μέγιστο χρόνο κατάληψης θεωρείται το κρίσιμο επιμέρους τμήμα και ως εκ τούτου η βάση για τον υπολογισμό της ικανότητας απόδοσης του υπ' όψιν τμήματος γραμμής στο χρονικό διάστημα παρατήρησης (π.χ. 24 ώρες). Επειδή όμως ένα τμήμα γραμμής αποτελείται από περισσότερα επιμέρους τμήματα, κρίνεται σκόπιμη η διάταξη των συρμών στο δρομολόγιο, να είναι έτσι ώστε να μην επιβαρύνεται με άσκοπες καθυστερήσεις το κρίσιμο επιμέρους τμήμα, δηλαδή η εξυπηρέτηση των συρμών στο τμήμα αυτό να είναι η ιδανική.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να δημιουργηθεί ένα λογισμικό, το οποίο χρησιμοποιώντας τη γραφική μέθοδο μέσω CAD (Computer Aided Design), να ιεραρχεί γραφικά τη σειρά εισόδου των συρμών, σε τμήμα μονής γραμμής, στοχεύοντας την ελαχιστοποίηση του χρόνου κατάληψης του κρίσιμου επιμέρους τμήματος, έτσι ώστε η ικανότητα απόδοσης του επιμέρους τμήματος σε ορισμένο χρονικό διάστημα να είναι μέγιστη.

Για την εφαρμογή του λογισμικού επιλέγεται το τμήμα της γραμμής ΛΙΑΝΟΚΛΑΔΙ – ΔΟΜΟΚΟΣ μήκους 65 Km περίπου, με 8 ενδιάμεσους σταθμούς προκειμένου να ευρεθεί η καταλληλότερη διάταξη συρμών στα δρομολόγια του Ο.Σ.Ε. Στο τμήμα αυτό, παρουσιάζεται η δρομολογιακή ένταξη 8 διαφορετικών τυπικών συρμών.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟΥ ΔΙΑΔΡΟΜΟΥ

1.1 ΓΕΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΣ ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Ένα σιδηροδρομικό δίκτυο αποτελεί μία απεικόνιση όλων των υποσυστημάτων, ενός μεταφορικού συστήματος. Αυτό το μεταφορικό σύστημα χαρακτηρίζεται τόσο από τη μορφή των εγκαταστάσεών του, όσο και από τις λειτουργικές ιδιαιτερότητές του.

Η χωρητικότητα του συστήματος, σε όσο το δυνατόν πιο ευρύ επίπεδο, μπορεί να θεωρηθεί ως η δυνατότητα του φορέα να καλύψει όπως απαιτείται τις απαραίτητες υπηρεσίες μέσα σε αποδεκτά επίπεδα εξυπηρέτησης, έτσι ώστε να ανταποκριθεί στην τωρινή και στην μελλοντική ζήτηση.

Συνεπώς, και η χωρητικότητα του σιδηροδρομικού δικτύου, ανάλογα με το σκοπό της ανάλυσης, μπορεί να αναλυθεί αποκλειστικά από την άποψη των ιδιαίτερων υποσυστημάτων αυτού, όπως π.χ. οι γραμμές.

Θέματα σχετικά με την χωρητικότητα και επίπεδα εξυπηρέτησης μπορούν να αντιμετωπιστούν με την ελαχιστοποίηση σημαντικών παραγόντων, όπως είναι π.χ. οι καθυστερήσεις, με σκοπό να επιτευχθεί ένα απαιτούμενο επίπεδο εξυπηρέτησης στο δίκτυο. Στην περίπτωση των διαδικασιών μεταφοράς που αφορούν την γραμμή, στον σταθμό και στις λειτουργίες του δικτύου γενικότερα, το αντικείμενο λογικά, είναι να μειωθούν στο ελάχιστο οι τυχόν καθυστερήσεις, προσφέροντας έτσι ένα συγκεκριμένο επίπεδο εξυπηρέτησης στο δίκτυο. Προφανές είναι λοιπόν, ότι η χωρητικότητα και τα επίπεδα εξυπηρέτησης έχουν μια ορισμένη αλληλεξάρτηση.

Συμπερασματικά, βασικός παράγοντας για την ανάπτυξη και ομαλή λειτουργία του σιδηροδρομικού συστήματος, αποτελεί το μέγεθος της ικανοποιητικής και αποδοτικής συνεργασίας, μεταξύ των σταθμών. Προκύπτει συνεπώς, ότι η απόδοση του σιδηροδρομικού συστήματος θα εξαρτάται :

Από τα κατασκευαστικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των εγκαταστάσεων και από το ποσοστό εξυπηρέτησης των συρμών στους ενδιάμεσους σταθμούς και από την ικανότητα απορροφήσεως του φόρτου στους μεγάλους σταθμούς, εννοώντας δηλαδή την χωρητικότητά τους, της οποίας παράγοντες επιρροής αποτελούν τα στοιχεία υποδομής και τα οχήματα. [4]

1.2 ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ

Η ικανότητα απόδοσης των γραμμών εκφράζεται ως το πλήθος των συρμών, που μπορούν να κυκλοφορήσουν σε τμήματα γραμμής μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα :

υπό καθορισμένες λειτουργικές και τεχνικές προϋποθέσεις
υπό την τήρηση συγκεκριμένων κριτηρίων «ποιότητας» [3]

Ως **γραμμή**, γενικά ορίζεται η σύνδεση μεταξύ των σταθμών(σταθμοί κόμβοι), των οποίων η ικανότητα υποδοχής και εξυπηρέτησης συρμών είναι τόσο μεγάλη, ώστε να μην προκαλείται κανένας αντίκτυπος στις συνδεόμενες μέσω των σταθμών αυτών, διαδρομές. Οι γραμμές αποτελούνται από ένα ή περισσότερα τμήματα. [11]

Τμήμα γραμμής είναι το τμήμα μεταξύ δύο σταθμών υπέρβασης (ως επί το πλείστον μη γειτονικών) εντός του οποίου το πλήθος των συρμών καθώς και τα ποσοστά συμμετοχής των διαφόρων συρμών στο σύνολό τους, δεν αλλάζει σημαντικά (έως 10%) Ένα τμήμα γραμμής μπορεί να αποτελείται από ένα ή περισσότερα επί μέρους τμήματα.[3]

Υποτμήμα τμήματος γραμμής, είναι η σύνδεση μεταξύ δύο γειτονικών σταθμών υπέρβασης, διασταύρωσης ή διακλάδωσης (π.χ. Στύρφακα - Καρυά).

Κρίσιμο Υποτμήμα, είναι εκείνο το υποτμήμα τμήματος γραμμής στο οποίο εμφανίζεται η ελάχιστη χωρητικότητα. [19]

Τα τμήματα υπέρβασης οριοθετούνται μεταξύ θέσεως διακλάδωσης ή σταθμών υπέρβασης. Οι σταθμοί υπέρβασης πρέπει να είναι ικανοί να υποδέχονται ένα προς υπέρβαση συρμό με τυπικό μήκος. Σταθμοί των οποίων η υπέρβαση μπορεί να επιτευχθεί μόνο κατά τη διάσχιση της αντίθετης γραμμής, μπορούν να χαρακτηριστούν σαν σταθμοί υπέρβασης κάτω από διαφορετικές συνθήκες. Το

μικρότερο δυνατό τμήμα γραμμής, μπορεί να περιλαμβάνει ένα τμήμα υπέρβασης. Υποτίθεται ότι στην αρχή και στο τέλος ενός τμήματος γραμμής, υπάρχει τουλάχιστον μία δυνατότητα υπέρβασης.

Η ικανότητα απόδοσης της γραμμής εξαρτάται κατασκευαστικά:

- από τις εγκαταστάσεις των γραμμών
- από την σηματοτεχνική εγκατάσταση

Ενώ λειτουργικά από :

- τους ελάχιστους χρόνους διαδοχής συρμών
- τη μίξη των διαδοχικών συρμών
- τα χαρακτηριστικά του σιδηροδρομικού διαδρόμου (μονή, διπλή γραμμή)
- το είδος των ακολουθιών των συρμών
- το εύρος των κενών μεταξύ των δρομολογίων για την συντήρηση της γραμμής
- τη διάρκεια της νυχτερινής ανάπαυλας

Λειτουργία προς μία κατεύθυνση ανά γραμμή υφίσταται στην διπλή γραμμή ενώ στην μονή γραμμή οι συρμοί κυκλοφορούν και στις δύο κατευθύνσεις επί της ίδιας γραμμής.

Η ικανότητα της γραμμής διαχωρίζεται σε :

L : Ικανότητα γραμμής (γενικά)

L_{min} : Ελάχιστη ικανότητα γραμμής

$L_{e(Bau)}$: Μειωμένη ικανότητα λόγω συντήρησης

$L_{e(Nacht)}$: Μειωμένη ικανότητα λόγω νυχτερινής ανάπαυλας

L_{St} : Ωριαία ικανότητα γραμμής

L_{Sto} : Ωριαία ικανότητα χωρίς νεκρούς χρόνους

L_{Stc} : Ωριαία ικανότητα με σταθερούς νεκρούς χρόνους [11]

Η **ικανότητα γραμμής L** εκφράζει τον αριθμό των συρμών οι οποίοι δύνανται να διέλθουν με πλήρη ασφάλεια από μια γραμμή σε διάστημα 24 ωρών, υπό ορισμένες τεχνικές και λειτουργικές προϋποθέσεις, διατηρούμενου συγχρόνως ενός επιπέδου ποιότητας λειτουργίας. [3]

Η **ελάχιστη ικανότητα γραμμής $L_{min.}$** , απεικονίζει την ικανότητα απόδοσης κάτω από δυσμενείς λειτουργικές συνθήκες.

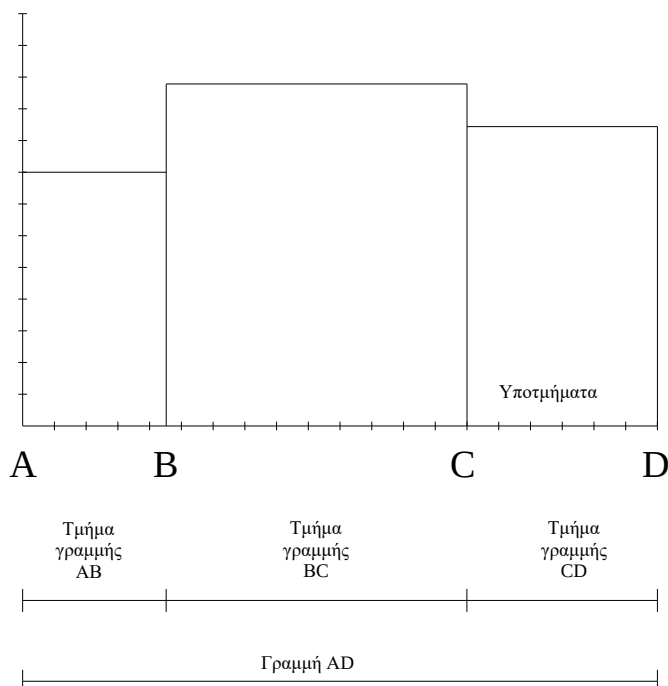
Η **περιορισμένη ικανότητα γραμμής L_e** προκύπτει από την ικανότητα απόδοσης L και λαμβάνει υπ' όψιν τα κενά των δρομολογίων για την συντήρηση των γραμμών και της νυχτερινής ανάπαυλας.

Η **ωριαία ικανότητα γραμμής L_{st}** εκφράζει τον αριθμό των συρμών που μπορούν να διέλθουν από ένα τμήμα γραμμής στην πιο επιβαρημένη ώρα με διατήρηση των συνθηκών οι οποίες ισχύουν για την ικανότητα της απόδοσης – εν γνώσει του γεγονότος ότι θα υπάρξει συσσώρευση νεκρών χρόνων γενικότερα. Κατά την σύνταξη των δρομολογίων, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στην ωριαία ικανότητα απόδοσης και κατά τις ώρες αιχμής

Η **ωριαία ικανότητα, χωρίς νεκρούς χρόνους**, εκφράζει τον αριθμό των συρμών, οι οποίοι μπορούν να διέλθουν από ένα τμήμα γραμμής στην πυκνότερη ακολουθία τους διατηρώντας την μίξη τους, μέσα σε χρονικό διάστημα μίας ώρας.

Η **ωριαία ικανότητα με σταθερούς νεκρούς χρόνους**, εκφράζει τον αριθμό των συρμών, οι οποίοι μπορούν να διέλθουν από ένα τμήμα γραμμής εντός μίας ώρας με περίπου ίσες τις ελάχιστες χρονοαποστάσεις και με σταθερούς νεκρούς χρόνους, λαμβάνοντας υπ' όψιν την ιεραρχία των συρμών, τις τυπικές καθυστερήσεις και ένα ενιαίο κριτήριο ποιότητας μέσα σε χρονικό διάστημα μίας ώρας. [3]

Η ικανότητα γραμμής υπολογίζεται για τα κρίσιμα τμήμα και εκφράζεται σε συρμούς ανά χρονική μονάδα (ανά 24 ώρες ή ανά 1 ώρα).



Σχήμα 1 :Σκαρίφημα χωρητικότητας μιας γραμμής (συρμοί / ημέρα)

1.2.1 Τύποι υπολογισμού

Ο υπολογισμός της ικανότητας γραμμής γίνεται στο κρίσιμο υπομήμα της γραμμής, δηλαδή εκεί όπου παρατηρούνται οι μεγαλύτεροι χρόνοι διαδρομής των συρμών. Στο τμήμα αυτό επίσης εμφανίζεται ο μεγαλύτερος μέσος χρόνος ακολουθίας συρμών t_{fm} .

Σημείωση : Όλοι οι υπολογισμοί αναφέρονται στο μέτωπο του συρμού.

Η ικανότητα γραμμής δίνεται από τον τύπο που ακολουθεί :

$$L = \frac{T}{t_{fm} + t_r + t_{zu}} \quad (\text{συρμοί / χρονική μονάδα})$$

όπου :

L ικανότητα γραμμής

T χρόνος στον οποίο αναφέρεται η ικανότητα γραμμής (24 ώρες ή 1 ώρα)
εκφρασμένη σε λεπτά

t_{fm} ελάχιστη χρονοαπόσταση

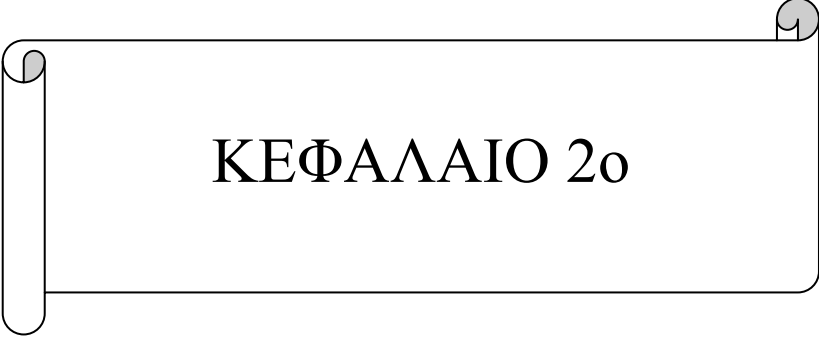
t_{zu} πρόσθετος χρόνος

1.2.2 Χρονικό διάστημα παρατήρησης T

Συνήθως η χωρητικότητα μιας γραμμής υπολογίζεται για μία ημέρα (1440 min.). Όταν όμως ενδιαφέρει ο προσδιορισμός της κατάληψης της γραμμής στις ώρες αιχμής τότε υπολογίζουμε την ωριαία χωρητικότητα.

Το μέγεθος του νεκρού χρόνου θα πρέπει να περιοριστεί, έτσι ώστε η ωριαία χωρητικότητα να είναι συγκριτικά μεγαλύτερη από αυτή που υπολογίζεται από την ημερήσια χωρητικότητα.

Στην περίπτωση όπου η μίξη των συρμών είναι έντονα μεταβαλλόμενη και όταν η γραμμή δεν χρησιμοποιείται όλο το εικοσιτετράωρο, η χωρητικότητα υπολογίζεται σε άλλη χρονική μονάδα π. χ. ανά 16h. [19]



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

ΤΜΗΜΑ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ

2.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ

Η ροή της λειτουργικότητας στο σιδηρόδρομο έγκειται στα λεπτομερή χαρακτηριστικά της λειτουργίας.. Αυτά έχουν την κοινή ιδιότητα να χρησιμοποιούν διαδρομές οι οποίες είναι καθορισμένες μέσω συγκεκριμένων σημείων. Ένα τέτοιο τμήμα διαδρομής ονομάζεται απόσταση αποκλεισμού και η χρονική διάρκεια της διάνυσης, χρόνος αποκλεισμού.

