

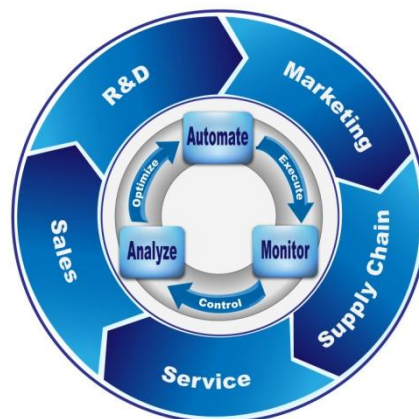


**ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗΝ ΑΥΞΗΣΗ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ**

ΣΠΑΝΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών:

Αυτοματισμός Παραγωγής και Υπηρεσιών



Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Μιχ. Παπουτσιδάκης

ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Πειραιάς, Φεβρουάριος 2017



**Μεταπτυχιακή Διατριβή που υποβάλλεται στο καθηγητικό σώμα για την μερική
εκπλήρωση των υποχρεώσεων απόκτησης του μεταπτυχιακού τίτλου του
Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Αυτοματισμός Παραγωγής και Υπηρεσιών»
του Τμήματος Μηχανικών Αυτοματισμού του Ανωτάτου Εκπαιδευτικού
Ιδρύματος Πειραιώς Τεχνολογικού Τομέα.**



ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο Σπανάς Ιωάννης Παναγιώτης κάτωθι υπογεγραμμένος / Η
του Παναγιώτης, με αριθμό μητρώου 25 φοιτητής /
τρια του Τμήματος Μηχανικών Αυτοματισμού Τ.Ε. του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. πριν αναλάβω την
εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του
συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο
περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή
μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν
λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα.
Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε., ο οποίος φέρει και την ευθύνη των
συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει
απονείμει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του
Τμήματος με νέα απόφασης της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την
εκπόνηση της Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω
Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού δμήνου από την ημερομηνία
ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος
Εσωτερικού Κανονισμού.»

Ο Δηλών

Ημερομηνία

20/02/2017.



«Αφιερωμένο στην οικογένειά μου»



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι μεταφορές ανθρώπων και υλικών αγαθών με χρήση οδικού και σιδηροδρομικού δικτύου, είναι ζωτικής σημασίας για κάθε σύγχρονη κοινωνία. Ωστόσο, η αύξηση των επιπέδων της κυκλοφοριακής συμφόρησης οδηγεί στη λήψη μέτρων για την βελτίωση της οδικής ασφάλειας και των μεταφορών. Σε αυτή την προσπάθεια η σημασία των νέων τεχνολογιών στην βελτίωση της ασφάλειας αποδεικνύεται ιδιαίτερα καθοριστική. Η χρήση συστημάτων διαχείρισης κυκλοφορίας οδηγεί στην βελτίωση των συνθηκών της μετακίνησης, της εργασίας και της ασφάλειας των μεταφορών, τόσο των υλικών αγαθών και όσο και των επιβατών. Διάφορα συμβάντα χερσαίων μεταφορών οδήγησαν στην βελτίωση των μέτρων ασφάλειας και στην καλύτερη εκτίμηση των κινδύνων για την αντιμετώπιση αυτών. Η σωστή διαχείριση της κυκλοφορίας αποφέρει πολλά οφέλη τόσο σε οικονομικό, περιβαλλοντικό και βιοτικό επίπεδο, όσο και στη μείωση των τραυματισμών και των θανάτων.

Η παρούσα διατριβή εστιάζει στα συστήματα διαχείρισης της κυκλοφορίας των οδικών και σιδηροδρομικών αξόνων, από τον τρόπο βελτίωση τους με την πάροδο των χρόνων, την λειτουργία τους και τον έλεγχο τους.

Οι θεματικές ενότητες που αναλύονται είναι οι παρακάτω:

- Η φωτεινή σηματοδότηση και η σημασία της.
- Οι πινακίδες σήμανσης των οδικών αξόνων και ισόπεδων κόμβων και η συμβολή τους.
- Το νομικό πλαίσιο του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας για τους ανισόπεδους κόμβους και τις φωτεινές σηματοδοτήσεις.
- Η σηματοδότηση των σιδηροδρόμων και πως βελτιώθηκαν.
- Η τηλεδιοίκηση των σιδηροδρόμων.
- Η χρήση των συστημάτων αυτόματου ελέγχου.



- Την παρουσίαση νέων τεχνολογιών στον τομέα της διαχείρισης της κυκλοφορίας.
- Ο τρόπος λειτουργίας του Προγραμματιζόμενου Λογικού Ελεγκτή.
- Παρουσίαση ενός αυτοματοποιημένου συστήματος διαχείρισης κυκλοφορίας σε βιομηχανικό χώρο.
- Μελλοντικές βελτιώσεις των συστημάτων διαχείρισης κυκλοφορίας.

Λέξεις-Κλειδιά: Διαχείριση Κυκλοφορίας, Φωτεινοί Σηματοδότες, Ευφυή συστήματα μεταφορών, Ενισχυτική Μάθηση, Ταυτοποίηση μέσω Ραδιοσυχνοτήτων.



ABSTRACT

The transportation of people and material goods using road and rail network is vital to any modern society. However, the increasing levels of congestion leading to measures to improve road safety and transport. In this effort the importance of new technologies to improve safety is particularly decisive.

The use of traffic management systems leads to the improvement of the conditions of travel, working and transport safety, for materials and passengers. Various land transport events led to the improvement of security measures and better risk assessment to address these. Proper traffic management brings many benefits in economic, environmental and living conditions, as a result to reduce injuries and deaths.

This thesis focuses on traffic management systems for road and rail routes, by the way their improvement over the years, their operation and their control.

The topics discussed are:

- The light signalling and its importance.
- The signs of roads and junctions and their contribution.
- The legal framework of the Highway Code for junctions and traffic lights.
- Signs of railways and that improved.
- The telecommanding railway.
- The use of automatic control systems.
- The introduction of new technologies in traffic management.
- The operation of Programmable Logic Controller.
- Presentation of an automated traffic management system in an industrial area.
- Future improvements to traffic management systems.

Keywords: Traffic Management, Traffic Lights, Intelligent Traffic System, Reinforcement, Learning Radio Frequency Identification.



Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω την ειλικρινή ευγνωμοσύνη μου στον επιβλέπων καθηγητή κ. Παπουτσιδάκη Μιχαήλ, καθηγητή της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του τμήματος Αυτοματισμού του ΤΕΙ Πειραιά, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε με την ανάθεση αυτής της διπλωματικής εργασίας, καθώς και για την προσπάθεια που καταβάλει να μεταδώσει τις γνώσεις και τη νοοτροπία του Μηχανικού προς τους φοιτητές του.

Τους συνάδελφους μου Παλιούρα Ιωάννη, Γούλα Γεώργιο, Σταμούλη Απόστολο και Λαγό Ιωάννη για την συμπαράστασή και την στήριξη που μου έδειξαν σε μια δύσκολη περίοδο της ζωής μου.

Τέλος, οφείλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου που με στήριξε και με στηρίζει όλα αυτά τα χρόνια και που χωρίς την πολύτιμη παρουσία της δε θα είχα καταφέρει τίποτα από όσα έχω μέχρι στιγμής επιτύχει.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ABSTRACT	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	8
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ/ΕΙΚΟΝΩΝ	8
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
1.1. Ιστορική αναδρομή	10
1.2. Φωτεινή Σηματοδότηση	13
2. ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ	14
2.1. Πεδίο εφαρμογής - Τοποθέτηση σηματοδοτών	14
2.2. Συστήματα σηματοδότησης	16
2.3. Είδη φωτεινών ενδείξεων	17
3. ΚΑΘΕΤΗ ΣΗΜΑΝΣΗ ΟΔΩΝ - ΠΙΝΑΚΙΔΕΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ	18
3.1. Εισαγωγή	18
3.2. Είδη πινακίδων σήμανσης	19
3.3. Μέγεθος πινακίδων	20
3.4. Ορατότητα και αντανακλαστικότητα των πινακίδων σήμανσης.....	22
3.5. Είδη αντανακλαστικών πινακίδων.....	23
3.6. Τύποι αντανακλαστικών μεμβρανών.....	24
3.7. Υλικά και μέθοδοι κατασκευής πινακίδων σήμανσης.....	25
4. ΚΩΔΙΚΑΣ ΟΔΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ (Κ.Ο.Κ.)	26
4.1. Φωτεινή Σηματοδότηση	26
4.2. Ισόπεδες σιδηροδρομικές διαβάσεις.....	29
5. ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΙ ΒΡΟΧΟΙ	32
5.1. Εισαγωγή	32
5.2. Προσχηματισμένοι και επιτόπια διαμορφωμένοι βρόχοι	35
5.3. Καθορισμός Αριθμός τυλιγμάτων	36
5.4. Αρχή λειτουργίας του ανιχνευτή	37
5.5. Καθορισμός της θέσης του βρόχου.....	38



6. ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΣΤΟΥΣ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΟΥΣ.....	39
6.1.1. Το Σύστημα Διαστήματος Χρόνου.....	39
6.1.2. Μήκη Αποκλεισμού.....	40
6.1.3. Μηχανικά Σήματα.....	41
6.2. Τύποι Σηματοδότησης.....	42
6.3. Αυτόματα Συστήματα Σηματοδότησης.....	43
6.3.1. Κυκλώματα Γραμμής.....	43
6.3.2. Προειδοποιήσεις.....	45
6.3.3. Επιβολή.....	46
6.3.4. Επέκταση Μήκους Αποκλεισμού.....	47
6.3.5. Απόσταση Ασφαλούς Πέδησης.....	48
6.3.6. Σηματοδότηση Πολλαπλών Ενδείξεων.....	49
6.3.7. Ζώνες Ταχυτήτων.....	50
6.3.8. Σταθερά και Κινητά Μήκη Αποκλεισμού.....	51
6.4. Αυτόματη Προστασία Συρμών (ATP).....	52
6.4.1. Αυτόματα Συστήματα Ελέγχου.....	54
6.4.1.1. Αυτόματη Προστασία Συρμών (Automatic Train Protection).....	55
6.4.1.2. Αυτόματη Λειτουργία Συρμών (Automatic Train Operation).....	55
6.4.1.3. Αυτόματος Έλεγχος Συρμών (Automatic Train Control).....	55
6.4.1.4. Αυτόματη Εποπτεία Συρμών (Automatic Train Supervision).....	55
6.4.2. Συνεχή Μετάδοση και Ραδιοφάροι.....	56
7. ΤΗΛΕΔΙΟΙΚΗΣΗ.....	57
7.1. Αλληλεξάρτηση και Προσδιορισμός Διαδρομής.....	57
7.2. Διασύνδεση Στερεάς Κατάστασης.....	57
7.3. Κεντρικός Έλεγχος Κυκλοφορίας.....	58
8. ΈΛΕΓΧΟΣ ΟΔΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ.....	60
9. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ.....	62
10. ΕΥΦΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ (INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS).....	64
10.1. Εισαγωγή.....	64
10.2. Πεδίο εφαρμογής.....	65
10.3. Συσκευές ανίχνευσης.....	67
10.4. Τεχνολογίες.....	68



11. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΣ ΛΟΓΙΚΟΣ ΕΛΕΓΚΤΗΣ	69
11.1. Ορισμός.....	69
11.2. Βασική Δομή και αποτελούμενα μέρη των PLC	70
11.3. Γλώσσες προγραμματισμού.....	71
11.4. Εσωτερική λειτουργία του PLC.....	73
11.5. Πλεονεκτήματα των PLC	75
11.6. Τεχνικοί Περιορισμοί	76
12. ΔΟΜΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ	76
12.1. Περιγραφή της εφαρμογής.....	76
12.2. Χειροκίνητη Λειτουργία.....	77
12.3. Αυτόματη Λειτουργία.....	77
12.4. Περιγραφή λειτουργίας.....	80
13. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ	91
13.1. Συστήματα μηχανικής όρασης.....	91
13.2. Ταυτοποίηση μέσω Ραδιοσυχνοτήτων (Radio Frequency Identification).....	93
13.2.1. Στοιχεία του Συστήματος Εφαρμογής	94
13.2.1.1. Ηλεκτρονική ετικέτα.....	94
13.2.1.2. Αναγνώστης	95
13.2.1.3. Κεραία.....	95
13.2.2. Πλεονεκτήματα του RFID	95
14. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	96
15. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	98
16. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	102
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 - Πρόταση	102
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 - Πίνακες και Εικόνες	105



ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Χρήση πινακίδων ανάλογα με τη θέση τοποθέτησής τους επί της οδού	105
Πίνακας 2. Μήκος περιμέτρου βρόχου ανάλογα με τον αριθμό των τυλιγμάτων..	105
Πίνακας 3. Είσοδοι του PLC και περιγραφή τους	106
Πίνακας 4. Έξοδοι του PLC και περιγραφή τους	107
Πίνακας 5. Βοηθητικών καταχωρητών του PLC	107
Πίνακας 6. Χρονικά του PLC	108

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ/ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Το πρώτο φανάρι σχεδιασμένο από τον J. P. Knight	11
Εικόνα 2. Φανάρι με απεικόνιση του εναπομείναντα	12
Εικόνα 3. Φωτεινές ενδείξεις της σηματοδότησης.	18
Εικόνα 4. Αντανακλαστικές πινακίδες	25
Εικόνα 5. Αναγγελία ισόπεδης διάβασης χωρίς κινητά φράγματα	30
Εικόνα 6. Αναγγελία ισόπεδης διάβασης με κινητά φράγματα.	31
Εικόνα 7. Πινακίδες στις προσβάσεις ισόπεδων σιδηροδρομικών διαβάσεων.	32
Εικόνα 8. Το σήμα εισόδου του ανιχνευτή ανάλογα με τον τύπο οχήματος.	34
Εικόνα 9. Κάτοψη αυλακιού για τοποθέτηση των τυλιγμάτων του βρόχου.....	36
Εικόνα 10. Πρόσοψη αυλακιού για τοποθέτηση των τυλιγμάτων του βρόχου.	37
Εικόνα 11. Διάγραμμα περιγραφής βασικής αρχής	40
Εικόνα 12. Ο ρύθμιση της κυκλοφορίας με χρήση μοχλών που ελέγχουν	42
Εικόνα 13. Έγχρωμη φωτεινή σηματοδότηση	43
Εικόνα 14. Διάγραμμα περιγραφής της πράσινης ένδειξης ελεύθερης γραμμής και της κόκκινης ένδειξης κατειλημμένης γραμμής.	44
Εικόνα 15. Διάγραμμα περιγραφής του συστήματος AWS.....	45
Εικόνα 16. Αυτόματο Σύστημα Προειδοποίησης.	46
Εικόνα 17. Διάγραμμα περιγραφής της επιβολής.	47
Εικόνα 18. Διάγραμμα περιγραφής της επέκτασης του μήκους αποκλεισμού.	48
Εικόνα 19. Διάγραμμα περιγραφής της σηματοδότησης πολλαπλών ενδείξεων.	50
Εικόνα 20. Διάγραμμα περιγραφής της αυτόματης προστασίας συρμών ATP.	54
Εικόνα 21. Ραδιοφάροι της εταιρείας Adtranz. Ο πρώτος χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της θέσης του τρένου και ο δεύτερος για τη μετάδοση των δεδομένων.	56
Εικόνα 22. Κεντρικός έλεγχος κυκλοφορίας της πόλης του Tokyo.	59
Εικόνα 23. Μοντέλο του βρόχου ελέγχου της κυκλοφορίας.	61
Εικόνα 24. Μονάδα PLC της Allen - Brandley.	70
Εικόνα 25. Απεικόνιση των γλωσσών προγραμματισμού των PLC.....	73
Εικόνα 26. Διάγραμμα ροής του κύκλου λειτουργίας ενός PLC.....	74
Εικόνα 27. Απεικόνιση της διασταύρωσης δρόμων του αυτοματισμού.....	79
Εικόνα 28. Σύστημα μηχανικής όρασης ελέγχου κυκλοφορίας.	92
Εικόνα 29. Σύστημα RFID.....	94



Εικόνα 30. Ρύθμιση χρονικού T1.....	108
Εικόνα 31. Ρύθμιση χρονικού T2.....	109
Εικόνα 32. Ρύθμιση χρονικού T3.....	109
Εικόνα 33. Ρύθμιση χρονικού T4.....	109
Εικόνα 34. Ρύθμιση χρονικού T5.....	110
Εικόνα 35. Ρύθμιση χρονικού T6.....	110
Εικόνα 36. Πινακίδες αναγγελίας κινδύνου K-31, K-32, K-33, K-34, K-35, K-36, K-37 και Ρυθμιστική πινακίδα P-2	110