Οι χρόνοι αποκλεισμού διαχωρίζονται σε :

- i. Χρόνους αποκλεισμού για συρμούς κυρίων διαδρομών
 - Για τον υπολογισμό των ελάχιστων χρονοαποστάσεων ανοιχτής γραμμής του ελάχιστου χρόνου ακολουθιών συρμών (χρόνου αποκλεισμού ελεύθερης γραμμής)
 - Για την εξακρίβωση των χρόνων επικάλυψης των διαδρομών (Χρόνοι αποκλεισμού σε σταθμούς)
- ii. Χρόνους αποκλεισμού για διαδρομές ελιγμών
 - Για υπολογισμό των χρόνων κατάληψης των διαδρομών των ελιγμών

Τα σημεία οριοθέτησης των τμημάτων αποκλεισμού, καθορίζονται ως εξής:

Σημείο αρχής συρμών :

- Για εισερχόμενους και διερχόμενους συρμούς, η θέση του προσήματος.
- Για εξερχόμενους συρμούς η θέση στάσης στο σταθμό ή στην γραμμή αναχώρησης πριν από το κύριο σήμα.
- Για συρμούς που εκτελούν ελιγμούς, το σημείο έναρξης του ελιγμού.

Σημείο τέλους συρμών :

- Για διερχόμενους ή εξερχόμενους συρμούς η ορισθείσα θέση τέλους συρμού μετά το κύριο σήμα
- Για εισερχόμενους συρμούς,, η ορισθείσα θέση τέλους συρμού είτε το σημείο στάσης του συρμού.
- Για συρμούς που εκτελούν ελιγμούς, το τελικό σημείο του ελιγμού. [9]

(Το σημείο τέλους συρμού, υφίσταται για να ελέγχεται η ακεραιότητα του διερχόμενου συρμού.)

Μερικές έννοιες που χρησιμεύουν στο να γίνουν αντιληπτές οι έννοιες που αφορούν το τμήμα αποκλεισμού είναι :

Το σημείο ορατότητας : Το οποίο ορίζεται ως η θέση πριν από το πρόσημα από την οποία ο οδηγός του συρμού μπορεί να δει, να αντιληφθεί και να αντιδράσει στην ένδειξη του προσήματος.

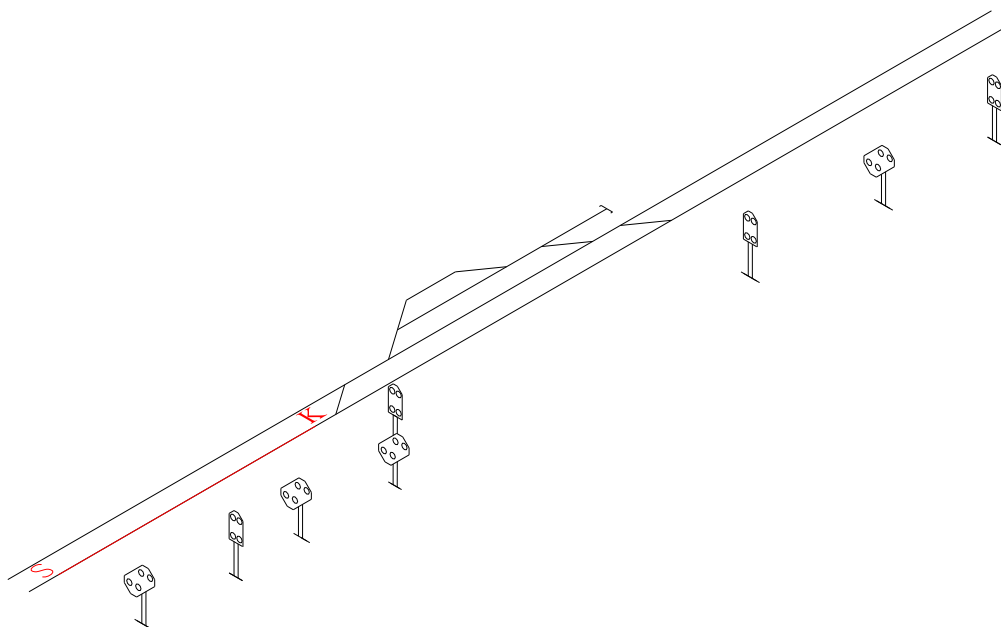
Ο χρόνος προσέγγισης του κυρίου σήματος : Ο οποίος ορίζεται ως η χρονική διάρκεια για να διανυθεί η απόσταση από το πρόσημα μέχρι το κύριο σήμα.

Ο χρόνος διάνυσης του τμήματος αποκλεισμού : Αντιπροσωπεύει την χρονική διάρκεια που απαιτείται για να διανυθεί το τμήμα αποκλεισμού.

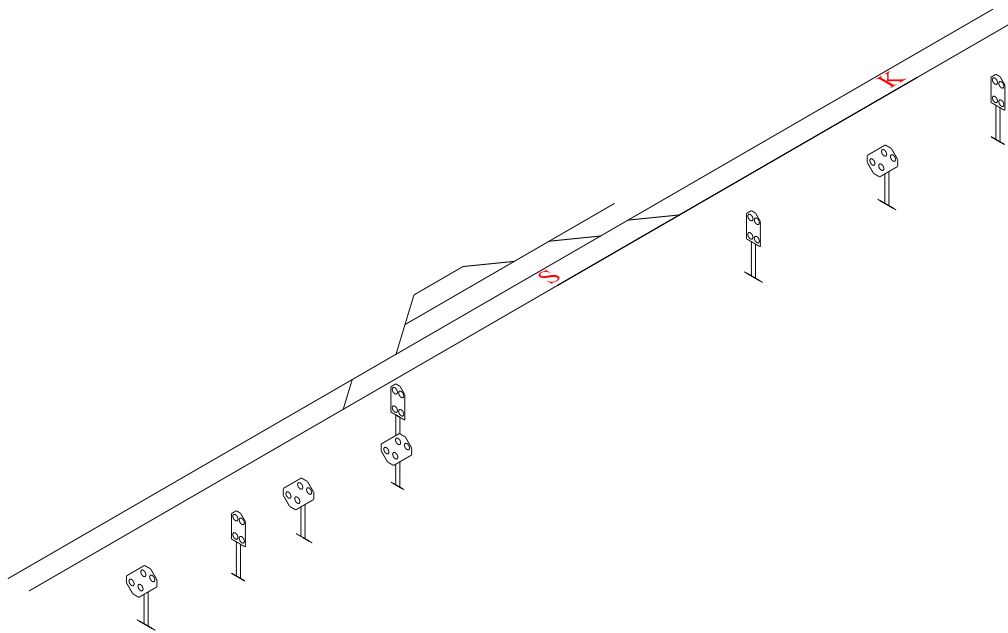
Ο χρόνος απελευθέρωσης του τμήματος αποκλεισμού : Εκφράζει το χρονικό διάστημα από τη στιγμή που η κεφαλή του συρμού διέρχεται από το κύριο σήμα μέχρι την χρονική στιγμή που το τέλος του συρμού διέρχεται από την θέση τέλους συρμού. [3]

2.2 ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ

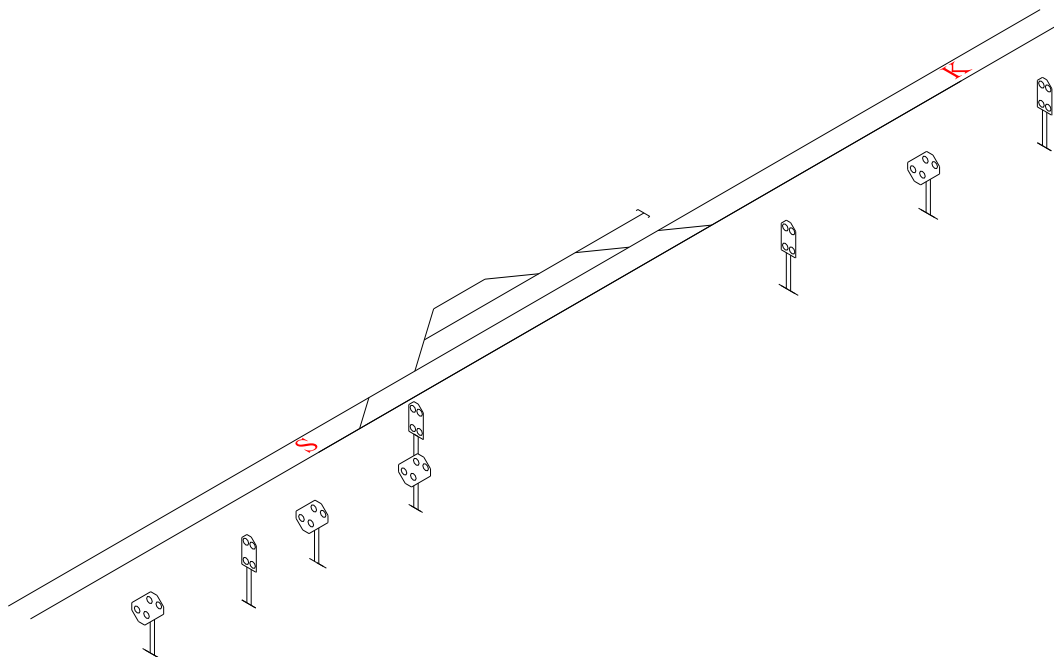
	Φωτόσημα σε ρόλο προσήματος	S	Σημείο προσήματος
	Φωτόσημα σε ρόλο κυρίου σήματος	H	Σημείο στάσεως συρμού
	Τμήμα αποκλεισμού	K	Σημείο τέλους συρμού
	Μήκος ολίσθησης	Z	Σημείο τέλους συρμού (ενδιάμεσο)

2.2.1 ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ

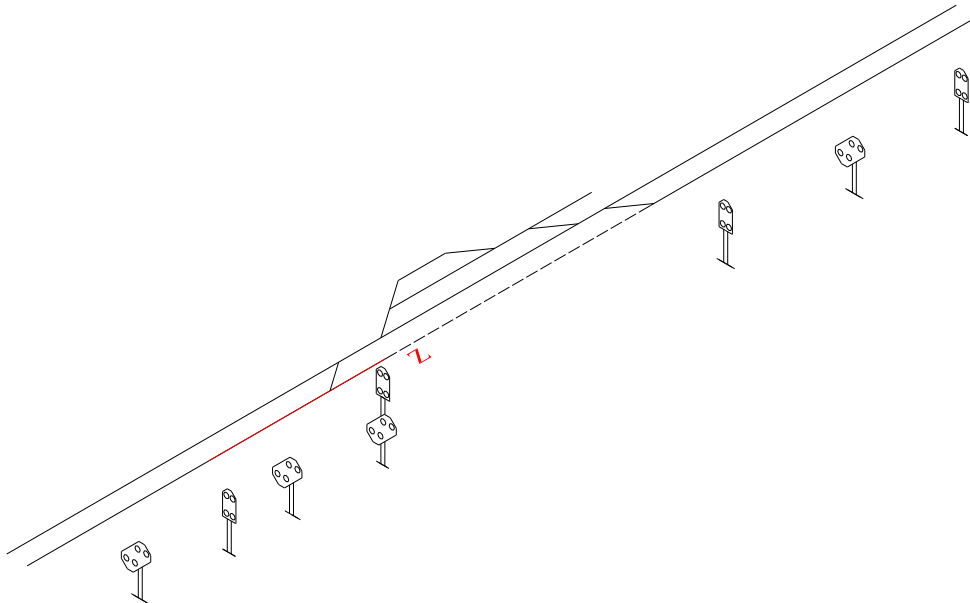
Εισερχόμενος συρμός



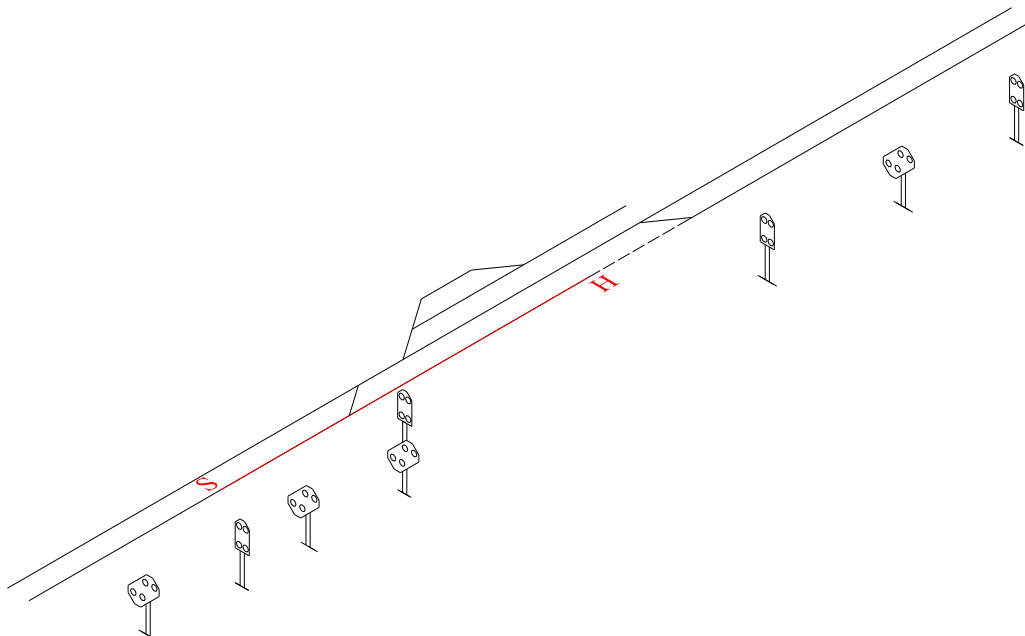
Εξερχόμενος συρμός



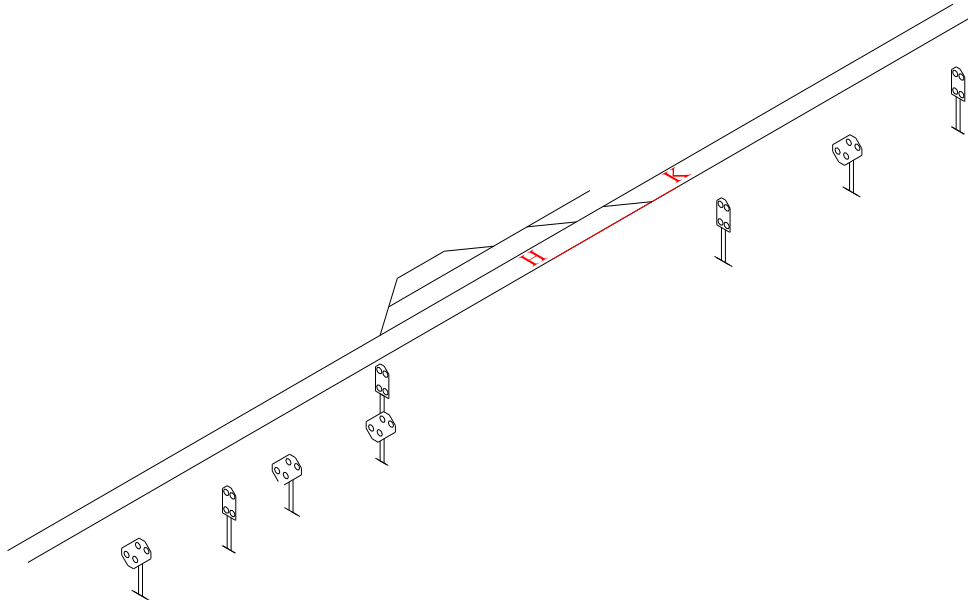
Διερχόμενος συρμός

2.2.2 ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ ΣΤΑΘΜΩΝ

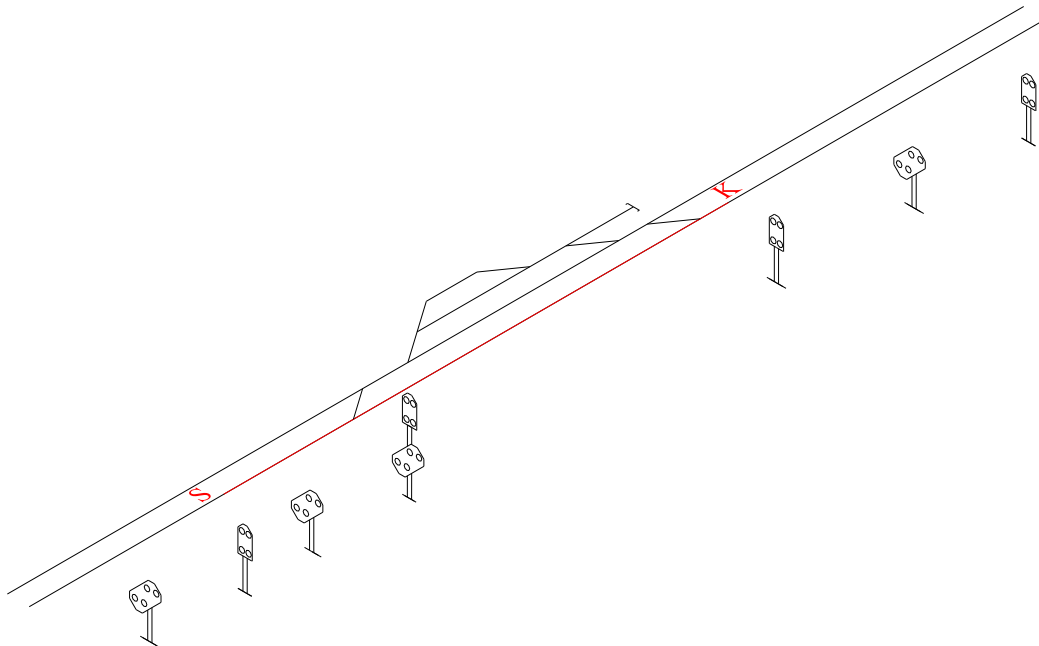
Εισερχόμενος συρμός (Απελευθέρωση διαδρομής στο Z)



Εισερχόμενος συρμός (Απελευθέρωση διαδρομής στο H)

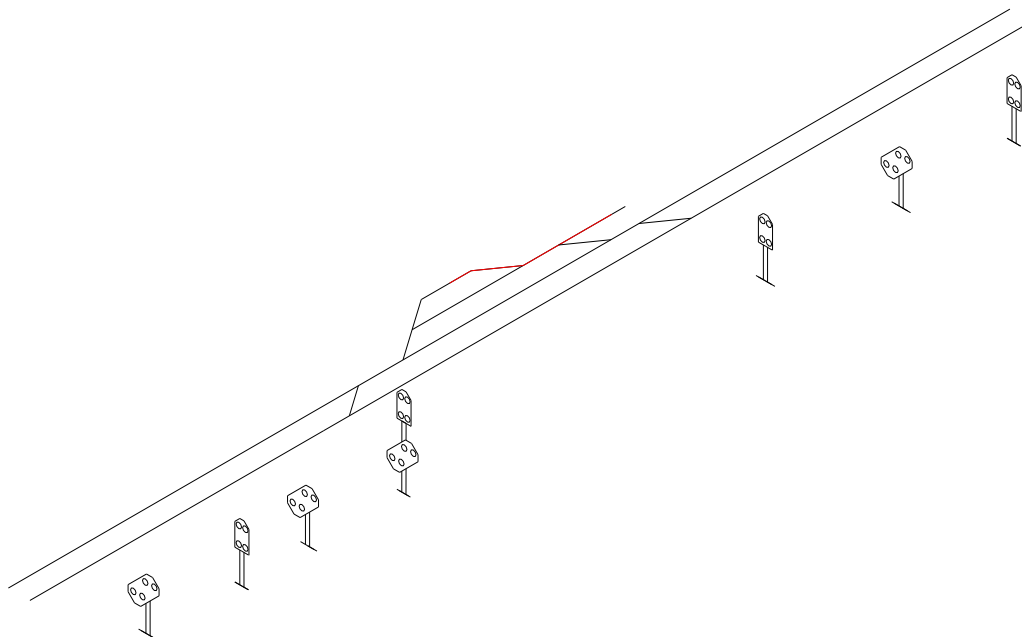


Εξερχόμενος συρμός



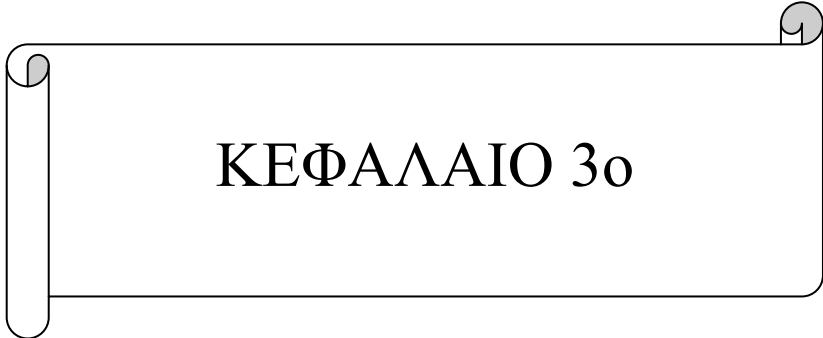
Διερχόμενος συρμός

2.2.3 ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟΚΛΕΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΕΛΙΓΜΩΝ



Διαδρομή ελιγμού σε αλλαγή γραμμής

[9]



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

ΕΛΑΧΙΣΤΟΙ ΧΡΟΝΟΙ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΣΥΡΜΩΝ

Τη βάση για τον υπολογισμό των ελάχιστων χρόνων διαδοχής συρμών, θέτουν οι χρόνοι αποκλεισμού, όπου οι συρμοί με παρόμοια χαρακτηριστικά κατατάσσονται σε ομάδες συρμών και αντιπροσωπευτικούς συρμούς.

Μέσος χρόνος ακολουθίας συρμών t_{fm}

Χρόνος ακολουθίας συρμών t_f ορίζεται ως η ελάχιστη απαιτούμενη χρονική απόσταση στην οποία ένας συρμός μπορεί να ακολουθεί τον αμέσως προηγούμενό του.

Μέσος χρόνος ακολουθίας συρμών t_{fm} ορίζεται ως ο μέσος όρος των χρόνων t_f των συρμών.

Για τον υπολογισμό των περιπτώσεων ακολουθίας συρμών εφαρμόζονται δύο μέθοδοι. Η πρώτη βασίζεται σε υφιστάμενο δρομολόγιο και η δεύτερη είναι σε υποθετικό δρομολόγιο.

3.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ

ΚΙΝΗΣΗΣ

Ο τύπος υπολογισμού του μέσου χρόνου ακολουθίας συρμών δίνεται στη συνέχεια για δύο περιπτώσεις :

- σε διπλή γραμμή :

$$t_{fm} = \frac{\sum (n_{ij} t_{fij})}{\sum n_{ij}} \text{ (λεπτά / συρμό)}$$

όπου,

n_{ij} το πλήθος των ακολουθιών i, j

t_{fij} ο μέσος χρόνος ακολουθίας συρμών μεταξύ δύο κλάσεων

- σε μονή γραμμή :

$$t_{fm} = \frac{\sum (n_{ij(aa)} \cdot t_{fij(aa)}) + \sum (n_{ij(ab)} \cdot t_{fij(ab)}) + \sum (n_{ij(bb)} \cdot t_{fij(bb)})}{\sum n_{ij}} + \frac{\sum (n_{ij(ba)} \cdot t_{fij(ba)})}{\sum n_{ij}} \text{ (λεπτά / συρμό)}$$

όπου,

n_{ij} το πλήθος των ακολουθιών i, j

t_{fij} ο μέσος χρόνος ακολουθίας συρμών μεταξύ δύο κλάσεων

Για τον υπολογισμό χωρίς τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή, η U.I.C. συνιστά τη δημιουργία δύο έως τεσσάρων χρονικών κλάσεων.

3.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΣΥΡΜΩΝ

Με στόχο την απλοποίηση της μεθόδου θεωρούμε ότι συρμοί με ίσους χρόνους διαδρομής αποτελούν μία χρονική κλάση. Έχουμε τη δυνατότητα να δημιουργήσουμε από δύο έως τέσσερις χρονικές κλάσεις. Έχοντας υπόψη μας το δρομολόγιο μορφοποιούμε τις περιπτώσεις ακολουθίας και τις παραθέτουμε σε πίνακα.

- σε διπλή γραμμή :

Ο πίνακας 1 δίνει ένα παράδειγμα των περιπτώσεων ακολουθίας των συρμών μονής γραμμής με τρεις χρονικές κλάσεις.

		Επόμενος συρμός		
		1	2	3
Προηγούμενος συρμός	1	n_{11}	n_{21}	n_{13}
	2	n_{21}	n_{22}	n_{23}
	3	n_{31}	n_{23}	n_{33}

Πίνακας 1 : Περιπτώσεις ακολουθίας συρμών σε διπλή γραμμή

όπου,

n_{ij} το πλήθος των ακολουθιών i, j
 i χρονική κλάση προπορευόμενου συρμού
 j χρονική κλάση επόμενου συρμού

- σε μονή γραμμή :

Σε αυτόν τον τύπο λειτουργίας της γραμμής δημιουργούνται τέσσερις διαφορετικές περιπτώσεις ακολουθίας συρμών.

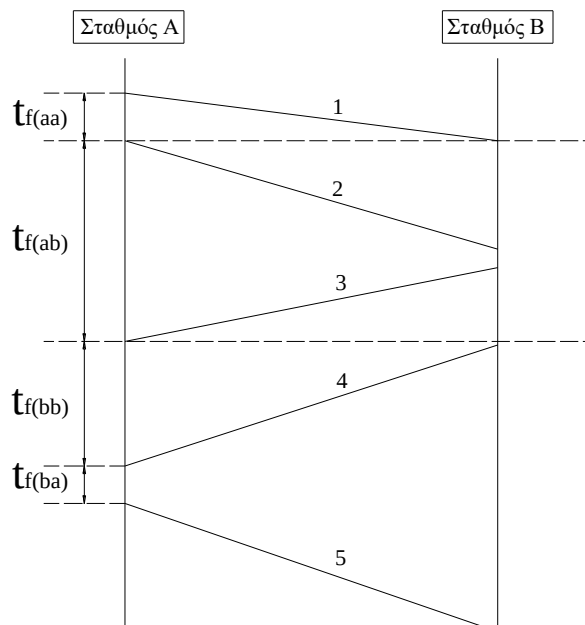
Ο πίνακας 2 δίνει ένα παράδειγμα των περιπτώσεων ακολουθίας συρμών γραμμής αμφίδρομης κίνησης με τρεις χρονικές κλάσεις. Οι χρονικές κλάσεις που παίρνουν πρόσημο "+" έχουν κατεύθυνση ΑΒ ενώ αυτές που παίρνουν πρόσημο "-" έχουν κατεύθυνση ΒΑ.

n_{+3-3}	n_{+3-2}	n_{+3-1}	Προηγούμενος συρμός i	+3	n_{+3+1}	n_{+3+2}	n_{+3+3}
n_{+2-3}	n_{+2-2}	n_{+2-1}		+2	n_{+2+1}	n_{+2+2}	n_{+2+3}
n_{+1-3}	n_{+1-2}	n_{+1-1}		+1	n_{+1+1}	n_{+1+2}	n_{+1+3}
Επόμενος συρμός j -3 -2 -1				Επόμενος συρμός j +1 +2 +3			
n_{-1-3}	n_{-1-2}	n_{-1-1}	Προηγούμενος συρμός i	-1	n_{-1+1}	n_{-1+2}	n_{-1+3}
n_{-2-3}	n_{-2-2}	n_{-2-1}		-2	n_{-2+1}	n_{-2+2}	n_{-2+3}
n_{-3-3}	n_{-3-2}	n_{-3-1}		-3	n_{-3+1}	n_{-3+2}	n_{-3+3}

Πίνακας 2 : Πίνακας περιπτώσεων ακολουθίας συρμών αμφίδρομης κίνησης

όπου,

n_{ij}	το πλήθος των ακολουθιών i, j
i	χρονική κλάση προηγούμενου συρμού
j	χρονική κλάση επόμενου συρμού



t_f : Ελάχιστος χρόνος ακολουθίας συρμών στο σταθμό A

Σχήμα 2 : Σχήμα ελάχιστων χρόνων ακολουθίας συρμών στο σταθμό A

[19]

3.3 ΕΛΑΧΙΣΤΟΙ ΧΡΟΝΟΙ ΔΙΑΔΟΧΗΣ ΣΥΡΜΩΝ ΣΕ ΜΟΝΗ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ

Ο ελάχιστος χρόνος διαδοχής συρμών σε μονή κατεύθυνση, είναι το χρονικό διάστημα από την αρχή του πρώτου χρόνου αποκλεισμού του ηγούμενου συρμού, μέχρι την αρχή του πρώτου χρόνου αποκλεισμού του ακολουθούμενου συρμού. Αν γίνει αλλαγή της σειράς των συρμών, εντός του τμήματος αποκλεισμού, αλλάζει ο τρόπος αντιμετώπισης της «κατευθυντήριας λειτουργικότητας» .

Αυτό καθορίζει τα εξής :

- οι επιβατικοί συρμοί μπορούν να υπερβαίνουν μόνο σε καθορισμένες στάσεις
- οι γρήγοροι εμπορευματικοί συρμοί, δεν μπορούν να υπερβαίνουν στο ενδιάμεσο των τμημάτων αποκλεισμού
- οι αργοί εμπορευματικοί συρμοί μπορούν να υπερβαίνουν μόνο σε σταθμούς υπέρβασης,

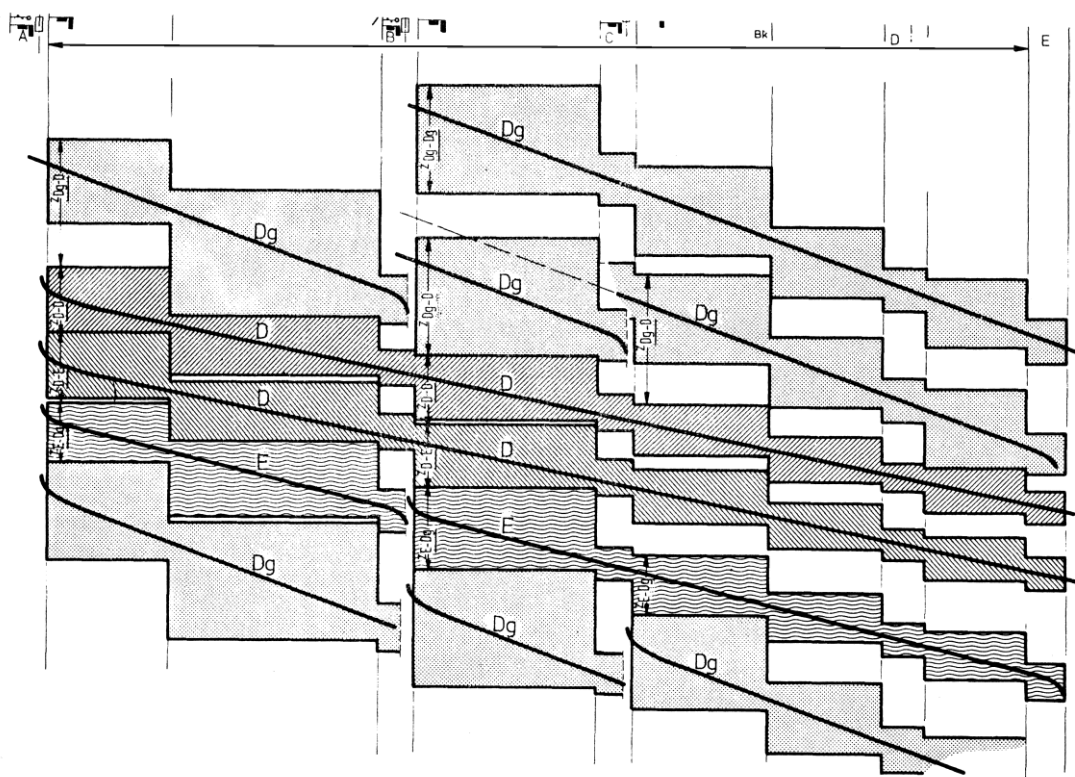
Ένα τμήμα αποκλεισμού αποτελείται από πολλά τμήματα υπέρβασης και έτσι μεταβάλλεται η σειρά των συρμών στα μέσα του τμήματος αποκλεισμού, σαν συνέπεια αυτού, το μέγεθος του χρόνου διαδοχής συρμών ποικίλει. [9]

Οι ελάχιστοι χρόνοι διαδοχής συρμών μπορούν να προσεγγιστούν γραφικά ή υπολογιστικά και με τη βοήθεια ηλεκτρονικών υπολογιστών.

- Γραφική προσέγγιση :

Στην γραφική προσέγγιση, κατασκευάζεται για κάθε ομάδα συρμών ένα χρονικό «σκαλοπάτι» αποκλεισμού.

Τα «σκαλοπάτια» των χρόνων αποκλεισμού, κάθε ξεχωριστής ομάδας συρμών, εκτείνονται μέχρι την συνάντησή τους και μπορούν να μετατοπιστούν ακόμα και εκτός του τμήματος γραμμής. Ο ελάχιστος χρόνος διαδοχής ορίζεται τότε, από την αρχή του τμήματος γραμμής, σαν το σημείο της αρχής του πρώτου χρόνου αποκλεισμού του προηγούμενου συρμού, μέχρι την αρχή του πρώτου χρόνου αποκλεισμού που απελευθερώνει ο άμεσα ακολουθούμενος συρμός.