1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Ιστορική αναδρομή

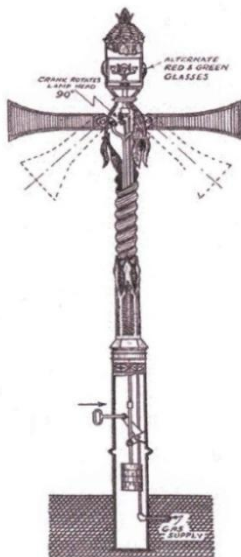
Η ιστορία των φαναριών ξεκινάει πριν ακόμα τεθεί σε κυκλοφορία το πρώτο αυτοκίνητο. Στους δρόμους τότε κυκλοφορούσαν κάρρα και άμαξες, πεζοί και ποδήλατα. Το πρώτο φανάρι τοποθετήθηκε έξω από τη Βρετανική Βουλή στο Λονδίνο τον Δεκέμβρη του 1868 (βλέπε Εικόνα 1). Τοποθετήθηκε εκεί από τον μηχανικό τρένων J. P. Knight. Ήταν μια ανακατασκευή ενός σιδηροδρομικού φαναριού με σηματοφόρους βραχίονες και λάμπες κόκκινες και πράσινες. Οι συγκεκριμένες λυχνίες αερίου ελέγχονταν από έναν μοχλό που βρίσκονταν στη βάση τους, ώστε ανάλογα να είναι διακριτό το κατάλληλο φως. Το συγκεκριμένο σύστημα καταστράφηκε από έκρηξη το 1869 τραυματίζοντας τον αστυνομικό που το χειριζόταν εκείνη τη στιγμή [1].

Το ηλεκτρικό, αυτόματο φανάρι κατασκευάστηκε στην Αμερική το 1912 και εφευρέτης του θεωρείται ο αστυνομικός Lester Wire από το Οχάιο. Το 1914 η Αμερικάνικη Εταιρεία Φωτεινών Σηματοδοτών με εμπνευστή τον James Hoge, τοποθέτησε ένα σύστημα δύο χρωμάτων, κόκκινου και πράσινου και έναν βομβητή που προειδοποιούσε για τις αλλαγές. Το συγκεκριμένο σύστημα επέτρεπε στην Αστυνομία και την Πυροσβεστική να ελέγχουν τα φανάρια σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.

Το πρώτο τρίχρωμο φανάρι τεσσάρων κατευθύνσεων κατασκευάστηκε από τον αστυνομικό William Potts στο Ντιτρόιτ το 1920. Εξαιτίας της ιδιότητάς του ως υπάλληλος της κυβέρνησης δεν μπορούσε να κατοχυρώσει την εφεύρεση του, ώσπου το 1922 ο Thomas E. Hayes κατοχύρωσε το σύστημα αυτό με την ονομασία "Συνδυασμένος οδηγός κυκλοφορίας και ρυθμιστικού σήματος" (Combination traffic guide and traffic regulating signal) [2].



Το πρώτο διασυνδεδεμένο σύστημα κυκλοφορίας εγκαταστάθηκε στο Σολτ Λέικ Σίτυ το 1917 σε δρόμο με έξι διασταυρώσεις, και ελεγχόταν από χειροκίνητους διακόπτες. Η αυτοματοποίηση του συστήματος μπήκε τον Μάρτιο του 1922 στο Χιούστον του Τέξας. Το 1923 ο Garrett Morgan κατοχύρωσε τη δικιά του έκδοση όπου ένας στύλος σε σχήμα T, διέθετε τρεις θέσεις: στοπ, ξεκίνα και σταμάτα προς όλες τις κατευθύνσεις. Η τρίτη κατάσταση έδινε στους οδηγούς τη δυνατότητα να σταματήσουν μέχρι να ξεκινήσει η κυκλοφορία του αντίθετου ρεύματος όπως επίσης και τη δυνατότητα ασφαλούς διάβασης των πεζών. Το μεγάλο του πλεονέκτημα ήταν η δυνατότητα χειρισμού του από απόσταση μέσω μηχανικής σύζευξης.



Εικόνα 1. Το πρώτο φανάρι σχεδιασμένο από τον J. P. Knight βασιζόμενο στην λογική του σημαφόρου.

Η πρώτη πόλη που συνέδεσε με υπολογιστές το σύστημα φαναριών των δρόμων της ήταν το Τορόντο το 1963. Τα χρώματα των φαναριών που αναπαριστούσαν το σταμάτημα και το ξεκίνημα, ενδέχεται να προήλθαν από τη ναυσιπλοΐα, όπου ταύτιζαν το λιμάνι με κόκκινο και το στρίψιμο προς τα δεξιά με πράσινο. Σύμφωνα με τους κανόνες ναυτικής κυκλοφορίας, το πλοίο από τα αριστερά πρέπει να σταματά για αυτό που έρχεται από τα δεξιά, κανόνας που έχει ισχύ στην χερσαία κυκλοφορία σε περίπτωση μη ύπαρξης σήμανσης.



Τα φανάρια στην Ελλάδα λειτουργούν με προρυθμισμένο χρονοδιακόπτη. Τα συγκεκριμένα φανάρια έχουν το μειονέκτημα ότι δεν αναγνωρίζουν τον κυκλοφοριακό φόρτο ενός δρόμου, αλλά λειτουργούν με προκαθορισμένο χρόνο. Υπάρχουν όμως ωράρια (πρωινά, απογευματινά κλπ.) με διαφορετικούς χρόνους διάρκειας για το κάθε φανάρι, που προκύπτει από στατιστική ανάλυση της κάθε διασταύρωσης.



Εικόνα 2. Φανάρι με απεικόνιση του εναπομείναντα χρόνου μέχρι την αλλαγή κατάστασης.

Ως καλύτερη λύση θεωρείται η λειτουργία των φαναριών με χρήση αισθητήρα επαγωγικού βρόχου. Ο συγκεκριμένος αισθητήρας έχει το πλεονέκτημα ότι αναγνωρίζει τον κυκλοφοριακό φόρτο και προσαρμόζεται ανάλογα, σε αντίθεση με το φανάρι προκαθορισμένου χρόνου. Έτσι σε μια άδεια διασταύρωση, όταν φτάσει ένα όχημα, θα ανάψει κατευθείαν το πράσινο για να περάσει. Αντίθετα, στο φανάρι με τον χρονοδιακόπτη, ο οδηγός είναι αναγκασμένος να περιμένει μέχρι να περάσει ο προκαθορισμένος χρόνος, ακόμα και όταν δεν υπάρχει κανένα άλλο όχημα στην διασταύρωση.

Στην Ελλάδα, οι συγκεκριμένοι αισθητήρες έχουν τοποθετηθεί όχι για τον έλεγχο της λειτουργίας του φαναριού, αλλά για να ελέγχουν την πυκνότητα της ροής. Ανάλογα με τη ροή, γίνεται ενημέρωση των ηλεκτρονικών πινακίδων που



βρίσκονται κεντρικούς άξονες αλλά και εξαγωγή στατιστικών αναλύσεων. Στην Αμερική όλα τα φανάρια έχουν αισθητήρα, ακόμα και στην τελευταία γειτονιά της μικρότερης κωμόπολης.

Ακόμα μια χρήση των αισθητήρων είναι η χρήση τους για τον έλεγχο της ροής των αυτοκινήτων που εισέρχονται στον αυτοκινητόδρομο. Σε όλες τις εισόδους του αυτοκινητόδρομου υπάρχει φανάρι. Κατά γενικό κανόνα ανάβει πάντα πράσινο ώστε το όχημα να εισέλθει στον αυτοκινητόδρομο. Όταν η ροή του αυτοκινητόδρομου γίνει πυκνή, τότε ανάβει είτε πράσινο είτε κόκκινο εκ περιτροπής ώστε να μειωθεί ο ρυθμός εισόδων νέων αυτοκινήτων στον ήδη κορεσμένο αυτοκινητόδρομο [4].

1.2. Φωτεινή Σηματοδότηση

Η φωτεινή σηματοδότηση είναι το σύστημα ελέγχου κυκλοφορίας το οποίο είναι υπεύθυνο για την ομαλή κίνηση πεζών και οχημάτων, με σκοπό να εξασφαλίζει την ισόρροπη εξυπηρέτηση όλων των κατευθύνσεων, την αύξηση της κυκλοφοριακής ροής, όπως επίσης και την σήμανση διαφόρων σημείων σε ιδιωτικούς ή δημόσιους χώρους που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής από τους οδηγούς. Η επίτευξη αυτή γίνεται με τη βοήθεια συσκευών που συνήθως λειτουργούν με ηλεκτρική ενέργεια. Κύριο χαρακτηριστικό της σηματοδότησης είναι η χρήση απλών χρωματικών ενδείξεων ή απλών κωδικοποιημένων συμβόλων και σκοπός της είναι η ρύθμιση της κυκλοφορίας, είτε σταματώντας, είτε επιτρέποντας τη διέλευση των οχημάτων και των πεζών.

Τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται ένα σύστημα σηματοδότησης είναι η κεφαλή, που φέρει τις φωτεινές ενδείξεις, οι διατάξεις στήριξής τους και οι κεντρικές μονάδες διαχείρισης της σηματορρύθμισης. Στις περιπτώσεις που υπάρχει επενεργούμενη σηματοδότηση, είναι απαραίτητο να υπάρχουν οι κατάλληλοι ανιχνευτές, ενώ υπάρχει και η δυνατότητα διαχείρισης κυκλοφορίας μίας ευρύτερης περιοχής από ένα κέντρο διαχείρισης σηματορρύθμισης.



Ο τρόπος λειτουργίας της σηματοδότησης και ο σκοπός που επιτελεί, φανερώνουν την αναγκαιότητα χρήσης αυτής για την ανεμπόδιστη και ασφαλή λειτουργία ενός οδικού σημείου. Ωστόσο, στην περιπτώσεις των ισόπεδων κόμβων όπου έχουν πολύ μεγάλη εφαρμογή, απαιτείται σύνεση στην εγκατάσταση της. Σε έναν κόμβο, μία σωστά εγκατεστημένη φωτεινή σηματοδότηση παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα, διότι εξασφαλίζει την εξυπηρέτηση όλων των κατευθύνσεων, μειώνει την κυκλοφοριακή συμφόρηση των κόμβων, μειώνει τον αριθμό των ατυχημάτων και επιτρέπει την ασφαλή κυκλοφορία οχημάτων και πεζών. Στον αντίποδα, η υπερβολική χρήση σημάτων στους κόμβους μπορεί να προκαλέσει σύγχυση στους χρηστές με συνέπεια την αύξηση των καθυστερήσεων και των παραβιάσεων, εκτροπή της κυκλοφορίας σε τοπικές οδούς και αύξηση των ατυχημάτων [4].

Η φωτεινή σηματοδότηση απευθύνεται σε όλους τους χρήστες ενός κόμβου, είτε πρόκειται για οδηγό, είτε πεζό. Η προτυποποίηση και ο σωστός σχεδιασμός ενός συστήματος σηματοδότησης πρέπει να γίνεται κατανοητός και σαφής λαμβάνοντας υπόψη ότι στους πεζούς συγκαταλέγονται άτομα μεγάλης ηλικίας, άτομα με κινητικές δυσκολίες και άτομα με προβλήματα στην όραση. Επίσης, οι σηματοδότες είναι απαραίτητο να λειτουργούν κάτω από οποιεσδήποτε καιρικές συνθήκες και ορατότητας [5].

2. ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ

2.1. Πεδίο εφαρμογής - Τοποθέτηση σηματοδοτών

Η φωτεινή σηματοδότηση βρίσκει εφαρμογή σε όσες περιπτώσεις απαιτείται η ρύθμιση μιας διέλευσης ή μη, που κύριο σκοπό έχει την εξυπηρέτηση των οχημάτων και των πεζών, σε συγκεκριμένα σημεία μίας οδού και για συγκεκριμένους λόγους. Οι περιπτώσεις αυτές είναι οι εξής:



- Ισόπεδοι κόμβοι όπου υπάρχει μεγάλος φόρτος κυκλοφορίας ή η διαμόρφωση δεν κρίνεται ασφαλής, ή σε κόμβους όπου χρειάζεται επενεργούμενη σηματοδότηση μεγάλης ροής στη μία διεύθυνση και μικρότερης στην άλλη.
- Σε ισόπεδες διαβάσεις σιδηροδρόμων.
- Σε σταθμούς διοδίων.
- Σε εισόδους αυτοκινητοδρόμων.
- Στις προσβάσεις στενών τμημάτων όπου γίνεται χρήση μιας λωρίδας κυκλοφορίας, όπως στενές γέφυρες ή σήραγγες, ή περιοχές εκτέλεσης έργων, με την εναλλαγή της κίνησης των δυο ρευμάτων κυκλοφορίας.
- Στις κινητές γέφυρες.
- Σε περιπτώσεις όπου κρίνεται η αντιστροφή κατεύθυνσης των λωρίδων, ώστε να υποδειχθούν οι επιτρεπόμενες λωρίδες κίνησης.
- Στις αυτόματες κινητές πύλες.
- Στις περιοχές φορτοεκφορτώσεων.
- Σε σταθμούς οχημάτων άμεσης ανάγκης όπως πυροσβεστική, για την παραχώρηση προτεραιότητας σε αυτά.
- Στις διαβάσεις όπου υπάρχει αυξημένος φόρτος πεζών.

Συνηθέστερη εφαρμογή της σηματοδότησης γίνεται σε κόμβους αστικών περιοχών. Σε αυτές τις περιπτώσεις, χρειάζονται συγκοινωνιακές μελέτες, όπου μέσα σε αυτές θα υπάρχουν μετρήσεις οχημάτων και πεζών, ανάλυση προηγούμενων ατυχημάτων, μελέτη της μορφής του κόμβου και του ευρύτερου δικτύου κλπ. Μέσα στη μελέτη αναφέρονται επίσης η περίοδος σηματοδότησης, η διαδοχή και οι χρόνοι μεταξύ των φάσεων, οι συνδυασμοί της κίνησης οχημάτων και πεζών, οι χρόνοι καθυστερήσεων και τα μήκη ουράς, η ανάγκη επενέργειας και συντονισμού, στοιχεία τα οποία καθορίζουν το είδος του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί.



2.2. Συστήματα σηματοδότησης

Ο διαχωρισμός των συστημάτων σηματοδότησης καθορίζεται με βάση το είδος της επενέργειας από την κυκλοφορία και το είδος του συντονισμού μεταξύ διαφορετικών κόμβων. Ανάλογα με το είδος του συστήματος που θα εφαρμοστεί γίνεται η επιλογή του κατάλληλου τεχνικού εξοπλισμού.

Ανάλογα με το είδος επενέργειας, διακρίνονται οι εξής τύποι:

- Σηματοδότηση σταθερού χρόνου (pretimed ή fixed time): Ο χρόνος εναλλαγής των φάσεων σηματορρύθμισης παραμένει σταθερός με δυνατότητα προεπιλογής προγραμμάτων με βάση την περίοδο της ημέρας.
- Σηματοδότηση ημιεπενεργούμενη από την κυκλοφορία (semi-actuated): Στον τύπο αυτό γίνεται καταγραφή της κυκλοφορίας σε μία ή περισσότερες, αλλά όχι σε όλες τις προσβάσεις και τα αποτελέσματα αυτών μεταβάλουν δυναμικά και επί τόπου τους χρόνους σηματοδότησης. Η καταγραφή αυτή είναι σύνθητες να γίνεται στις προσβάσεις όπου υπάρχουν ασθενέστερες ροές, ώστε να γίνεται διακοπή των κύριων κινήσεων μόλις παρουσιαστούν οχήματα ή πεζοί στις προσβάσεις αυτές.
- Σηματοδότηση πλήρως επενεργούμενη (full actuated): Η καταγραφή γίνεται σε όλες τις προσβάσεις. Όπου υπάρχει επενέργεια είναι υποχρεωτική η χρήση κατάλληλων ανιχνευτών, καθώς και κατάλληλων κεντρικών μονάδων. Παράδειγμα συσκευών επενέργειας είναι τα πλήκτρα των πεζών.

Ανάλογα με το είδος του συντονισμού, διακρίνονται οι εξής τύποι:

- Μη συντονισμένη σηματοδότηση: κάθε κόμβος σε ένα δίκτυο έχει δικό του ανεξάρτητο πρόγραμμα.
- Σηματοδότηση συντονισμένη κατά μήκος αρτηρίας: Η σηματοδότηση των διαδοχικών κόμβων σε μια οδό πραγματοποιείται εξασφαλίζοντας ότι θα



υπάρχει μια συνεχής ροή (πράσινο κύμα). Γίνεται χρήση μίας κύριας μονάδας ρύθμισης η οποία συντονίζει τις τοπικές μονάδες κάθε κόμβου.