Σχήμα 3 : Ελάχιστες χρονοαποστάσεις μεταξύ συρμών

- Υπολογιστική προσέγγιση :

Στην υπολογιστική προσέγγιση, υπολογίζονται οι χρόνοι διαδοχής των συρμών από τη διαφορά z_{ijk} ενός «σκαλοπατιού» του χρόνου αποκλεισμού για κάθε περίπτωση ακολουθίας συρμών μέσω της παρακάτω σχέσης :

$$z_{ijk} = Fb_{i1} + Af_{i1} + \sum_{x=1}^k Fz_{ix} + Rf_{ik} + Fa_{ik} + Fb_{jk} + Af_{jk} - \sum_{x=1}^{k-1} Fz_{jx} - Fb_{j1} - Af_{j1}$$

όπου,

z_{ijk} η διαφορά των « σκαλοπατιών» του χρόνου αποκλεισμού ανάμεσα στον ηγούμενο συρμό i και στον άρρηκτα ακολουθούμενο συρμό j , η αναφερόμενη στο k -ιοστό τμήμα διαδοχής συρμού του τμήματος γραμμής/υπέρβασης

Fb_{i1} ο χρόνος διαμόρφωσης της διαδρομής για τον συρμό i στο πρώτο τμήμα ακολουθίας συρμών

Af_{i1} ο χρόνος προσέγγισης του συρμού i αναφερόμενος στο πρώτο τμήμα ακολουθίας συρμών

$\sum_{x=1}^k Fz_{ix}$ ο καθαρός χρόνος διαδρομής του συρμού i από την αρχή του τμήματος γραμμής/υπέρβασης μέχρι το πέρας του k -ιοστού τμήματος διαδοχής

Rf_i ο χρόνος εκκένωσης από το k -ιοστό τμήμα ακολουθίας συρμού του συρμού i

Fa_{ik} ο χρόνος απελευθέρωσης της διαδρομής για το συρμό i στο k -ιοστό τμήμα ακολουθίας συρμού

Fb_{jk} ο χρόνος διαμόρφωσης διαδρομής για το συρμό j στο k -ιοστό τμήμα ακολουθίας συρμού

Af_{jk} ο χρόνος προσέγγισης του συρμού j που αναφέρεται στο k -ιοστό τμήμα ακολουθίας συρμού

$\sum_{x=1}^{k-1} Fz_{jx}$ ο καθαρός χρόνος διαδρομής του συρμού j από την αρχή του τμήματος γραμμής/υπέρβασης μέχρι το πέρας του $(k-1)$ τμήματος ακολουθίας συρμών

Fb_{j1} ο χρόνος διαμόρφωσης διαδρομής για το συρμό j στο πρώτο τμήμα διαδοχής

Af_{ji} ο χρόνος προσέγγισης του συρμού j στο πρώτο τμήμα διαδοχής

Ο μεγαλύτερος θετικός όρος z_{ijk} είναι ο ελάχιστος χρόνος διαδοχής για την περίπτωση της διαδοχής συρμών $i-j$ στην περίπτωση του εξεταζόμενου τμήματος γραμμής / υπέρβασης. [9]

Σε μία διαφορετική θεώρηση, η U.I.C., αντιμετωπίζει τον υπολογισμό του μέσου χρόνου ακολουθίας συρμών σε μονόδρομη κίνηση ως εξής :

Για τον υπολογισμό του t_{fi} ορίζουμε τους χρόνους διαδρομής t_i καθώς και τα μήκη των συρμών l_z , που κυκλοφορούν στο κρίσιμο υπομήμα. Οι χρόνοι παραμονής των συρμών στους σταθμούς βάσει δρομολογίου εμπεριέχονται στους χρόνους διαδρομής.

Στην περίπτωση γραμμής μιας κατεύθυνσης (πίνακας σχήμα 1.2) λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθοι χρονικοί παράμετροι, για τον υπολογισμό του χρόνου t_f :

- ο Χρόνος ορατότητας του προσήματος (του κυρίου σήματος εισόδου) έως τη χιλιομετρική θέση της αποβάθρας του σταθμού (t_{1s})
- ο Χρόνος από τη χιλιομετρική θέση της αποβάθρας του πρώτου σταθμού μέχρι την χιλιομετρική θέση της αποβάθρας του επόμενου σταθμού (t_1)

- Χρόνος από το σήμα αποκλεισμού μέχρι την κεφαλή του συρμού (t_{1R})
- Χρόνος αποκατάστασης των σημάτων και αλλαγών της γραμμής μετά τη διέλευση ενός συρμού (t_b)
- Χρόνος αντίδρασης του οδηγού στην περίπτωση στάθμευσης του συρμού (t_{fi})

Για υπομήμη γραμμής AC χωρίς ενδιάμεσα σήματα αποκλεισμού ισχύει ο ακόλουθος τύπος υπολογισμού του χρόνου t_f :

Όταν ο επόμενος συρμός σταθμεύει στο σταθμό A, ισχύει ο τύπος :

$$t_f = t_{11(AC)} + t_b + t_a \text{ (min.)}$$

Όταν ο επόμενος συρμός διέρχεται από το σταθμό A, ισχύει ο τύπος :

$$t_f = t_{11(AC)} + t_b + t_{1S2(A)} \text{ (min.)}$$

Για ένα υπομήμη γραμμής με ενδιάμεσα σήματα αποκλεισμού πρέπει να υπολογιστούν οι μέσοι χρόνοι ακολουθίας στο σταθμό A λαμβάνοντας υπόψη και το επιπλέον τμήμα αποκλεισμού. Το μέγεθος του μέσου χρόνου ακολουθίας υπολογίζεται ως εξής :

- Ο μέσος χρόνος ακολουθίας αναφέρεται στο σήμα εισόδου του σταθμού A

Όταν ο επόμενος συρμός σταθμεύει στον σταθμό A, ισχύει ο τύπος:

$$t_f = t_{11(AB)} + t_{1R1(B)} + t_b + t_a \text{ (min.)}$$

Όταν ο επόμενος συρμός διέρχεται από το σταθμό A, ισχύει ο τύπος :

$$t_f = t_{11(AB)} + t_{1R1(B)} + t_b + t_{1S2(A)} \text{ (min.)}$$

- Ο μέσος χρόνος ακολουθίας αναφέρεται στο σήμα αποκλεισμού της θέσης B

$$t_f = t_{11(AC)} + t_b - (t_{12(AB)} - t_{1s2(B)}) \text{ (min.)}$$

όπου t_1 ο χρόνος διαδρομής στο υποτμήμα

Ο χρόνος διαδρομής από το σταθμό A μέχρι τη θέση B υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο, έχοντας σαν δεδομένο το χρόνο διαδρομής από τα σταθμό A , στο σταθμό C και τα αντίστοιχα μήκη (AB) , (AC) :

$$t_{1(AB)} = \frac{t_{1(AC)} \cdot l_{(AB)}}{l_{(AC)}} \text{ (min.)}$$

Για περισσότερα από δύο τμήματα αποκλεισμού σε ένα υποτμήμα υπολογίζονται οι μέσοι χρόνοι ακολουθίας για τον σταθμό A χρησιμοποιώντας ανάλογους τύπους. Αναλύοντας περισσότερο τους παραπάνω χρόνους, προκύπτει :

3.3.1 Χρόνος από το σημείο ορατότητας μέχρι τη θέση του σταθμού (t_{1s})

Σε περίπτωση διέλευσης συρμού από σταθμό ή από σήμα αποκλεισμού βάσει δρομολογίου, πρέπει να εξασφαλιστεί ότι όταν ο συρμός βρίσκεται στο σημείο ορατότητας του προσήματος, το πρόσημα πρέπει να δείχνει ελεύθερη πορεία, ώστε ο οδηγός να μην αναστείλει τη διέλευση του συρμού.

Απόσταση l_s είναι, η απόσταση από το σημείο ορατότητας του προσήματος μέχρι τη θέση του σταθμού.

Η απόσταση l_s αποτελείται από δύο διαστήματα :

- Το διάστημα από το σημείο ορατότητας μέχρι το πρόσημα του κύριου σήματος εισόδου

Για συρμούς με $V < 80 \text{ Km/h}$: 200 m

Για συρμούς με $V > 80 \text{ Km/h}$: 500 m

- Το διάστημα από το πρόσημα μέχρι τη θέση του σταθμού.

Ο χρόνος από το σημείο ορατότητας μέχρι τη θέση σταθμού ή τη θέση σήματος αποκλεισμού υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τις διάφορες χρονικές κλάσεις.

3.3.2 Χρόνος για τη διάνυση του τμήματος ολίσθησης (t_{1R})

Για λόγους ασφαλείας ο συρμός πρέπει να διανύσει κάποια απόσταση μετά το κύριο σήμα αποκλεισμού που βρίσκεται στο τέλος του τμήματος αποκλεισμού, ώστε το σήμα που βρίσκεται στην αρχή του τμήματος να δείξει ελεύθερη πορεία.

Το τμήμα ολίσθησης αποτελείται από τα παρακάτω δύο μέρη:

1. Απόσταση ασφαλείας μετά το σήμα αποκλεισμού. Ο χρόνος διάνυσης αυτής της απόστασης περιλαμβάνει και τον χρόνο αποκατάστασης της γραμμής.
2. Μήκος συρμού.

Επειδή όλοι οι υπολογισμοί γίνονται ως προς την κεφαλή του συρμού, πρέπει τα μήκος του συρμού να λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό της απόστασης ασφαλείας.

- Συρμοί με $V < 80 \text{ Km/h}$: 700 m
- Συρμοί με $V > 80 \text{ Km/h}$: 400 m

Οι χρόνοι διαδρομής t_{1R} υπολογίζονται στο τμήμα ασφαλείας λαμβάνοντας υπόψη τις χρονικές κλάσεις.

3.3.3 Χρόνος αποκατάστασης της γραμμής t_b

Είναι ο χρόνος που απαιτείται για την ακύρωση προηγούμενης διάταξης της γραμμής (επαναφορά των σημάτων και των αλλαγών στην αρχική τους ένδειξη και θέση) και τον σχηματισμό νέας. Οι χρόνοι αυτοί υπολογίζονται από άμεσες παρατηρήσεις σιδηροδρομικών δικτύων διαφόρων χωρών. Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται ορισμένοι τέτοιοι χρόνοι για διάφορα συστήματα.

	Μηχανικό σύστημα	Ηλεκτρονικό σύστημα	Γεωγραφικό σύστημα
Μεγάλος σταθμός	1.5 min.	1.0 min.	0.3 min.
Μικρός σταθμός	1.0 min	0.5 min.	0.0 min.
Θέση σημάτων αποκλεισμού	0.5 min.	-	-

Πίνακας 3 : Χρόνοι t_b για διάφορα συστήματα

3.3.4 Χρόνος αντίδρασης του οδηγού t_a

Όταν ένας συρμός σταθμεύει σε σταθμό, λαμβάνεται υπόψη και ο χρόνος που απαιτείται από τη στιγμή που το κύριο σήμα αναχώρησης δείξει ελεύθερη πορεία, μέχρι ο οδηγός να ενεργήσει ώστε να αναχωρήσει ο συρμός.

Αυτός ο χρόνος προκύπτει έμμεσα από παρατηρήσεις 0,4 min.

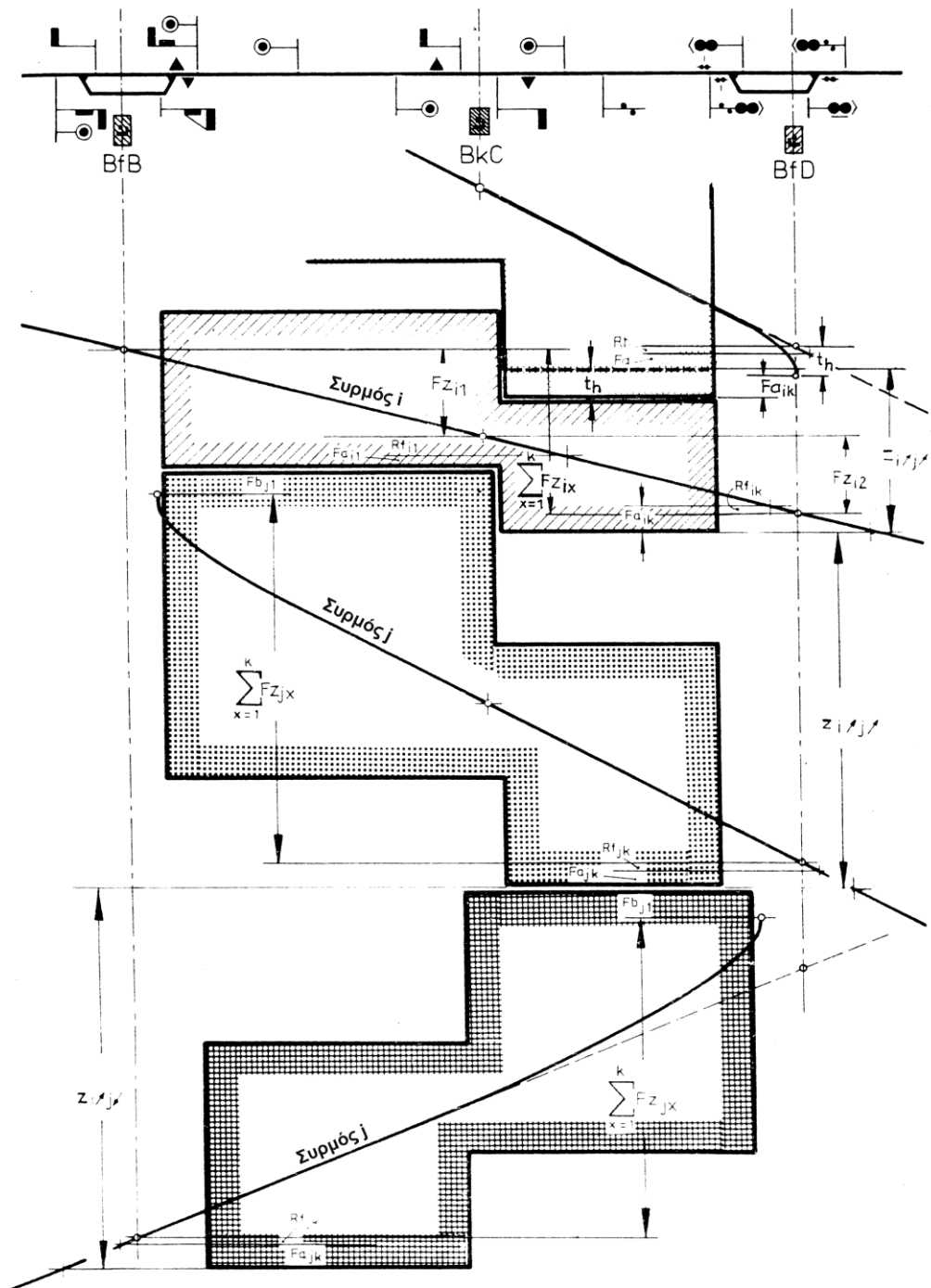
3.4 ΕΛΑΧΙΣΤΟΙ ΧΡΟΝΟΙ ΔΙΑΔΟΧΗΣ ΣΥΡΜΩΝ ΣΕ ΜΟΝΗ ΓΡΑΜΜΗ

Στη λειτουργία διπλής κατεύθυνσης, σε μονή γραμμή, χρησιμοποιούνται οι ελάχιστοι χρόνοι διαδοχής συρμών σε τμήματα γραμμής. Τα τμήματα γραμμής αποτελούνται στις μονές γραμμές με λειτουργία διπλής κατεύθυνσης από ένα ή περισσότερα τμήματα διασταυρώσεων .

Τα τμήματα διασταυρώσεων οριοθετούνται μεταξύ των σταθμών, στα οποία, οι καθορισμένοι τύποι συρμών μπορούν να διασταυρωθούν και να υπερβαίνουν. Οι ακολουθίες των συρμών, καθορίζονται μέσω της ακολουθίας ίδιων ή διαφορετικών ομάδων, λαμβάνοντας υπ' όψιν τα χαρακτηριστικά της κατεύθυνσής τους. Η κατεύθυνση των συρμών συμβολίζεται με ένα βέλος, που τοποθετείται δίπλα στη μίξη των συρμών στην αυξανόμενη ή μειούμενη χιλιομέτρηση της γραμμής, π.χ. $E \uparrow$ - $E \downarrow$, όπου έχω $E = (\text{κανονική κατεύθυνση}) - E = (\text{αντίθετη κατεύθυνση})$.

Οι ελάχιστοι χρόνοι διαδοχής συρμών σε κυκλοφορία διπλής κατεύθυνσης, υφίσταται μόνο για αυτά τα τμήματα διασταύρωσης, ενός τμήματος γραμμής, στα οποία ο συνολικός χρόνος κίνησης των συρμών γίνεται μέγιστος.

Επίσης, από την λειτουργία διπλής κατεύθυνσης, εξαρτώνται οι λειτουργικές διατάξεις των διασταυρώσεων. Ο ελάχιστον χρόνος διαδοχής συρμών, ορίζεται ως το χρονικό διάστημα από το τέλος του γραμμής του ηγούμενου συρμού, μέχρι το πέρας του χρόνου αποκλεισμού του άρρηκτα ακολουθούμενου συρμού.



Σχήμα 4 : Απεικόνιση του υπολογισμού των ελάχιστων χρόνων αποστάσεων

Σε όλες τις περιπτώσεις ακολουθιών συρμών με διασταύρωση, γίνεται παρέκκλιση από το κανονικό δρομολόγιο, αφού ένας ίδιας ή υψηλότερης τάξης συρμός σταματά σε σταθμό διασταύρωσης, ακόμα και όταν δεν έχει προβλεφθεί καμία στάση.

Σε μία περίπτωση διαδοχής συρμών με υπέρβαση, στον ελάχιστο χρόνο ακολουθίας συρμών, συνυπολογίζεται και ο χρόνος πέδησης του υπερβαινόμενου συρμού, σε περίπτωση που δεν συμπεριλαμβάνεται στο χρόνο διαδρομής.

Όταν ο σταθμός διασταύρωσης στο τέλος του διασταυρούμενου τμήματος, αποτελείται από μια γραμμή διασταύρωσης, ανάμεσα στο 50% των περιπτώσεων, ότι αυτή τη γραμμή, είναι ήδη κατειλημμένη από ένα διασταυρούμενο συρμό. Ο βραδύς συρμός πρέπει σε αυτό το 50% των περιπτώσεων ακολουθίας συρμών να προσπεραστεί μέχρι τον επόμενο σταθμό διασταύρωσης.

Οι ελάχιστοι χρόνοι διαδοχής συρμών μπορούν να προσεγγιστούν γραφικά, υπολογιστικά και με τη βοήθεια ηλεκτρονικών υπολογιστών.

- Γραφική προσέγγιση

Στην γραφική προσέγγιση, κατασκευάζεται για κάθε ομάδα συρμών, ένα χρονικό «σκαλοπάτι» αποκλεισμού για το δεδομένο τμήμα διασταύρωσης. Τα «σκαλοπάτια» αυτά, των ομάδων συρμών, ξεχωριστά για την κάθε μία, μετακινούνται το ένα σε σχέση με το άλλο μέχρι το σημείο επαφής τους. Ο ελάχιστον χρόνος διαδοχής είναι το τέλος του διασταυρούμενου τμήματος, αναφερόμενος, στην κατεύθυνση του ακολουθούμενου συρμού, σαν το χρονικό σημείο από το τέλος του τελευταίου χρόνου αποκλεισμού του άρρηκτα ακολουθούμενου συρμού.

Αν ο σταθμός διασταύρωσης περιλαμβάνει στο τέλος διάφορων τμήμα των διασταύρωσης μόνο μία γραμμή, κατασκευάζονται τα «σκαλοπάτια» μέχρι τον επόμενο σταθμό διασταύρωσης έτσι ώστε να μπορεί να κατανοηθεί η μεταφορά των υπερβάσεων από έναν κατειλημμένο σταθμό διασταύρωσης στον επόμενο, πάντα με τον ελάχιστο χρόνο διαδοχής συρμών.

- Υπολογιστική προσέγγιση

Για την υπολογιστική προσέγγιση, των ελαχίστων χρόνων διαδοχής συρμών, σε συγκεκριμένο τμήμα διασταύρωσης ισχύει η σχέση :

$$z_{ijk} = Fb_{j1} + Af_{j1} + b \sum_{x=1}^k Fz_{jx} + Rf_{jk} + Fa_{jk} + Rf_{i1} + Fa_{i1} + Fz_{i1} - b \sum_{x=1}^{k-1} Fz_{ix} - Rf_{ik} - Fa_{ik}$$

όπου,

z_{ijk} η διαφορά των « σκαλοπατιών» του χρόνου αποκλεισμού ανάμεσα στον ηγούμενο συρμό i και στον άρρηκτα ακολουθούμενο συρμό j , η αναφερόμενη στο k -ιοστό τμήμα διαδοχής συρμού

Fb_{j1} ο χρόνος διαμόρφωσης της διαδρομής για τον συρμό j στο πρώτο τμήμα ακολουθίας συρμών

Af_{j1} ο χρόνος προσέγγισης του συρμού j αναφερόμενος στο πρώτο τμήμα ακολουθίας συρμών· στην άφιξη ισχύει $Af_{j1}=0$.

b ο διορθωτικός παράγοντας, λαμβάνοντας υπ' όψιν την δυνατότητα υπέρβασης – σε περιπτώσεις ακολουθιών συρμών με υπέρβαση σε σταθμούς διασταύρωσης ισχύει $b=1.5$, σε περιπτώσεις ακολουθίας συρμών χωρίς διασταύρωση ή χωρίς υπέρβαση είτε με υπέρβαση σε έναν σταθμό διασταύρωσης με περισσότερες από μία γραμμές ισχύει $b=1,0$.

$\sum_{x=1}^k Fz_{jx}$ ο καθαρός χρόνος διαδρομής του συρμού j από την αρχή του τμήματος διασταύρωσης μέχρι το k -ιοστό τμήμα διαδοχής

Rf_{jk} ο χρόνος εκκένωσης από το k -ιοστό τμήμα ακολουθίας συρμού του συρμού j

Fa_{jk} ο χρόνος απελευθέρωσης διαδρομής για το συρμό j στο k -ιοστό τμήμα ακολουθίας συρμών.

Rf_{i1} ο χρόνος απελευθέρωσης της διαδρομής για το συρμό j στο πρώτο τμήμα ακολουθίας συρμού

Fa_{i1} ο χρόνος απελευθέρωσης διαδρομής για το συρμό i στο k -ιοστό τμήμα ακολουθίας συρμού

Fz_{i1} ο καθαρός χρόνος διαδρομής του συρμού i που αναφέρεται στο πρώτο τμήμα ακολουθίας συρμού

$\sum_{x=1}^{k-1} Fz_{ix}$ ο καθαρός χρόνος διαδρομής του συρμού i από την αρχή του τμήματος διασταύρωσης μέχρι το πέρας του $(k-1)$ τμήματος ακολουθίας συρμών

Rf_{ik} ο χρόνος διαμόρφωσης διαδρομής για το συρμό i στο k -ιοστό τμήμα διαδοχής συρμών.

Fa_{ik} ο χρόνος απελευθέρωσης διαδρομής του συρμού i στο k -ιοστό τμήμα διαδοχής

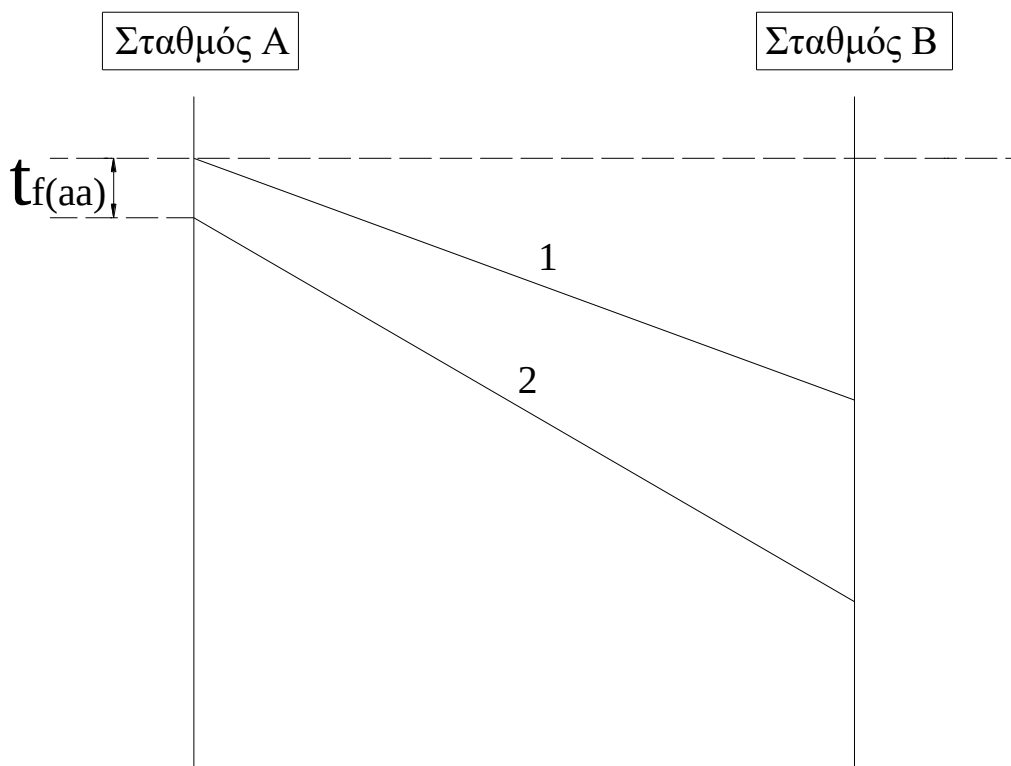
Ο μεγαλύτερος θετικός παράγοντας z_{ijk} , είναι ο κύριος ελάχιστος χρόνος ακολουθίας συρμών στο εξεταζόμενο τμήμα διασταύρωσης και με αυτό καθοριστικό για το τμήμα γραμμής.

Σε περιπτώσεις ακολουθίας συρμών με διασταύρωση, για το συρμό i τίθεται ο όρος $k=1$. Έτσι, μηδενίζεται το δεύτερο μέλος, και τότε το τμήμα διασταύρωσης αποτελείται μόνο από ένα τμήμα ακολουθίας συρμών.

Η αντίστοιχη θεώρηση της U.I.C. για τον υπολογισμό του μέσου χρόνου ακολουθίας συρμών t_{fm} σε γραμμή αμφίδρομης κίνησης προϋποθέτει τον υπολογισμό των εξής τεσσάρων χρόνων :

- Μέσος χρόνος ακολουθίας συρμών $t_{f(aa)}$

Είναι ο ελάχιστος χρόνος μεταξύ δύο συρμών που αναχωρούν ο ένας μετά τον άλλο από το σταθμό A.



$t_{f(aa)}$: Χρόνος ακολουθίας συρμών στο σταθμό A

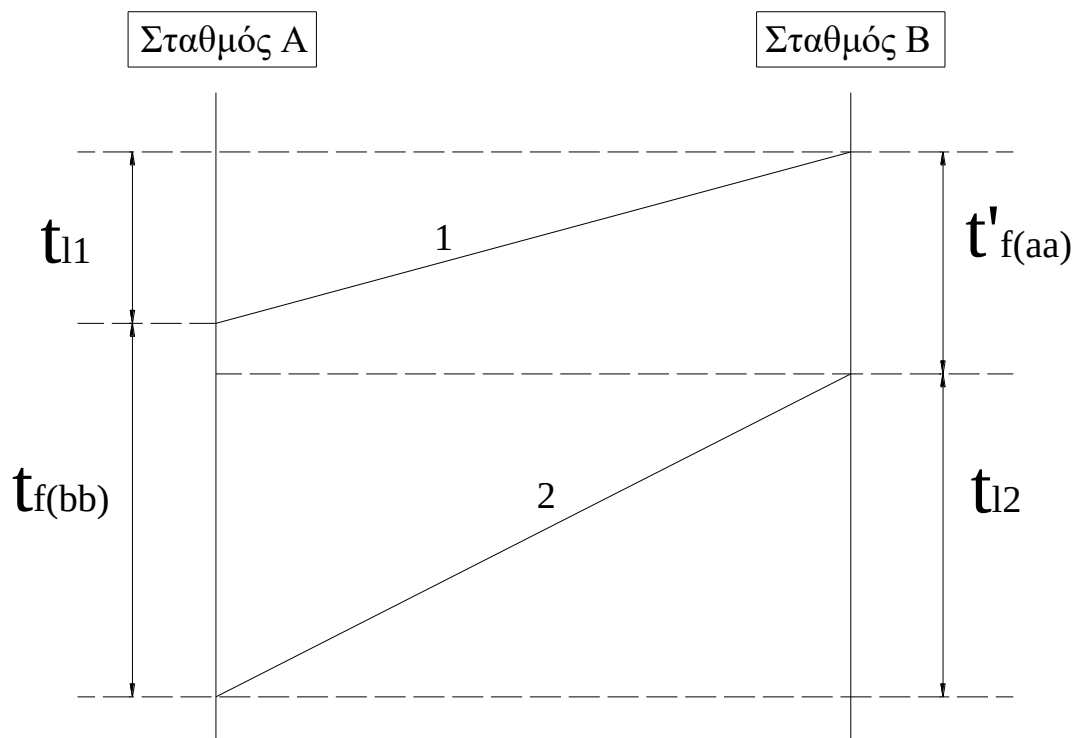
Σχήμα 5 : Γραφική παράσταση του μέσου χρόνου ακολουθίας $t_{f(aa)}$

- Μέσος χρόνος ακολουθίας συρμών $t_{f(bb)}$

Είναι ο ελάχιστος χρόνος μεταξύ δύο συρμών που φθάνουν στα σταθμό A ο ένας μετά τον άλλον (σχ.7) για τον υπολογισμό του δε ισχύει η παρακάτω σχέση :

$$t_{f(bb)} = t_{f(aa)} + t_{12} - t_{11} \text{ (min.)}$$

Ο υπολογισμός του χρόνου $t'_{f(aa)}$ για τον σταθμό B γίνεται με τον ίδιο τρόπο όπως για τον χρόνο $t_{f(bb)}$.



t_l : Χρόνος διαδρομής συρμού

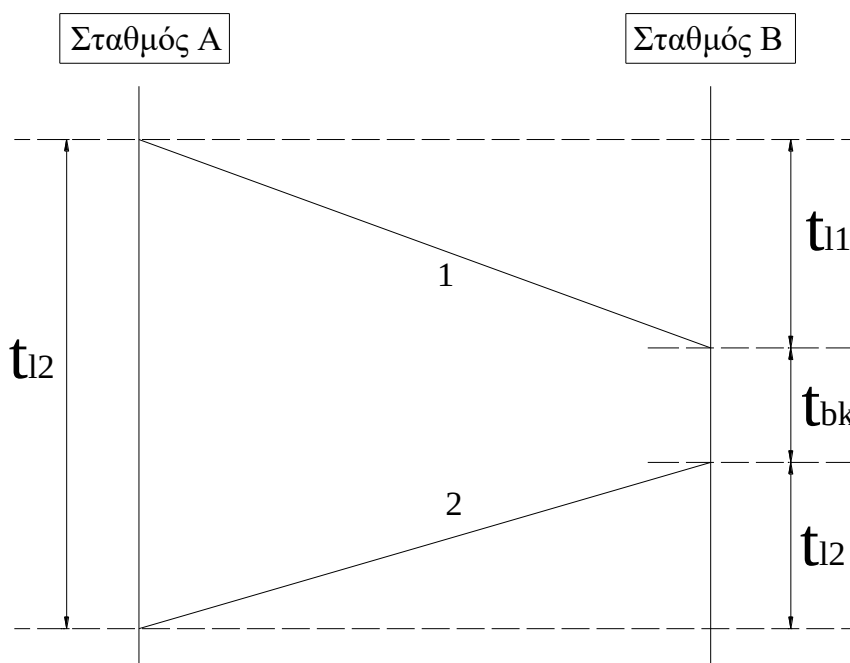
t_f : Ελάχιστος χρόνος ακολουθίας συρμών στο σταθμό Α

t'_f : Ελάχιστος χρόνος ακολουθίας συρμών στο σταθμό Β

Σχήμα 6 : Γραφική παράσταση του ελάχιστου χρόνου ακολουθίας $t_{f(bb)}$

- Μέσος χρόνος ακολουθίας συρμών $t_{f(ab)}$

Είναι η ελάχιστη χρονική διαφορά ανάμεσα στο συρμό που αναχωρεί από το σταθμό Α και του συρμού που διέρχεται από τον ίδιο σταθμό και για τον υπολογισμό της ισχύουν οι τρεις σχέσεις που ακολουθούν, μετά το Σχήμα 7.



t_l : Χρόνος διαδρομής συρμού

t_f : Χρόνος διασταύρωσης συρμών στο σταθμό B

Σχήμα 7 :Γραφική παράσταση του μέσου χρόνου ακολουθίας $t_{f(ab)}$

$$t_{f(ab)} = t_{l1} + t'_{bk} + t_{l2} \text{ (min.)}$$

όπου t'_{bk} = χρόνος διασταυρώσεως των συρμών στο σταθμό B.

Όταν ο αμέσως επόμενος συρμός σταθμεύει, στο σταθμό B ισχύει η σχέση :

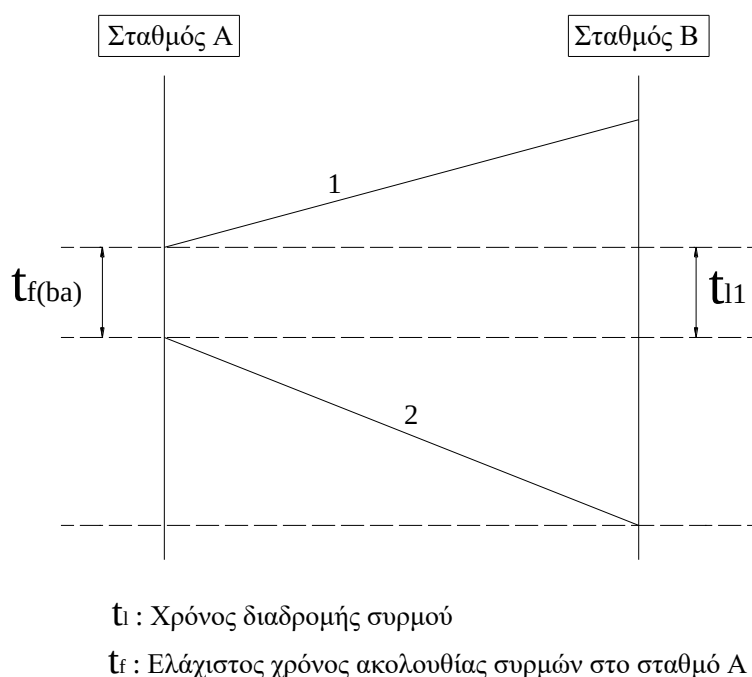
$$t'_{bk} = t'_b + t_a \text{ (min.)}$$

Όταν ο αμέσως επόμενος συρμός διέρχεται από το σταθμό B ισχύει η σχέση :

$$t'_{bk} = t'_b + t_{ls2} \text{ (min.)}$$

- Μέσος χρόνος ακολουθίας συρμών $t_{f(ba)}$

Είναι η ελάχιστη χρονική διαφορά του συρμού που φθάνει στο σταθμό A και του συρμού που αναχωρεί από τον ίδιο σταθμό (σχ. 1.9) υπολογίζεται δε αυτή από τις δύο τελευταίες σχέσεις.