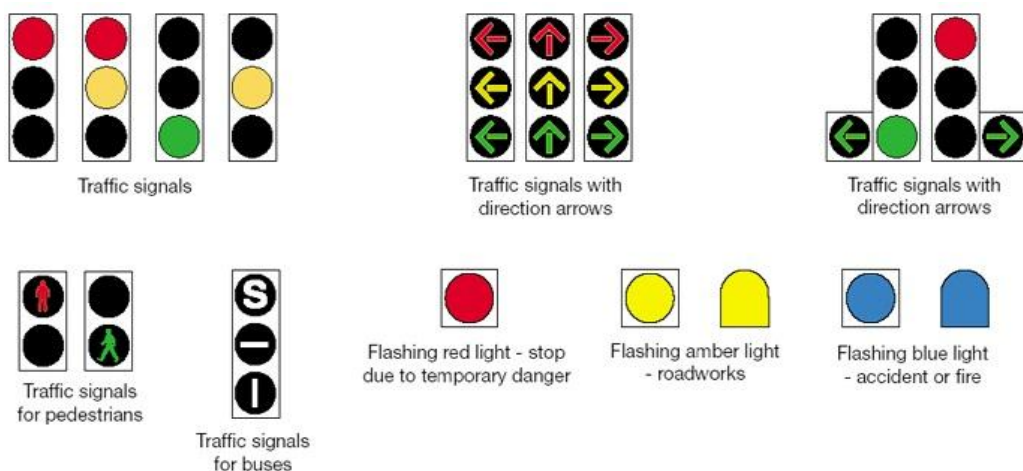
- Συστήματα καθολικής ρύθμισης κυκλοφορίας: Είναι η πιο σύγχρονη μέθοδος στο χώρο της σηματοδότησης του αστικού δικτύου. Το συγκεκριμένο σύστημα καταγράφει τους κυκλοφοριακούς φόρτους σε διάφορα σημεία του δικτύου και η κεντρική μονάδα διαχειρίζεται τη σηματορρύθμιση της περιοχής, με τρόπο ώστε να γίνεται ελαχιστοποίηση του κόστους καθυστερήσεων και των στάσεων. Η χρήση ανιχνευτών σε αυτή την περίπτωση θεωρείται απαραίτητη.

2.3. Είδη φωτεινών ενδείξεων

Σκοπός της φωτεινής σηματοδότησης, με τη βοήθεια απλών και σαφών ενδείξεων, είναι η κατανόηση απλών και σαφή μηνυμάτων από τους χρήστες μιας οδού. Για μια πλήρη ένδειξη μιας φωτεινής σηματοδότησης απαιτούνται είτε απλές χρωματικές ενδείξεις, είτε συμβολικές ενδείξεις, είτε συνδυασμός τους.

Για τις χρωματικές ενδείξεις, στην Ελλάδα, όπως και παγκοσμίως, εφαρμόζονται τρία διαφορετικά χρώματα, πράσινο, κίτρινο και κόκκινο, σε σταθερή και αναλάμπουσα μορφή. Κατά τον ελληνικό ΚΟΚ [9], υπάρχουν οι παρακάτω ενδείξεις:

- Πράσινη σταθερή ένδειξη: Επιτρέπει την κίνηση.
- Κόκκινη σταθερή ένδειξη: Δηλώνει υποχρέωση στάσης.
- Κίτρινη σταθερή ένδειξη: Επιτρέπει την κίνηση μόνο εάν προφταίνεται η κόκκινη ένδειξη.
- Πράσινη αναλάμπουσα ένδειξη: Κίνηση μόνο για πεζούς με ιδιαίτερη προσοχή.
- Κόκκινη αναλάμπουσα ένδειξη: Ακινητοποίηση λόγω ιδιαίτερου κινδύνου.
- Κίτρινη αναλάμπουσα ένδειξη: Επιτρέπει την κίνηση, με ιδιαίτερη προσοχή και με παραχώρηση προτεραιότητας προς όλους τους χρήστες.



Εικόνα 3. Φωτεινές ενδείξεις της σηματοδότησης.

3. ΚΑΘΕΤΗ ΣΗΜΑΝΣΗ ΟΔΩΝ - ΠΙΝΑΚΙΔΕΣ ΣΗΜΑΝΣΗΣ

3.1. Εισαγωγή

Η οδική κάθετη σήμανση αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην ασφάλεια των οδικών δικτύων, στην αποτροπή τροχαίων ατυχημάτων και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ενημέρωση του οδηγού σχετικά με την κατεύθυνσή του. Στην κάθετη σήμανση περιλαμβάνονται η ρύθμιση της κυκλοφορίας, όπως και η τήρηση των κανόνων της.

Στην κάθετη σήμανση του οδικού δικτύου περιλαμβάνονται πινακίδες σήμανσης οι οποίες περιέχουν σύμβολα, σχέδια και κείμενα και είναι τυποποιημένα, απλά και ευδιάκριτα. Οι πινακίδες τοποθετούνται ανάλογα με το μέγεθός τους και τη λειτουργία τους σε συγκεκριμένες θέσεις στις οδούς.

Η πρώτη προσπάθεια θέσπισης διεθνών κανόνων σήμανσης υπήρξε από τις πρώτες χρονιές κυκλοφορίας του αυτοκινήτου με τη Σύμβαση του Παρισίων το 1909. Στον ελληνικό χώρο, η ΕΛΠΑ ήταν ο πρώτος θεσμός που όρισε τους κανόνες



των Ελληνικών δρόμων το 1924 και το 1974 εκπονήθηκαν οι πρώτες προδιαγραφές σήμανσης.

Στο πρώιμο στάδιο κατασκευής των πρώτων αυτοκινητόδρομων, δεν υπήρχαν ακόμα κανόνες σήμανσης και προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα σημάσεως συντάχθηκε ο πρώτος Κανονισμός Μελετών Έργων (ΚΜΕ). Σήμερα, με την ανάθεση της διαχείρισης και κατασκευής των νέων αυτοκινητόδρομων, όπως η Εγνατία Οδός, η Αττική Οδός και ο αυτοκινητόδρομος Πάτρα-Αθήνα-Θεσσαλονίκη-Εύζωνοι (ΠΑΘΕ), η σύνταξη προδιαγραφών και οδηγιών για τις σημάσεις των οδών, έχει γίνει από τις αντίστοιχες διαχειρίστριες εταιρείες.

3.2. Είδη πινακίδων σήμανσης

Οι πινακίδες οριζόντιας σήμανσης, κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το σκοπό του μηνύματος ή του συμβόλου επί της πινακίδας. Έτσι, διακρίνονται οι παρακάτω κατηγορίες:

- Πινακίδες Αναγγελίας Κινδύνου: Τοποθετούνται σε συγκεκριμένες θέσεις ώστε να προειδοποιήσουν για έναν επερχόμενο κίνδυνο και να επιστήσουν την προσοχή στους χρήστες του δικτύου. Δηλώνουν επικίνδυνες θέσεις, προσβάσεις οδικών κόμβων και προσβάσεις ισόπεδων σιδηροδρομικών διαβάσεων. Σύμφωνα με τον ΚΟΚ για την Ελλάδα είναι 46 διαφορετικές πινακίδες και συμβολίζονται με το γράμμα (Κ).
- Ρυθμιστικές Πινακίδες Κυκλοφορίας: Τοποθετούνται σε συγκεκριμένα σημεία επί της οδού για να πληροφορούν τους χρήστες για τις προτεραιότητες, τις απαγορεύσεις ή τους περιορισμούς και τις υποχρεώσεις. Σύμφωνα με τον ΚΟΚ για την Ελλάδα είναι 82 διαφορετικές πινακίδες και συμβολίζονται με το γράμμα (Ρ).



- Πληροφοριακές Πινακίδες: Παρέχουν πληροφορίες σχετικές με την οδό, για θέματα κατεύθυνσης, χιλιομέτρησης, τοπωνυμίων και εγκαταστάσεων. Κύρια εφαρμογή τους είναι η δήλωση προειδοποίησης κατεύθυνσης, αρίθμησης οδών και χιλιομέτρησης, τοπωνυμίων, επιβεβαιώσεων, χρήσιμων πληροφοριών για τους οδηγούς και διάφορων εγκαταστάσεων. Σύμφωνα με τον ΚΟΚ για την Ελλάδα είναι 106 διαφορετικές πινακίδες και συμβολίζονται με το γράμμα (Π).
- Πρόσθετες Πινακίδες: Είναι μικρές πινακίδες που τοποθετούνται πάντοτε σε συνδυασμό με τις άλλες κύριες πινακίδες σήμανσης από τις παραπάνω, ώστε να συμπληρώσουν το μήνυμά τους. Σύμφωνα με τον ΚΟΚ είναι 24 διαφορετικές πινακίδες, οι οποίες χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τις παραπάνω ομάδες και 17 διαφορετικές πινακίδες που συμβολίζουν τους τύπους οχημάτων που κυκλοφορούν στο Ελληνικό δίκτυο. Η ομάδα αυτή των σημάτων συμβολίζεται με τα γράμματα (Πρ).