Σχήμα 8 : Γραφική παράσταση του ελάχιστου χρόνου ακολουθίας $t_{f(ba)}$

3.4.1 Μέθοδος υπολογισμού με υποθετικό δρομολόγιο

Στην περίπτωση που δεν υπάρχει δρομολόγιο στην υπό εξέταση γραμμή, τότε οι διάφορες περιπτώσεις ακολουθίας των συρμών είναι αποδεκτό να παρουσιάζονται τυχαία. Πρέπει λοιπόν ο αριθμός των συρμών για κάθε κλάση χρόνου να είναι γνωστός και ο χρόνος t_{fm} (ο μέσος όρος όλων των χρόνων ακολουθίας) δίνεται από τον τύπο:

$$t_{fm} = \frac{\sum n_i \cdot n_j \cdot t_{fij}}{\sum n_i \cdot n_j} \text{ (min/συρμό)}$$

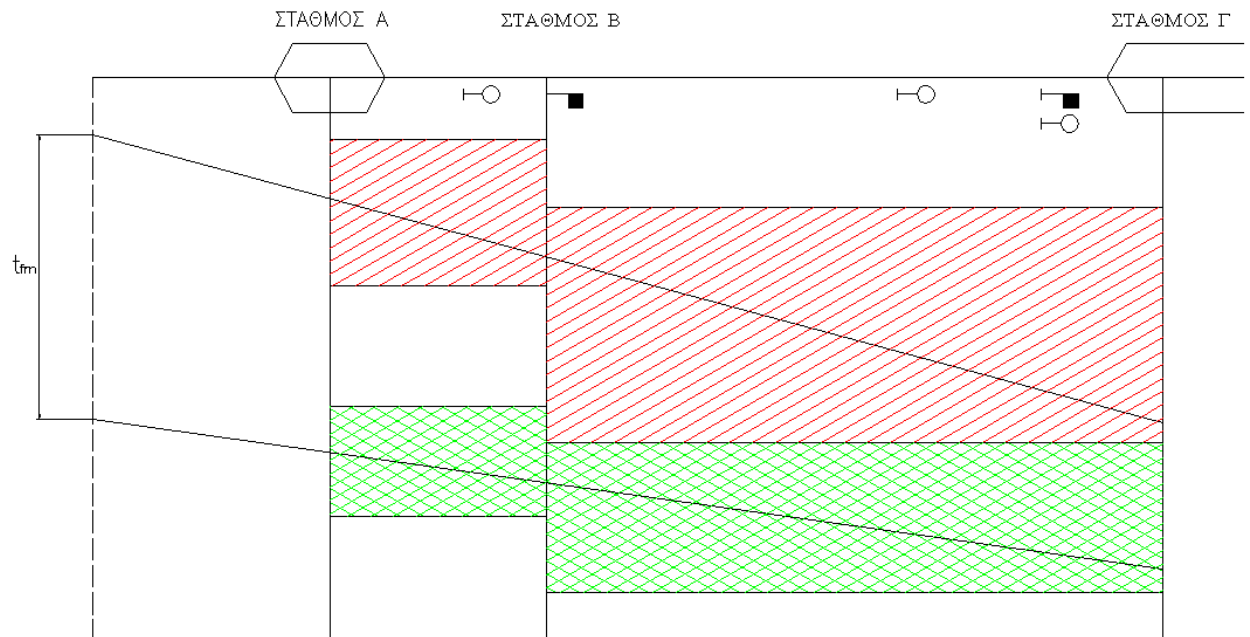
όπου,

i προηγούμενος συρμός

j επόμενος συρμός

n_i, n_j πλήθος συρμών της χρονικής κλάσης

t_{fij} μέσος χρόνος ακολουθίας συρμών μεταξύ δύο χρονικών κλάσεων



Σχήμα 9 : Γραφική παράσταση του μέσου χρόνου ακολουθίας t_{fm}

3.4.2 Νεκρός χρόνος t_r (Περιθώριο άνεσης)

Νεκρός χρόνος t_r είναι ένα πρόσθετο κενό χρόνου, το οποίο προβλέπεται για κάθε χρόνο ακολουθίας συρμών έτσι ώστε να περιορίσει κατά το δυνατόν τη μετάδοση της καθυστέρησης – που τυχόν συμβεί σε έναν συρμό – στους συρμούς που τον ακολουθούν.

Το μέγεθος του νεκρού χρόνου επιδρά καταλυτικά στην ποιότητα λειτουργίας της γραμμής και στο επίπεδο εξυπηρέτησης της. Συμπερασματικά ένας μεγάλος νεκρός χρόνος οδηγεί σε μείωση της χωρητικότητας της γραμμής.

Ο νεκρός χρόνος που υπολογίζουμε, λαμβάνει υπόψη του το μήκος του κρίσιμου υποτμήματος καθώς και την ταχύτητα των συρμών. Από την εξέταση της λειτουργίας σιδηροδρόμων διαφόρων χωρών λαμβάνεται το 60% σαν μέγιστη παραδεκτή κατάληψη του κρίσιμου υποτμήματος, αντιστοιχίζοντας και ένα επίπεδο λειτουργίας βάσει συγκεκριμένων απαιτήσεων. Ο νεκρός χρόνος που εισάγεται στον τύπο υπολογισμού της ημερήσιας χωρητικότητας δίνεται από τον τύπο:

$$t_r = 0.67 \cdot t_{fm} \text{ (min/συρμό)}$$

Στον υπολογισμό της ωριαίας χωρητικότητας, ο νεκρός χρόνος προκύπτει από μία μέγιστη κατάληψη του κρίσιμου υποτμήματος κατά 75%, περιορίζοντας με το ποσοστό αυτό το επίπεδο λειτουργίας, χωρίς να προκαλούνται μεγάλες καθυστερήσεις. Ο χρόνος αυτός στην ωριαία χωρητικότητα δίνεται από την σχέση :

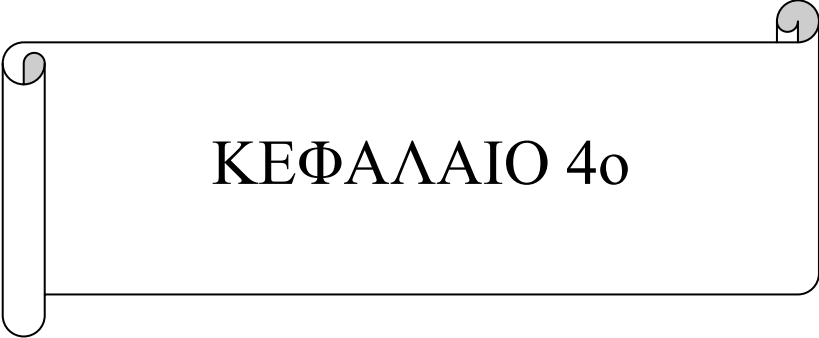
$$t_r = 0.33 \cdot t_{fm} \text{ (min/συρμό)}$$

3.4.3 Πρόσθετος χρόνος t_{zu}

Είναι ένας πρόσθετος χρόνος που προβλέπεται ώστε κατά προσέγγιση να εξομοιώνει το διαφορετικό επίπεδο λειτουργίας των υποτμημάτων ενός τμήματος γραμμής. Από έρευνες της UIC σε 40 περίπου τμήματα γραμμής αποδεικνύεται ότι με την αύξηση του πλήθους υποτμημάτων σε λειτουργικά όμοια τμήματα, η χωρητικότητα της γραμμής μειώνεται σε σύγκριση με αυτή που υπολογίζουμε από κρίσιμο υποτμήμα. Το ποσοστό του εξομοιωτικού συντελεστή υπολογίζεται στα 0.25 min/συρμό και υποτμήμα και ο πρόσθετος χρόνος t_{zu} δίνεται από τον τύπο :

$$t_{zu} = a \cdot 0.25 \text{ (min/συρμό)}$$

όπου a το πλήθος των υποτμημάτων του υπό εξέταση τμήματος γραμμής [19]



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ

Η κυκλοφορία των συρμών σε ένα σιδηροδρομικό δίκτυο ελέγχεται σε κυμαινόμενο κατά δίκτυο (ή τμήμα δικτύου) βαθμό από τους μηχανοδηγούς. Συμπληρωματικά ή και εν μέρει, παράλληλα, ο έλεγχος γίνεται από προσωπικό εκτός συρμών μέσω κέντρων ελέγχου με ποικίλλοντα βαθμό αυτοματοποιήσεως.

Η εξασφάλιση

- της σωστής πληροφόρησης των μηχανοδηγών για έγκαιρους χειρισμούς (μεταβολή ταχύτητας μέχρι και στάσεως, σωστή χρονικά εκκίνηση)
- της σωστής συνεργασίας μεταξύ του προσωπικού επί των συρμών και του προσωπικού εκτός των συρμών.

απαιτεί την ύπαρξη μιας σειράς εγκαταστάσεων που περιλαμβάνει :

- Σήματα : οπτικά και ακουστικά
- Τηλεπικοινωνιακή σύνδεση των υπευθύνων των συρμών και των κέντρων ελέγχου
- Κυκλώματα συνδυασμένης λειτουργίας σημάτων και αλλαγών
- Κυκλώματα τηλεχειρισμού
- Κυκλώματα αποκλεισμού της γραμμής σε ηλεκτροδοτούμενες γραμμές
- Κυκλώματα μεταδόσεων πληροφοριών μεταξύ κινούμενων συρμών και κέντρων ελέγχου.

Οι πιο παλιές από τις εγκαταστάσεις είναι τα σήματα, συνδυασμένα με μηχανικά συστήματα τηλεχειρισμού. Σήμερα, σε αρκετές γραμμές σημαντικού αριθμού δικτύων και ακόμα σε σιδηροδρομικούς σταθμούς χρησιμοποιούνται συστήματα ελέγχου με κάποιο βαθμό αυτοματοποιήσεως. Τα συστήματα αυτά εισάγουν πολλαπλές ασφάλειες στην κυκλοφορία των συρμών.

Παραμένει, μολαταύτα, η ευθύνη του μηχανοδηγού ενός συρμού να μπορεί όταν πρέπει να δράσει με ολοένα και πιο αποτελεσματικά συστήματα πεδήσεως, ανάλογα με τις ενδείξεις πεδήσεως. Και σε αυτή όμως την περίπτωση, που για κάποιους απρόβλεπτους λόγους ο μηχανοδηγός δεν είναι σε θέση να ενεργοποιήσει την

πέδηση, υπάρχουν εγκαταστάσεις στην γραμμή που πεδούν τον συρμό αφού προηγουμένως ελέγξουν ότι ο μηχανοδηγός δεν είναι σε θέση να χειρισθεί τα συστήματα πέδησης. Ο χρόνος ελέγχου είναι περίπου 4 sec. Έτσι, για την ομαλή και ασφαλή κυκλοφορία των συρμών, τόσο στην ελεύθερη γραμμή όσο και στις εγκαταστάσεις των σταθμών, απαιτείται ένα ενιαίο σύστημα, συνεννοήσεως το οποίο μέσω κατάλληλων κέντρων ελέγχου, θα εξασφαλίζει την σωστή συνεργασία αλλά και πληροφόρηση μεταξύ των μηχανοδηγών των αμαξοστοιχιών και των υπαλλήλων των σταθμών και της γραμμής.

Στην περίπτωση της ύπαρξης μονής σιδηροδρομικής γραμμής, θα πρέπει να διευθετηθούν τα προβλήματα που προκύπτουν από την ρύθμιση της κυκλοφορίας των οχημάτων τόσο κατά την κίνηση της ίδιας φοράς, δηλαδή την διαδοχή των συρμών και τις τυχόν υπερβάσεις αυτών, όσο και κατά την αντίθετη φορά δηλαδή την εξασφάλιση των διασταυρώσεων.

Η ανάγκη της έγκαιρης ενημέρωσης καλύπτεται από μια προσεκτικά μελετημένη, απόλυτα ασφαλής και εξελιγμένης μορφής σηματοδότηση, η οποία θα παρέχει κάθε χρήσιμη πληροφορία στους μηχανοδηγούς των αμαξοστοιχιών, σχετικά με την πορεία που ακολουθεί ο συρμός και τα μέτρα που πρέπει να λάβει για την ασφαλή συνέχιση της πορείας ή την ανάγκη στάθμευσης, τον περιορισμό της ταχύτητας, ή όχι.

Με τον όρο σήμα, μπορεί να χαρακτηριστεί κάθε σταθερή ή κινητή διάταξη που έχει σκοπό την μεταβίβαση μιας πληροφορίας. Η πληροφορία μπορεί να είναι :

- Ενημερωτική
- Δεσμευτική

Η δεσμευτική πληροφορία υποχρεώνει σε συμμόρφωση άλλοτε έμμεση και άλλοτε συνιστά προειδοποίηση για σήμα που ακολουθεί και που εκείνο υποχρεώνει σε άμεση συμμόρφωση.

Με την ευρεία έννοια του σήματος νοούνται και οι πινακίδες πληροφόρησης και καθοδήγησης των επιβατών και συνοδών τους.

4.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

Τα σήματα, με την πάροδο του χρόνου έχουν προσαρμοστεί στις απαιτήσεις για πιο πυκνή κυκλοφορία των συρμών, περισσότερη ασφάλεια αλλά και έχουν γίνει

μεγάλες προσπάθειες για την καλύτερη συνλειτουργία τους με τις υπόλοιπες εγκαταστάσεις.

Κύριος σκοπός ενός σήματος ή μίας σειράς σημάτων είναι η πληροφόρηση ενός εξουσιοδοτούμενου ατόμου να προβεί σε ορισμένη ενέργεια ή ακόμα πληροφόρηση ότι δεν είναι απαραίτητο να προβεί σε ενέργεια. Έτσι τα σήματα πρέπει να είναι έτσι κατασκευασμένα, έτσι ώστε η διοχέτευση της πληροφορίας να γίνεται :

- Γρήγορα
- Με σαφήνεια
- Ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες

Η αντίληψη και η κατανόηση ενός σήματος απαιτεί έναν φυσικό χρόνο, που πρόδηλα πρέπει να είναι ο ελάχιστος δυνατός. Η απόφαση του εξουσιοδοτημένου ατόμου και η ενέργεια-χειρισμός απαιτούν επίσης κάποια χρονικά διαστήματα. Η αντίδραση του συστήματος απαιτεί τον τελευταίο πρόσθετο χρόνο.

Η εξασφάλιση του σήματος και της αποτελεσματικής λειτουργίας του προϋποθέτει πέραν του συστήματος ελέγχου και της συντήρησης και σωστή κατασκευή. Οι απαιτήσεις για ένα μόνιμο οπτικό σήμα διευκρινίζονται ως εξής :

- Να έχει απλή μορφή
- Να έχει επιφάνειες που να διακρίνονται από το περιβάλλον με το χρώμα του και το σχήμα του την ημέρα και την φωτεινότητά του τη νύχτα
- Όταν χρησιμοποιούνται χρώματα, αυτά να διαφοροποιούνται με σαφήνεια, ώστε τυχόν παραλλαγές αποχρώσεων να μην προκαλούν αμφιβολίες
- Η κατασκευή να προστατεύεται από τους διερχόμενους συρμούς (τοποθέτηση σε ικανή απόσταση εκτός του κινητικού περιτυπώματος) από τα συνεργεία και τα μηχανήματα συντηρήσεως της γραμμής (χωρίς να τα παρενοχλεί) από διερχόμενα άτομα, οχήματα κ.α.
- Η κατασκευή στηριζέως του σήματος να είναι επαρκής σε κάθε φύσεως καταπονήσεις (ιδίου βάρους, ανέμου χιονιού κ.α.)
- Το σήμα να μην αλλοιώνεται (φθείρεται) από τις καιρικές συνθήκες και γενικά από τις συνθήκες του περιβάλλοντος, ώστε να απαιτείται πολύ συχνή συντήρηση

- Αν έχει μηχανισμούς αυτοί να είναι απλοί, ώστε να αποφεύγονται μηχανικές βλάβες και υπερβολική συντήρηση
- Να υπόκειται στον υψηλότερο δυνατό βαθμό τηλεχειρισμού αλλά και με δυνατότητα ελέγχου των πραγματικών ενδείξεων
- Τα κινητά τμήματα να είναι ορατά και προσπελάσιμα για τον ευχερή έλεγχο και συντήρηση

Εκτός των άλλων, τα σήματα πρέπει να είναι ευκρινή, έτσι ώστε να διευκολύνεται η αντίληψή τους από όσο το δυνατόν μεγαλύτερη απόσταση, να είναι απλό και κατανοητό, που σημαίνει ότι πρέπει να κρατείται μια λογική στη σύνθεση των διαφόρων σημάτων που μπορεί να απομνημονευθεί εύκολα από το προσωπικό. Για αυτούς τους λόγους, τα χρησιμοποιούμενα χρώματα στη σηματοδότηση είναι μόνο 3, βασικά και εύκολα διακρινόμενα :

1. Πράσινο, που γενικά υποδηλώνει άδεια ελευθερίας δράσεως, αν δεν υπάρχουν άλλες δεσμεύσεις.
2. Κόκκινο, που γενικά υποδηλώνει δεσμεύσεις που είναι απαραίτητο να τηρηθούν.
3. Κίτρινο, που γενικά επισημαίνει αυξημένη προσοχή και προειδοποίηση ότι ακολουθεί δεσμευτικό σήμα.

Σαν συμπληρωματικά χρώματα, χρησιμοποιούνται το μαύρο και το λευκό για το χρωματισμό βοηθητικών ενδείξεων, αναγραφών, πλαισίου αναδείξεως του περιεχόμενου του σήματος και χρωματισμό προστασίας στοιχείων εκτός του σήματος.

Η μορφή του σήματος έχει επίσης εξέχουσα σημασία, επειδή και μόνο με αυτή είναι δυνατή η πληροφόρηση που σκοπεύει το σήμα. Για παράδειγμα, ορισμένα σήματα γίνονται αντιληπτά από πολύ μεγαλύτερη απόσταση , χάρη στην χαρακτηριστική μορφή τους, στον σχηματισμό της οποίας συμβάλλει και ο ιστός στηρίξεώς τους.

Όλα τα παραπάνω ισχύουν για διπλή γραμμή, δηλαδή για περιπτώσεις που η κάθε γραμμή εξυπηρετεί κυκλοφορία μίας κατευθύνσεως. Η χωρητικότητα της γραμμής μπορεί να βελτιωθεί αν σε επιλεγμένα σημεία προβλεφθούν στάσεις με αποκλειστικό σκοπό την διασταύρωση συρμών. [1] , [2]

4.2 ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΣΗΜΑΤΩΝ ΚΑΤΑ Ο.Σ.Ε.

Τα σήματα κατά μήκος της ελεύθερης γραμμής διακρίνονται σε :

- Σταθερά σήματα, τα οποία τοποθετούνται σταθερά σε ορισμένες θέσεις της γραμμής και αποτελούν την πλειοψηφία των χρησιμοποιούμενων σημάτων. Κάποια από αυτά έχουν σταθερές ενδείξεις όπως για παράδειγμα το όριο μέγιστης ταχύτητας που ακολουθεί ή την προειδοποίηση για προσέγγιση ισόπεδης διάβασης κ.α. Ορισμένα σήματα έχουν μη σταθερές ενδείξεις, οι οποίες αλλάζουν ανάλογα με την πληροφορία που πρέπει να μεταδώσουν στο προσωπικό της αμαξοστοιχίας.
- Κινητά σήματα, τα οποία τοποθετούνται προσωρινά κοντά στη γραμμή για να καλύψουν τις παρουσιαζόμενες ανάγκες.
- Σήματα αποκλεισμού, τα οποία οφείλονται λόγω της πύκνωσης της κυκλοφορίας, αλλά και της ανάγκης για μη καθυστέρηση των αμαξοστοιχιών, γεγονός που οδήγησε στη διαίρεση της ανοιχτής γραμμής σε τμήματα.

Τα κινητά σήματα και τα σήματα αποκλεισμού αποτελούν μειοψηφία των χρησιμοποιούμενων σημάτων, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό της σηματοδότησης αναλαμβάνεται από τα μόνιμα σήματα. Αυτό γίνεται επειδή υπάρχει δυνατότητα σύμπτυξης των λειτουργιών των τριών κατηγοριών σε μία και μόνη διάταξη.

Στην πράξη χρησιμοποιούνται τα φωτοσήματα τα οποία ορίζονται ως τα μόνιμα οπτικά σήματα, που οι ενδείξεις τους επιδίδονται ημέρα και νύχτα με φανούς έγχρωμων ηλεκτρικών φώτων. Τα φωτοσήματα τοποθετούνται δεξιά ή άνω της γραμμής κυκλοφορίας προς την οποία απευθύνονται. Επιτρέπουν με τις ενδείξεις τους, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως κύριες ενδείξεις, την ασφαλή διαδοχή των αμαξοστοιχιών, προσδιορίζουν την επιτρεπόμενη μέγιστη ταχύτητα πορείας κατά τη διέλευση από χαρακτηριστικά σημεία γραμμής και εμποδίζουν ασυμβίβαστες διαδρομές (διαδρομές που η ταυτόχρονη χρησιμοποίησή τους απαγορεύεται) και γενικότερα κινήσεις που δεν πληρούν όλες τις απαιτούμενες συνθήκες ασφαλείας.

Οι προαναφερθείσες κύριες ενδείξεις, που απαγορεύουν τη συνέχιση της πορείας αμαξοστοιχίας ή περιορίζουν την ταχύτητά της, προαναγγέλλονται πάντα από

προειδοποιητικές ενδείξεις που προηγούνται των κυρίων σε απόσταση τουλάχιστον ίση με το μήκος πέδησης του ταχύτερου συρμού.

Εκτός από τις κύριες και προειδοποιητικές ενδείξεις, τα φωτοσήματα μπορούν να επιδώσουν και συμπληρωματικές ενδείξεις που συμπληρώνουν τις κύριες ή προειδοποιητικές ή και παρέχουν ειδικές πληροφορίες προς το προσωπικό των αμαξοστοιχιών. Ένα φωτόσημα δεν μπορεί ποτέ να εμφανίζει ταυτόχρονα περισσότερες από μία κύριες ή προειδοποιητικές ενδείξεις, ενώ οι συμπληρωματικές ενδείξεις εμφανίζονται κανονικά ταυτόχρονα με μια κύρια ή προειδοποιητική ένδειξη. Είναι επίσης δυνατό να εμφανίζονται ταυτόχρονα στο ίδιο φωτόσημα περισσότερες συμπληρωματικές ενδείξεις.

Όλα τα φωτοσήματα φέρουν στον ιστό τους ορθογωνική πινακίδα, που αναγράφει, με μαύρους χαρακτήρες πάνω σε λευκή αντανακλαστική επιφάνεια πληροφοριακά στοιχεία για την φύση και τη θέση του φωτοσήματος. Η υπ' όψιν πινακίδα ονομάζεται πινακίδα θέσεως και η επιγραφή της αναφέρει το σταθμό στην περιοχή του οποίου βρίσκεται το φωτόσημα ή τη χιλιομετρική θέση.

Ορισμένα φωτοσήματα δεν μπορούν να επιδώσουν ένδειξη σταθμεύσεως. Η πινακίδα θέσεως αυτών, των φωτοσημάτων αναγράφει το κεφαλαίο γράμμα Α με ερυθρό χρώμα που επιτρέπει τη διάκρισή τους από τα λοιπά φωτοσήματα.

Σε περίπτωση κινδύνου, σύμφωνα με τον Γενικό Κανονισμό Κινήσεως πάντα, φωτόσημα σβηστό ή με ασαφείς ενδείξεις, θα θεωρείται ότι επιδίδει την επιτακτικότερή του κίνηση. [12]



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΣΤΑΘΜΩΝ ΣΤΟ ΤΜΗΜΑ ΛΙΑΝΟΚΛΑΔΙ-ΔΟΜΟΚΟΣ

Προκειμένου να μελετηθεί η κίνηση των συρμών σε τμήμα μονής γραμμής και να ιεραρχηθούν τα δρομολόγια αυτών, επιλέχθηκε ένα ενδεικτικό τμήμα, αυτό μεταξύ των σταθμών Λιανοκλαδίου- Δομοκού. Το τμήμα αυτό έχει μήκος ίσο με 65.363 μέτρα και περιλαμβάνει σήμερα 8 ενεργούς σταθμούς. Οι χιλιομετρικές θέσεις των σταθμών παρουσιάζονται στην ανάλυση του λογισμικού.

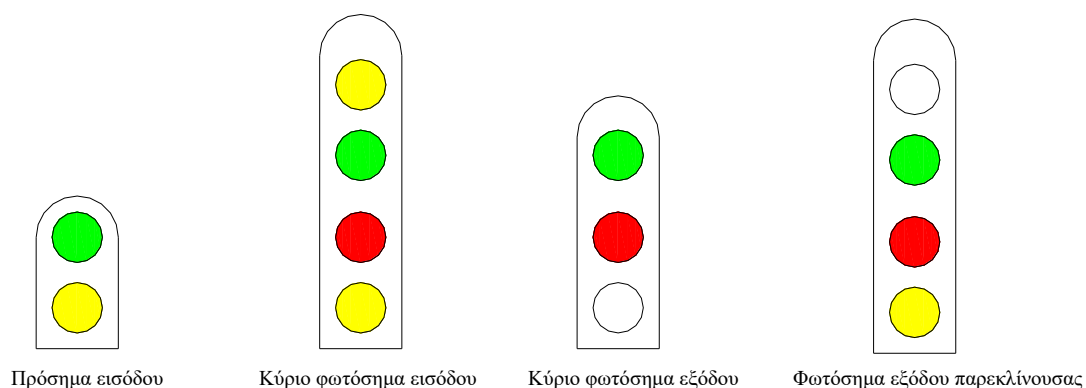
Όλοι οι σταθμοί, εκτός από αυτόν στις Αγγείες, περιλαμβάνουν δύο γραμμές, μονής κατεύθυνσης, μία κύρια και μία δευτερεύουσα (παρεκκλίνουσα). Ο σιδηροδρομικός σταθμός στις Αγγείες, αποτελείται από τρεις συνολικά γραμμές : μία κύρια και δύο παρεκκλίνουσες, οι οποίες είναι διατεταγμένες εκατέρωθεν του σταθμού. Όλοι οι σταθμοί είναι εξοπλισμένοι και με πλήθος «τυφλών» γραμμών, ο αριθμός των οποίων κυμαίνεται από 1-2 (εξαίρεση αποτελεί ο σταθμός του Λιανοκλαδίου ο οποίος είναι εξοπλισμένος με 9 «τυφλές γραμμές»). Ο συρμός οδηγείται στις «τυφλές» αυτές γραμμές, είτε μέσω της κύριας γραμμής, είτε μέσω της παρεκκλίνουσας, προκειμένου να εκτελέσει απαιτούμενους ελιγμούς.

6.1 ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ ΣΤΑΘΜΩΝ

Η ρύθμιση της κυκλοφορίας στους σταθμούς επιτυγχάνεται με τη βοήθεια φωτοσημάτων, τα οποία είναι διατεταγμένα στις εισόδους, και στις εξόδους των σταθμών. Στην είσοδο του κάθε σταθμού είναι τοποθετημένα δύο φωτοσήματα. Ένα πρόσημα, και ένα κύριο σήμα. Η απόσταση τους κυμαίνεται κατά περίπτωση από 700 έως 750 μέτρα, και τοποθετούνται πάντα δεξιά της γραμμής, με τη φορά του εισερχόμενου συρμού. Τα σήματα εξόδου της κύριας γραμμής και της παρεκκλίνουσας είναι τοποθετημένα παράλληλα, στην ίδια χιλιομετρική θέση και η απόστασή τους από την αλλαγή είναι κατά μέσο όρο ίση με 250 μέτρα.

Το πρόσημα αποτελείται από δύο φωτεινές ενδείξεις, πράσινη και κίτρινη ,ενώ το κύριο φωτόσημα εισόδου από τέσσερις ενδείξεις : δύο κίτρινες, μία κόκκινη και μία πράσινη. Τα φωτοσήματα εξόδου διαφέρουν ανάλογα με την θέση τους στην κύρια ή την παρεκκλίνουσα : το φωτόσημα εξόδου στην κύρια γραμμή αποτελείται από δύο ενδείξεις και το φωτόσημα εξόδου στην παρεκκλίνουσα από τρεις φωτεινές ενδείξεις.

Για λόγους ασφαλείας, σε περίπτωση αχρήστευσης του λαμπτήρα μίας ένδειξης, έχει προβλεφθεί μία επιπλέον θέση, η οποία απεικονίζεται στο Σχήμα 10 ως λευκή, η οποία λειτουργεί σε κατάσταση ανάγκης μέχρι να αποκατασταθεί η δυσλειτουργία του κύριου λαμπτήρα. Η διάταξη των ενδείξεων φαίνεται στο Σχήμα 10 :



Σχήμα 10 : Διάταξη ενδείξεων των χρησιμοποιούμενων φωτοσημάτων

Το πρόσημο προετοιμάζει τον μηχανοδηγό του εισερχόμενου συρμού για την ένδειξη του κυρίου σήματος εισόδου προκειμένου να αντιδράσει ανάλογα (ο συρμός να σταθμεύσει πριν εισέλθει στο σταθμό, ο συρμός να εισέλθει στην κύρια γραμμή είτε ο συρμός να εισέλθει στην παρεκκλίνουσα). Το κύριο σήμα εισόδου εκτελεί και ρόλο προσήματος για το σήμα εξόδου του σταθμού. Ο μηχανοδηγός προειδοποιείται αν πρέπει να εκτελέσει στάση στο σταθμό ή αν πρέπει να διέλθει από το σταθμό συνεχίζοντας την πορεία του. Ο παρακάτω πίνακας, παρουσιάζει τους πιθανούς συνδυασμούς μεταξύ των φωτοσημάτων και τις αντιδράσεις του συρμού σε αυτά.

ΠΡΟΣΗΜΑ ΕΙΣΟΔΟΥ	ΦΩΤΟΣΗΜΑ ΕΙΣΟΔΟΥ	ΦΩΤΟΣΗΜΑ ΕΞΟΔΟΥ	ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΥΡΜΟΥ
			Ο συρμός οδηγείται στην παρεκκλίνουσα και σταθμεύει
			Ο συρμός διέρχεται από την παρεκκλίνουσα και συνεχίζει
			Ο συρμός οδηγείται στην κύρια γραμμή και διέρχεται συνεχίζοντας την πορεία του
			Ο συρμός διέρχεται από την κύρια γραμμή και σταθμεύει
			Ο συρμός σταθμεύει

Πίνακας 5 : Πιθανοί συνδυασμοί μεταξύ των φωτοσημάτων και αντίστοιχη συμπεριφορά του συρμού

Στους ιστούς των φωτοσημάτων, τοποθετούνται επίσης, βοηθητικές διατάξεις, όπως προστατευμένες από τις καιρικές συνθήκες τηλεφωνικές συσκευές επικοινωνίας με το εκάστοτε σταθμό (οι τηλεφωνικές συσκευές χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις επιβεβαίωσης από τον μηχανοδηγό για την ακινητοποίηση του συρμού σε περίπτωση στάσης, αναφορά τυχόν προβλημάτων και λήψη οδηγιών), ενδείξεις που ενημερώνουν τον μηχανοδηγό της αμαξοστοιχίας ότι δεν υφίσταται η ακεραιότητα του συρμού (η φωτεινή ένδειξη σε αυτή την περίπτωση είναι λευκή, διαλείπουσα και διατάσσεται μετά το τέλος των κύριων φωτεινών ενδείξεων) και κλίμακες για πρόσβαση των λαμπτήρων και έλεγχος ή αντικατάσταση αυτών. Το ύψος των φωτοσημάτων ανέρχεται, με αυτό τον τρόπο, κατά μέσο όρο στα 4 μέτρα.

Η ονομασία των φωτοσημάτων αποτελείται από δύο τμήματα : ένα αλφαβητικό, το οποίο αποτελείται από τρεις χαρακτήρες του αλφαβήτου και υποδηλώνει το σταθμό που ανήκει το φωτόσημα και ένα αριθμητικό, το οποίο αποτελείται από τον αύξοντα αριθμό του φωτοσήματος ξεκινώντας από την είσοδο του σταθμού. Τα φωτοσήματα που αναφέρονται στην μία κατεύθυνση εισόδου του σταθμού αριθμούνται με μονούς αριθμούς, ενώ τα αντίστοιχα στην αντίθετη κατεύθυνση εισόδου του σταθμού, αριθμούνται με ζυγούς αριθμούς. Η ονομασία του φωτοσήματος αναγράφεται σε ειδική πινακίδα, η οποία τοποθετείται στον ιστό του φωτοσήματος, σε εμφανές σημείο.

Τέλος, στο χαμηλότερο σημείο του ιστού, τοποθετείται προκειμένου να εξασφαλιστεί άμεση πρόσβαση, ο ηλεκτρολογικός πίνακας ελέγχου του φωτοσήματος.



Εικόνα 1: Κύριο φωτόσημα εξόδου στο σταθμό του Λιανοκλαδίου



Εικόνα 2 : Φωτόσημα εξόδου παρεκκλίνουσας στο σταθμό του Λιανοκλαδίου

Οι εντολές για την λειτουργία των φωτοσημάτων δίνονται από το κέντρο τηλεδιοίκησης του Λιανοκλαδίου, παραλαμβάνονται από το σύστημα σηματοδότησης με το οποίο είναι εξοπλισμένοι όλοι οι σταθμοί και καταλήγουν στα φωτοσήματα. Το σύστημα σηματοδότησης στο τμήμα Λιανοκλάδι-Δομοκός, ελέγχεται εξολοκλήρου από ένα σύγχρονα εξοπλισμένο, κεντρικό ηλεκτρονικό υπολογιστή ο οποίος είναι τοποθετημένος στο σταθμό του Λιανοκλαδίου και επιβεβαιώνει τη λήψη και την υλοποίηση των εντολών που δίνονται στους επιμέρους σταθμούς. Το σύστημα ελέγχου της σηματοδότησης χειρίζεται εξειδικευμένο προσωπικό και το επίπεδο ασφαλείας είναι πολύ υψηλό (βοηθητικές γεννήτριες σε περίπτωση διακοπής ηλεκτροδότησης, ελεγχόμενη πρόσβαση και αποθέματα ανταλλακτικών για άμεση αντιμετώπιση των τυχόν δυσλειτουργιών).