Στην Ελλάδα, το είδος, η μορφή, οι διαστάσεις, τα σχέδια και τα υλικά κατασκευής των πινακίδων σήμανσης των οδών έχουν καθοριστεί με σχετική Υπουργική Απόφαση [6] και μεταγενέστερες πρότυπες τεχνικές προδιαγραφές, περιλαμβάνονται δε εν μέρει και στον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας [7].

3.3. Μέγεθος πινακίδων

Το μέγεθος των πινακίδων καθορίζεται ανάλογα με την επιτρεπόμενη ταχύτητα κίνησης του οχήματος επί της οδού. Για αυτοκινητόδρομους όπου οι ταχύτητες είναι μεγάλες επιλέγονται μεγάλοι μεγέθους πινακίδες, σε αντίθεση με των δευτερευουσών οδών όπου επιλέγονται μικρότερες. Με βάση το μέγεθος κρίνεται ότι όσο μεγαλύτερη είναι η πινακίδα, τόσο μεγαλύτερη εντύπωση μπορεί να προκαλέσει στον οδηγό, άρα κατ' επέκταση και στην κατανόηση του μηνύματος. Ο μόνος περιορισμός που μπορεί να υπάρξει στο μέγεθος της σήμανσης είναι σε αστικό περιβάλλον, όπου υπάρχει περιορισμένος χώρος αλλά και για λόγους



αισθητικής. Στους ελληνικούς κανονισμούς η διαστασιολόγηση πινακίδων, αριθμών, λέξεων, σημάτων κλπ., δίνονται σε τρία μεγέθη (τρεις αριθμοί για κάθε διάσταση), έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα επιλογής του μεγέθους ανάλογα με τις ειδικές συνθήκες κατά περίπτωση. Έτσι, διακρίνονται τα παρακάτω μεγέθη:

- Μικρού μεγέθους κυκλικής διαμέτρου 450 mm, ισόπλευρες τριγωνικές πλευράς 600 mm, πληροφοριακές με γράμματα ύψους 100 mm, οκταγωνική STOP περιγραμμένη σε κύκλο διαμέτρου 600 mm. Τοποθετούνται συνήθως σε χωριά ή μικρές πόλεις, ιδιωτικές και αγροτικές οδούς και σε ιδιωτικούς χώρους. Τέτοιες πινακίδες τοποθετούνται και σε επαρχιακές οδούς, κατόπιν έγκρισης της αρμόδιας υπηρεσίας.
- Μεσαίου μεγέθους κυκλικής διαμέτρου 650 mm, ισόπλευρες τριγωνικές πλευράς 600 mm, πληροφοριακές με γράμματα ύψους 100 mm, οκταγωνική STOP περιγραμμένη σε κύκλο διαμέτρου 900 mm. Τοποθετούνται κυρίως σε μεγάλες πόλεις και σε επαρχιακές και εθνικές οδούς.
- Μεγάλου μεγέθους κυκλικής διαμέτρου 900 mm, ισόπλευρες τριγωνικές πλευράς 1200 mm, πληροφοριακές με γράμματα ύψους 200 mm, οκταγωνική STOP περιγραμμένη σε κύκλο διαμέτρου 1200 mm. Τοποθετούνται σε οδούς ταχείας κυκλοφορίας.

Μία ακόμη κατηγορία πινακίδων σήμανσης βάσει μεγέθους είναι οι Πληροφοριακές Πινακίδες Κατευθύνσεων στους αυτοκινητοδρόμους, όπου τοποθετούνται είτε παραπλεύρως, είτε επάνω από την οδό. Σε αυτές τις περιπτώσεις, το μέγεθος της πινακίδας, όπως και το μέγεθος των γραμμάτων και η γραμματοσειρά, κρίνονται ιδιαίτερης αντιμετώπισης, εξαιτίας των διαφορετικών απαιτήσεων που επιβάλλει η οδήγηση σε αυτοκινητοδρόμους.



3.4. Ορατότητα και αντανακλαστικότητα των πινακίδων σήμανσης

Από τα σοβαρότερα προβλήματα που αφορούν την κάθετη σήμανση είναι η ορατότητα που παρέχουν οι πινακίδες κατά τη διάρκεια της νύχτας. Κατά κύριο λόγο, οι πινακίδες βρίσκονται μέσα στο πεδίο της δέσμης των φώτων των οχημάτων, παρόλα αυτά δεν κρίνονται επαρκή για την ορατότητά τους. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος ακολουθούνται οι παρακάτω τεχνικές:

- Εσωτερικά φωτιζόμενες πινακίδες: Είναι πινακίδες κατασκευασμένες από κατάλληλα ημιδιαφανή υλικά, οι οποίες φωτίζονται από εσωτερικά φωτιστικά σώματα.
- Εξωτερικά φωτιζόμενες πινακίδες: Πινακίδες όπου φωτίζονται από προβολείς στραμμένους επάνω τους.
- Πινακίδες με αντανακλαστικά υλικά: Πινακίδες όπου μέρος αυτών ή όλο το τμήμα τους είναι από κατάλληλη αντανακλαστική μεμβράνη.
- Οι εσωτερικά φωτιζόμενες πινακίδες: είναι οι αποτελεσματικότερες πινακίδες κατά τη νύχτα. Κύριο τους όμως μειονέκτημα είναι ότι απαιτούν ηλεκτρική ενέργεια, όποτε απαιτείται επιπλέον κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Επιπλέον, σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος ή βλάβης των φωτιστικών τους σωμάτων, η λειτουργία τους παύει τελείως και τις καθιστά άορατες καθώς το υλικό επικάλυψής τους δεν είναι αντανακλαστικό. Έτσι, η εφαρμογή αυτών των πινακίδων περιορίζεται κυρίως σε αστικές περιοχές, όπου υπάρχει έτοιμο ηλεκτρικό δίκτυο, και σε συγκεκριμένα σημεία υπεραστικών δικτύων υψηλής επικινδυνότητας, καθώς οι εν λόγω πινακίδες είναι ορατές από μεγάλη απόσταση.

Αντίστοιχα προβλήματα σχετικά με την εξάρτησή τους από την ηλεκτρική ενέργεια παρουσιάζουν και οι εξωτερικά φωτιζόμενες πινακίδες. Οι πινακίδες αυτές βρίσκουν εφαρμογή σε σημεία όπου υπάρχει δύσκολη προσέγγιση της φωτεινής



δέσμης των οχημάτων, όπως οι υπεράνω του οδοστρώματος γέφυρες σήμανσης, ή όπου χρειάζεται η σήμανση να είναι ορατή από μεγάλη απόσταση.

Για την αντιμετώπιση του προβλήματος της νυχτερινής ορατότητας, κατά τη συντριπτική τους πλειοψηφία οι πινακίδες σήμανσης φέρουν αντανακλαστικές μεμβράνες. Οι πινακίδες αυτές για να λειτουργήσουν, αξιοποιούν το φως των φανών των οχημάτων.