Τα κύρια σήματα, στην κατάσταση αναμονής του συστήματος σηματοδότησης έχουν κόκκινη ένδειξη, ενώ τα προσήματα είναι κίτρινα ,προκειμένου να αντιμετωπιστούν φαινόμενα τυχαίας σύγκρουσης. Κατά τη χάραξη της πορείας του συρμού, οι ενδείξεις συνδυάζονται προκειμένου να οδηγηθεί ο συρμός στην κατάλληλη γραμμή, και λίγο μετά τη διέλευση της αμαξοστοιχίας, επανέρχονται στην θέση αναμονής. Το κύριο σήμα εισόδου και το πρόσημα, επαναφέρονται ταυτόχρονα, μόλις ο συρμός εισέλθει στον σταθμό, ενώ το κύριο σήμα εξόδου επαναφέρεται μόλις ο συρμός εξέλθει από το σταθμό. Η επαναφορά των σημάτων έχει θεσπιστεί προκειμένου να αποφευχθούν φαινόμενα νωτομετωπικής σύγκρουσης ακολουθίας συρμών.



Εικόνα 3 : Πλάγια όψη φωτοσήματος εξόδου



Εικόνα 4 : Συνολική όψη σηματοδότησης στην έξοδο του σταθμού Λιανοκλαδίου

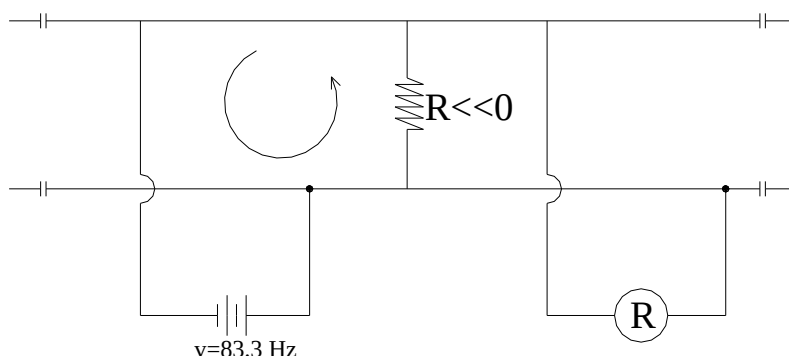
Εκτός από τα φωτοσήματα, υπάρχουν και μόνιμα σήματα τα οποία καθορίζουν άλλες παραμέτρους της κίνησης του συρμού, όπως π.χ. την ταχύτητα κυκλοφορίας, την μεταβολή της σιδηροδρομικής γραμμής από μονή σε διπλή, την σωστή λειτουργία του ηλεκτρικού κυκλώματος της γραμμής.

Τα μόνιμα σήματα γραμμής, δίνουν και πληροφορίες σχετικά με το είδος της γραμμής που ακολουθεί π.χ. αν είναι σηματοδοτούμενη ή όχι. Τα χρώματα που χρησιμοποιούν είναι συνήθως το κυανό με λευκό ή μαύρο περιθώριο προκειμένου να γίνονται αντιληπτά από μεγάλη απόσταση.

6.2 ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΤΑΘΜΩΝ

6.2.1 Ηλεκτρικό κύκλωμα αναγνώρισης συρμού

Προκειμένου να ελέγχεται η ακριβής θέση του συρμού μέσα στο σταθμό, ανά πάσα στιγμή, έχει θεσπιστεί ένα σύστημα ηλεκτρικού κυκλώματος μεταξύ των σιδηροτροχιών, το οποίο επιτρέπει μέσω της διέλευσης χαμηλής συχνότητας εναλλασσόμενου ρεύματος (83.3 Hz), να προσδιοριστούν τα όρια που εκτείνεται ο συρμός και το μήκος του σιδηροδρομικού τμήματος που καταλαμβάνει. Αυτό συνεπάγεται την μεταξύ των σιδηροτροχιών σύνδεση, με αγωγούς ηλεκτρικού ρεύματος.



Σχήμα 11 : Ηλεκτρικό κύκλωμα με τη βοήθεια του οποίου καθορίζεται η θέση του συρμού στην σιδηροδρομική γραμμή

Όταν ο τροχός του συρμού, μπει σε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, αμέσως παρουσιάζεται ανωμαλία στην κυκλοφορία του ηλεκτρικού ρεύματος και εμφανίζεται ότι το συγκεκριμένο τμήμα είναι κατειλημμένο τη δεδομένη χρονική στιγμή. Τη στιγμή που ο συρμός θα εξέλθει από το εν λόγω κύκλωμα, θα υπάρξει επαναφορά της κυκλοφορίας του ηλεκτρικού ρεύματος και το τμήμα θα θεωρηθεί ελεύθερο.

Στους σταθμούς, υπάρχουν πάρα πολλά κυκλώματα τα οποία προσδιορίζουν την ακριβή θέση του συρμού, ενώ αντίθετα, στα τμήματα μεταξύ των σταθμών

(ελεύθερη γραμμή), η ακριβής θέση του συρμού δεν μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια. Έτσι, αν ένας συρμός, κινείται στο ενδιάμεσο τμήμα μεταξύ δύο σταθμών, το τμήμα αυτό, παρουσιάζεται μεν ως κατειλημμένο, αλλά δεν είναι δυνατό να φανεί σε ποιο ακριβώς σημείο βρίσκεται ο συρμός. Η επιβεβαίωση της κίνησής του, γίνεται μόνο όταν βρίσκεται στα περιμετρικά όρια ενός σταθμού και όχι σε κάθε τμήμα της σιδηροδρομικής γραμμής.



Εικόνα 5 : Σύνδεση μεταξύ των σιδηροτροχιών με αγωγούς, προκειμένου να επιτευχθεί ο προσδιορισμός της θέσης ενός συρμού.

6.2.2 Μετρητές αξόνων

Μία άλλη διάταξη ασφαλείας που είναι τοποθετημένη και στα δύο άκρα ενός σιδηροδρομικού σταθμού, είναι οι μετρητές αξόνων, ο ρόλος των οποίων είναι η επιβεβαίωση της ακεραιότητας των συρμών.

Ο ρόλος του μετρητή αξόνων είναι η απαρίθμηση των αξόνων του συρμού που διέρχεται από το σημείο αυτό. Κατά την αναχώρηση του συρμού από ένα σταθμό, καταμετρούνται οι άξονες του συρμού και κατά συνέπεια τα φορεία από τα οποία

αποτελείται. Ο συρμός, διανύει την απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών σταθμών, και κατά την είσοδό του στον επόμενο σταθμό, γίνεται ξανά καταμέτρηση των αξόνων. Οι δύο καταμετρήσεις συγκρίνονται μεταξύ τους, από το σύστημα έλεγχου των μετρητών αξόνων και σε περίπτωση που βρεθούν ίδιοι, δίνεται το ελεύθερο ο συρμός να συνεχίσει απρόσκοπτα την πορεία του, ενώ σε περίπτωση που η δεύτερη καταμέτρηση είναι μικρότερη της πρώτης, έχει συμβεί διάσπαση του συρμού κατά τη διάρκεια της κίνησης του κατά μήκος της ελεύθερης γραμμής.

Στην δεύτερη περίπτωση, ο μηχανοδηγός ενημερώνεται από το φωτόσημα εξόδου του σταθμού, μέσω της λευκής διαλείπουσας ένδειξης, που είναι διατεταγμένη λίγο χαμηλότερα από τις κύριες ενδείξεις και σταθμεύει υποχρεωτικά. Ο σταθμάρχης, έχει ήδη ενημερωθεί από τον πίνακα ελέγχου του σταθμού και κινούνται οι απαραίτητες διαδικασίες για την αντιμετώπιση του προβλήματος.

Ο μετρητής αξόνων τοποθετείται 200 περίπου μέτρα πριν από την αλλαγή, η οποία οδηγεί στην παρεκκλίνουσα του σταθμού, μετά ακριβώς από το κύριο σήμα εισόδου στην είσοδο του σταθμού, ενώ μία αντίστοιχη διάταξη τοποθετείται 200 μέτρα από την αλλαγή και αμέσως μετά από το κύριο σήμα εισόδου της αντίθετης κατεύθυνσης. [5],[6]

6.2.3 Τροχοεπαφές

Οι τροχοεπαφές είναι διατάξεις οι οποίες είναι τοποθετημένες αρκετά έξω από κάθε είσοδο σταθμού και σε απόσταση 1500 μέτρων από το κύριο σήμα εισόδου. Ο ρόλος των τροχοεπαφών είναι να γίνει σταθεροποίηση των φωτεινών ενδείξεων την στιγμή που ο συρμός διέρχεται από αυτό το σημείο, προκειμένου να μην υπάρξει αλλαγή αυτών κατά τη διάρκεια της προσέγγισης του συρμού στο σταθμό. Οι ενδείξεις που έχουν τα φωτοσήματα του σταθμού (πρόσημα και κύρια σήματα εισόδου και εξόδου) θα τις διατηρήσουν, από τη στιγμή που ο συρμός θα διέλθει από το σημείο της τροχοεπαφής, μέχρι το σημείο που θα επανέλθουν στην κατάσταση αναμονής με την είσοδο του συρμού στο σταθμό.[5],[6]

6.2.4 Μονωτικοί αρμοί

Οι μονωτικοί αρμοί αποτελούν μονωτικές διατάξεις μεταξύ των σιδηροτροχιών και η χρησιμότητά τους έγκειται στην ιδιότητα τους, να μην επιτρέπουν τη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος, προκαλώντας αποφυγή ανωμαλίας στην κυκλοφορία του ηλεκτρικού κυκλώματος. Τοποθετούνται τρεις μονωτικοί αρμοί σε κάθε αλλαγή. Ο ένας τοποθετείται ανάμεσα στο κύριο σήμα εισόδου και την αρχή της αλλαγής, ο δεύτερος στην κύρια γραμμή, αμέσως μετά την αλλαγή και μετά το κύριο σήμα εξόδου της αντίθετης κατεύθυνσης και ο τρίτος μεταξύ του τέλους της αλλαγής και μετά το σήμα εξόδου της παρεκκλίνουσας, που αντιστοιχεί στην αντίθετη κατεύθυνση.[5],[6]

6.2.5 Αλλαγές

Όλοι οι σταθμοί που εκτείνονται στο τμήμα Λιανοκλάδι-Δομοκός, είναι εξοπλισμένοι σήμερα με ηλεκτρικά ελεγχόμενες αλλαγές. Στους περισσότερους σταθμούς, αυτές είναι απλές ευθύγραμμες, ενώ στους σταθμούς του Λιανοκλαδίου και του Δομοκού, υπάρχουν και περιπτώσεις διπλής αλλαγής. Η απλή ευθύγραμμη αλλαγή, αποτελείται από ένα ευθύγραμμο τμήμα γραμμής και από ένα καμπύλο, μέσω του οποίου γίνεται η μετάβαση του οχήματος ή του συρμού σε άλλη γραμμή.

Η διαχείριση των αλλαγών, γίνεται από τον κάθε σταθμό ξεχωριστά, με τη βοήθεια του πίνακα ελέγχου. Οι μηχανικές αλλαγές, έχουν πλέον καταργηθεί και έχουν αντικατασταθεί από ηλεκτρικές. Ο έλεγχος της λειτουργίας των αλλαγών, αποτελεί μείζονος σημασίας θέμα, που αφορά άμεσα την ασφάλεια του συρμού και των επιβαινόντων.

Η επιθυμητή λειτουργία των αλλαγών έγκειται όχι μόνο στην άριστη κατευθυντικότητα των βελόνων ή την άμεση απόκρισή τους μέσω του ηλεκτρικού συστήματος, αλλά κυρίως στο σημείο επαφής της βελόνας με την σιδηροτροχιά. Σύμφωνα με την ρυθμιστική διάταξη του Ο.Σ.Ε., η αιχμή της βελόνας με την σιδηροτροχιά, πρέπει να διατηρούν απόσταση ασφαλείας όχι μεγαλύτερη των 3mm. Στην πράξη, το σημείο αυτό των αλλαγών ελέγχεται κατά τακτά χρονικά διαστήματα και με τη βοήθεια μικρών μεταλλικών ελασμάτων πάχους 1mm. το κάθε ένα, που σφηνώνονται ανάμεσα στην αιχμή της βελόνας και τη σιδηροτροχιά, προκειμένου να ρυθμιστεί στη σωστή απόσταση η επαφή τους. [2]



Εικόνα 6 : Ηλεκτρικός μηχανισμός αλλαγής

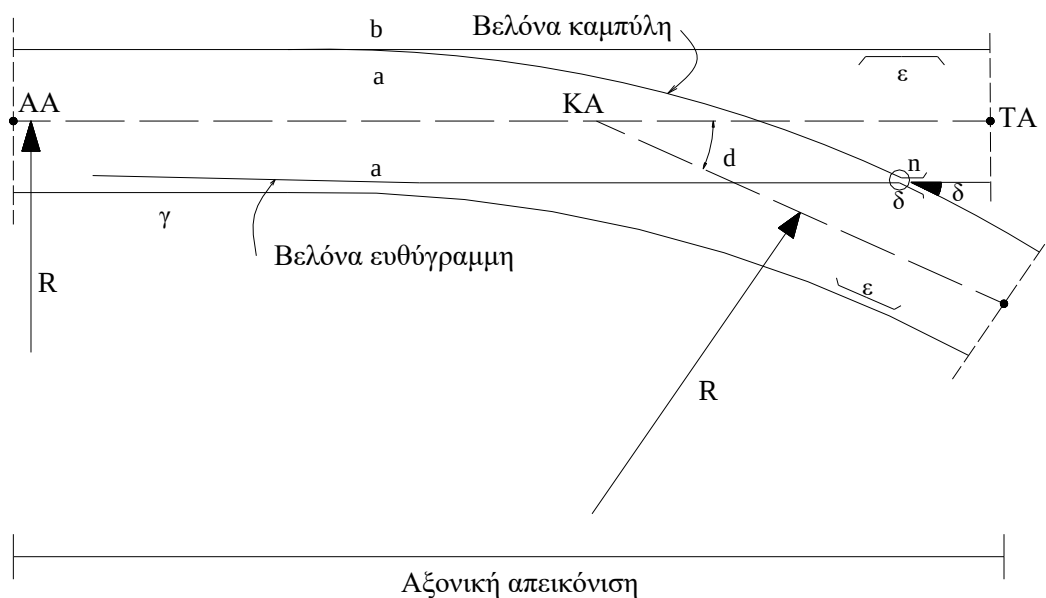


Εικόνα 7 : Απλή ευθύγραμμη αλλαγή



Εικόνα 8 : Απλή ευθύγραμμη αλλαγή, που οδηγεί το συρμό, στην παρεκκλίνουσα γραμμή.

Το γεωμετρικό σκαρίφημα της απλής ευθύγραμμης αλλαγής δίνεται στο παρακάτω σχήμα :



AA : Αρχή αλλαγής
KA : Κέντρο αλλαγής
TA : Τέλος αλλαγής
R : Ακτίνα αλλαγής
a : Βελόνες ή αιχμές
b : Ευθεία πλευρική σιδηροτροχιά
γ : Καμπύλη κεκαμμένη πλευρική σιδηροτροχιά
δ : Καρδιά
ε : Αντιτροχιές
ζ : Θέση χωρίς καθοδήγηση
η : Περιβάλλουσα σιδηροτροχιά
α : Γωνία αλλαγής

Σχήμα 12 : Γεωμετρικό σκαρίφημα της απλής αλλαγής [1]



Εικόνα 9 : Σημείο επαφής καμπύλης βελόνας με την κύρια γραμμή, όπου και μετράται η απόσταση των 3mm.

Οι αλλαγές διακρίνονται ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους, την ακτίνα τους, και την κλίση των εφαπτόμενων καμπύλων και του ευθύγραμμου κλάδου. Η επιτρεπόμενη ταχύτητα κατά τη διάρκεια της κίνησης του συρμού στην αλλαγή καθορίζεται από την σχέση της υπερύψωσης όπου η υπερύψωση h λαμβάνεται μηδενική. Ο Ο.Σ.Ε. σήμερα, χρησιμοποιεί στους εν λόγω σταθμούς αλλαγές τύπου U.I.C. 50, με λόγο 1 : 9 και ακτίνα 300 μέτρα ή σε ορισμένες δυσμενέστερες περιπτώσεις 190 μέτρα. Η μέγιστη επιτρεπόμενη ταχύτητα είναι 40 Km/h.

Συγκρίνοντας την λογική των εντολών των φωτοσημάτων του Ο.Σ.Ε με αυτών των αντίστοιχων των Γερμανικών Σιδηροδρόμων DBAC διαπιστώνεται πλήρης ταύτιση.