3.5. Είδη αντανακλαστικών πινακίδων

Ανάλογα με το υλικό κατασκευής του σήματός τους (αντανακλαστική ή μη μεμβράνη), οι πινακίδες διακρίνονται σε μη αντανακλαστικές, ημιαντανακλαστικές και αντανακλαστικές:

- Μη αντανακλαστικές: Είναι οι πινακίδες όπου ολόκληρη η επιφάνεια της κύριας όψης είναι μη αντανακλαστική. Η χρήση των μη αντανακλαστικών γίνεται σε οδούς που φωτίζονται το βράδυ, αν και είναι περιορισμένη εξαιτίας της πιθανότητας απροσεξίας του οδηγού σε περίπτωση μη επαρκούς φωτισμού.
- Ημιαντανακλαστικές: Είναι οι πινακίδες όπου το φόντο τους είναι μη αντανακλαστικό και τα σύμβολα ή τα γράμματα είναι. Όλες οι πληροφοριακές πινακίδες στην Ελλάδα είναι ημιαντανακλαστικές, δηλαδή το γαλάζιο φόντο δεν είναι αντανακλαστικό, ενώ οι αναγραφόμενες πληροφορίες που αφορούν τον οδηγό (λευκά και κίτρινα γράμματα, αριθμοί, βέλη και περιθώρια) κατασκευάζονται αντανακλαστικές.
- Αντανακλαστικές: Χαρακτηρίζονται οι πινακίδες όπου ολόκληρη η επιφάνεια της κύριας όψης τους, εκτός των συμβόλων μαύρου χρώματος, είναι αντανακλαστική. Όλες οι Πινακίδες Αναγγελίας Κινδύνου, οι περισσότερες Ρυθμιστικές της κυκλοφορίας και οι Πληροφοριακές Πινακίδες επισήμανσης αρχής και τέλους κατοικημένης περιοχής κατασκευάζονται με



αντανακλαστική μεμβράνη. Η εμφάνιση των συγκεκριμένων πινακίδων δεν έχει πρακτικά καμία διαφορά μεταξύ ημέρας και νύχτας.

3.6. Τύποι αντανακλαστικών μεμβρανών

Κύριο χαρακτηριστικό των αντανακλαστικών μεμβρανών των πινακίδων σήμανσης είναι η οπισθανάκλαση. Ως οπισθανάκλαση ορίζεται η ικανότητα επιστροφής της φωτεινής δέσμης μακροσκοπικά στην ίδια κατεύθυνση της πρόσπτωσης. Για της επίτευξη αυτού του φαινομένου γίνεται χρήση μικροσκοπικών γυάλινων σφαιριδίων, τα οποία είναι ενσωματωμένα στις μεμβράνες, έχουν διάμετρο 0,01-0,1 mm, ενώ ένα σκληρό και διαφανές εξωτερικό πλαστικό περίβλημα προστατεύει τη μεμβράνη από τη γρήγορη γήρανση λόγω των ατμοσφαιρικών συνθηκών.

Αυτή η αντανακλαστική μεμβράνη χαρακτηρίζεται από το Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO) ως μεμβράνη Τύπου I (Type I). Η τεχνολογική εξέλιξη οδήγησε στη δημιουργία της αντανακλαστικής μεμβράνης Τύπου II (Type II), που διαθέτει πολλαπλάσια ικανότητα οπισθανάκλασης, μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και καλύτερη συμπεριφορά στην υπό γωνία πρόσπτωση των φωτεινών ακτίνων. Ο τύπος αυτός αποτελεί πλέον κοινό τύπο σε όλα τα ευρωπαϊκά κράτη. Τέλος, τα τελευταία χρόνια έχει επινοηθεί και ένας ακόμη τύπος αντανακλαστικών μεμβρανών, ο Τύπος III (Type III), ο οποίος έχει ακόμη καλύτερη συμπεριφορά, και που μπορεί να συγκριθεί σε απόδοση ακόμη και με τις εσωτερικά φωτιζόμενες πινακίδες [8].

Ο τύπος III (βλέπε εικόνα 4) είναι αποτελεσματικός ακόμη και σε άποψη της πινακίδας υπό γωνία, όντας, κατά συνέπεια, κατάλληλος και για περιπτώσεις θέσης της πινακίδας σε σχετικά μεγάλη απόσταση από το άκρο της οδού, ή για γέφυρες σήμανσης. Ο τύπος της αντανακλαστικής μεμβράνης καθορίζεται με βάση το είδος της πινακίδας, του είδους της οδού και της περιφερειακής όχλησης από άλλες φωτεινές πηγές, φαινόμενο γνωστό και ως φωτορύπανση (βλέπε Πίνακα 1).



Εικόνα 4. Αντανακλαστικές πινακίδες.

Εκτός από τις συνήθεις αντανακλαστικές μεμβράνες, που χρησιμοποιούνται κατά κόρον στην κατακόρυφη σήμανση, υπάρχουν και οι φθορίζουσες αντανακλαστικές μεμβράνες, που χρησιμοποιούνται σε ειδικές περιστάσεις. Στις μεμβράνες αυτές παρουσιάζεται το πλεονέκτημα της εξαιρετικής ευκρίνειας, ημέρα και νύχτα, και χρησιμοποιούνται ως σχολικές πινακίδες ή πινακίδες που υποδηλώνουν σημαντικούς κινδύνους. Το μειονέκτημα των φθορίζουσών μεμβρανών είναι η γρήγορη απώλεια της αντανακλαστικότητάς τους, σε διάστημα λίγων μηνών στις πιο συνήθεις περιπτώσεις.

3.7. Υλικά και μέθοδοι κατασκευής πινακίδων σήμανσης

Τα υλικά κατασκευής των αντανακλαστικών και ημιαντανακλαστικών πινακίδων σήμανσης για την Ελλάδα είναι:

- Φύλλα αλουμινίου από κράμα τύπου AlMg₂ κατά DIN1725, Blatt1.
- Φύλλα αλουμινίου τύπου SIC-H₄ κατά B.S. 1470/1972, πάχους 3 mm.



Για την κατασκευή του σήματος γίνεται χρήση της ανάλογης μεμβράνης, από αντανακλαστικό ή μη υλικό, ανάλογα με το είδος της πινακίδας. Στις υπόλοιπες χώρες δεν υπάρχει περιορισμός στη χρήση συγκεκριμένων υλικών, αρκεί αυτά να πληρούν τις υπάρχουσες στη χώρα εκείνη προδιαγραφές αντοχής. Στις Η.Π.Α. και στον Καναδά χρησιμοποιούνται επεξεργασμένα σιδηρούχα ή μη μέταλλα, κυρίως φύλλα αλουμινίου και χάλυβα. Γίνεται όμως και χρήση φάιμπεργκλας ή πλαστικών υλικών, κυρίως για παροδική σήμανση. Επίσης, μπορεί να γίνει κατασκευή πινακίδων από κόντρα πλακέ, επενδυμένες με αδιάβροχη ρητίνη, κ.ά.

Στην διαδικασία κατασκευής του σήματος, οι μεμβράνες κόβονται στις ανάλογες διαστάσεις και σχήματα, όπως υποχρεούνται βάσει κανονισμών και στη συνέχεια ακολουθεί η επικόλληση της μεμβράνης στην επιφάνεια του αλουμινίου με δύο διαφορετικούς τρόπους ανάλογα με το είδος της:

- Μεμβράνη αυτοκόλλητη, όπου αρκεί απλή εφαρμογή πίεσης.
- Επικόλληση της μεμβράνης και τοποθέτηση των πινακίδων σε ειδικό θάλαμο, όπου δημιουργεί κενό αέρα και θερμοκρασία 90-100° C.

Πριν από την παράδοση των πινακίδων γίνεται έλεγχος της ποιότητάς τους δειγματοληπτικά. Τέλος, οι φθορίζουσες μεμβράνες είναι, συνήθως, αυτοκόλλητα υλικά τοποθετημένα επάνω στο αλουμίνιο, και σε χρώματα φωσφορίζοντος λευκού, κίτρινου ή πορτοκαλί.

4. ΚΩΔΙΚΑΣ ΟΔΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ (Κ.Ο.Κ.)

4.1. Φωτεινή Σηματοδότηση

Στη φωτεινή σηματοδότηση για την κυκλοφορία οχημάτων:



- Οι οδηγοί των οδικών οχημάτων υποχρεούνται να συμμορφώνονται με τις πιο κάτω ενδείξεις των φωτεινών σηματοδοτών ρύθμισης της κυκλοφορίας, εκτός αν η ρύθμιση αυτής γίνεται από τροχονόμο κατά διάφορο τρόπο.
 1. Πράσινο σταθερό φως κυκλικής μορφής: Ο οδηγός κινείται μπροστά ή στρίβει προς τα δεξιά ή τα αριστερά, εκτός αν υπάρχει άλλο σήμα ή πινακίδα που να απαγορεύει την κατευθείαν κίνηση ή την στροφή. Ο οδηγός έχει την υποχρέωση ακόμη και αν ο σηματοδότης δείχνει πράσινο φως και κινείται μπροστά, να παραχωρήσει προτεραιότητα ακόμη σε κινούμενο όχημα ή πεζό που κινείται από προηγούμενη σηματοδότηση. Αν στρίβει υποχρεούται πάλι να παραχωρήσει προτεραιότητα στους πεζούς, οι οποίοι κινούνται στην οδό στην οποία πρόκειται να εισέλθει.
 2. Ερυθρό σταθερό φως κυκλικής μορφής: Ο οδηγός υποχρεούται να σταματήσει πριν από την ειδική γραμμή διακοπής ή, εφόσον δεν υπάρχει τέτοια, σε αρκετή απόσταση από τον σηματοδότη, έτσι ώστε η σηματοδότηση να είναι ορατή από τον οδηγό και να παραμένει σταματημένος μέχρι να ανάψει το πράσινο φως. Στις περιπτώσεις που ο σηματοδότης είναι στο μέσο ή στην απέναντι πλευρά του κόμβου, ο οδηγός έχει την υποχρέωση να εισέρχεται στον κόμβο, ούτε να κινείται στις διαβάσεις των πεζών.
 3. Κίτρινο σταθερό φως κυκλικής μορφής: Ο οδηγός υποχρεούται να σταματήσει, όπως στον ερυθρό φως, εκτός αν βρίσκεται τόσο κοντά στο σηματοδότη, ώστε να μην μπορεί να σταματήσει με ασφάλεια.
 4. Απλό ή διπλό κίτρινο φως κυκλικής μορφής, το οποίο αναβοσβήνει: Ο οδηγός υποχρεούται να μειώνει ταχύτητα και να προχωρήσει με ιδιαίτερη προσοχή παραχωρώντας προτεραιότητα σε πεζούς και οχήματα.
 5. Απλό ερυθρό φως, το οποίο αναβοσβήνει, κυκλικής μορφής ή διπλό εναλλασσόμενο στον ίδιο ιστό, στο αυτό ύψος και προς την αυτήν κατεύθυνση: Υποδηλώνει μεγάλο κίνδυνο και ο οδηγός είναι



υποχρεωμένος να ακινητοποιήσει το όχημα, όπως στο ερυθρό σταθερό φως. Η χρήση της συναντάται μόνο στις ισόπεδες σιδηροδρομικές διαβάσεις, όπου υπάρχουν κινητές γέφυρες ή αποβάθρες οχηματαγωγών, στα πυροσβεστικά οχήματα που εισέρχονται σε οδό ή σε προσέγγιση αεροσκαφών, τα οποία θα διέλθουν σε χαμηλό ύψος πάνω από την οδό.

6. Πράσινο φως με μορφή ενός ή περισσότερων βελών: Ο οδηγός μπορεί να προχωρήσει μόνο προς την κατεύθυνση που δείχνει το βέλος ή τα βέλη. Βέλος με ένδειξη προς τα πάνω υποδηλώνει υποχρεωτική κίνηση κατευθείαν μπροστά.
7. Σηματοδότης τρίχρωμου συστήματος, ο οποίος περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα πρόσθετα πράσινα βέλη: Ο οδηγός έχει τη δυνατότητα να προχωρήσει προς την κατεύθυνση που δείχνει το βέλος ή τα βέλη, ανεξάρτητα από την κατάσταση που βρίσκεται ο σηματοδότης εκείνη τη στιγμή και εφόσον προηγουμένως έχει εισέλθει στη λωρίδα κυκλοφορίας, η οποία προορίζεται για οχήματα τα οποία κινούνται προς την κατεύθυνση που δείχνει το βέλος ή τα βέλη. Ο οδηγός, ο οποίος βρίσκεται μέσα στη λωρίδα κυκλοφορίας η οποία προορίζεται για τα οχήματα που κινούνται προς την κατεύθυνση του βέλους, είναι υποχρεωμένος να κινηθεί προς την κατεύθυνση αυτήν, εκτός αν η αλλαγή της πορείας του δεν εμποδίζει την κίνηση των οχημάτων που κινούνται πίσω του στην ίδια λωρίδα. Στις παραπάνω περιπτώσεις, ο οδηγός επιτρέπεται να προχωρήσει προς την κατεύθυνση που δείχνει το βέλος μόνο αν το επιτρέπουν οι συνθήκες κυκλοφορίας στην οδό στην οποία πρόκειται να εισέλθει και δεν εκτίθενται σε κίνδυνο οι πεζοί.
8. Ερυθρό φως με μορφή βέλους: Ο οδηγός απαγορεύεται να κινηθεί προς την κατεύθυνση που δείχνει το βέλος και υποχρεούται να σταματήσει το όχημά του, όπως και στο ερυθρό φως κυκλικής μορφής.



9. Κίτρινο φως με μορφή βέλους, το οποίο είναι σταθερό ή αναβοσβήνει: Ο οδηγός έχει τις ίδιες υποχρεώσεις όπως και στη κίτρινου φωτός κυκλικής μορφής.
 10. Ερυθρό φως με μορφή δύο ράβδων που τέμνονται σε σχήμα X: Είναι τοποθετημένο πάνω από λωρίδα κυκλοφορίας, σε οδόστρωμα με περισσότερες από δύο λωρίδες, οι οποίες χωρίζονται με κατά μήκος διαγραμμώσεις απαγορεύοντας τη χρησιμοποίηση της λωρίδας αυτής. Το πράσινο φως, με μορφή βέλους προς τα κάτω, παρέχει δικαίωμα κίνησης σε αυτήν.
- Φωτεινοί σηματοδότες, οι οποίοι έχουν ένδειξη ποδήλατο, λεωφορείο ή άλλο όχημα στα φώτα ή σηματοδότες μικρότερου μεγέθους του κανονικού, με ορθογώνια παραλληλόγραμμη πινακίδα που φέρει ένδειξη συγκεκριμένου οχήματος στον ιστό τους, ισχύουν μόνο για τους οδηγούς των αντίστοιχων οχημάτων.

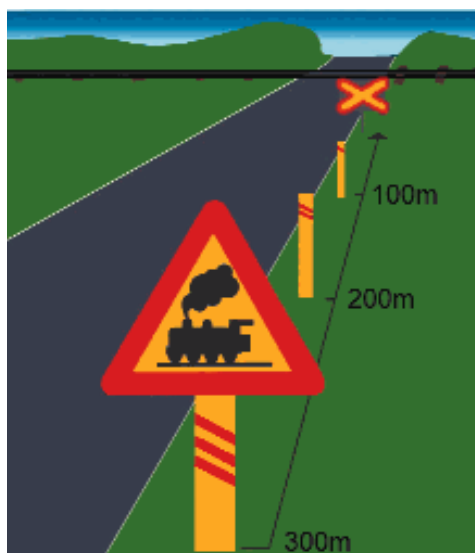
4.2. Ισόπεδες σιδηροδρομικές διαβάσεις

Οι ισόπεδες σιδηροδρομικές διαβάσεις είναι οι διασταυρώσεις μιας οδού με μια ή περισσότερων σιδηροδρομικών γραμμών στο ίδιο επίπεδο. Στις διασταυρώσεις αυτές τα τρένα έχουν πάντοτε προτεραιότητα σε σχέση με τα οδικά οχήματα. Οι διασταυρώσεις αυτές χαρακτηρίζονται είτε φυλασσόμενες, είτε αφύλακτες. Όσοι χρησιμοποιούν τις οδούς και συναντήσουν σιδηροδρομικές διαβάσεις, οφείλουν να επιδεικνύουν ιδιαίτερη προσοχή. Κατά την προσέγγιση ενός οχήματος στη διάβαση, ο οδηγός του οφείλει να σταματήσει και να ελέγξει. Προτού ξεκινήσει για να διασχίσει τη διασταύρωση, πρέπει να βεβαιωθεί ότι δε διέρχεται κανένα τρένο και ότι δε θα υποχρεωθεί να ακινητοποιηθεί πάνω στις γραμμές του τρένου για κανένα λόγο. Οι ισόπεδες διαβάσεις διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- Ισόπεδες διαβάσεις χωρίς κινητά φράγματα (αφύλακτες). Η επισήμανσή τους γίνεται από πινακίδα αναγγελίας κινδύνου K-32, που τοποθετείται αρκετά



πριν από την προσέγγιση στην ισόπεδη διάβαση. Η πινακίδα αυτή συνοδεύεται συνήθως από τις πινακίδες Κ-33, Κ-34 και Κ-35 (βλέπε Παράρτημα). Οι συγκεκριμένες αποτελούν σειρά προσθέτων επαναληπτικών πινακίδων που τοποθετούνται στις προσβάσεις ισόπεδων σιδηροδρομικών διαβάσεων και κινητών γεφυρών. Η πρώτη από αυτές, η Κ-33, είναι κίτρινη και στην επιφάνειά της έχουν σχεδιασθεί τρεις κόκκινες πλάγιες γραμμές και τοποθετείται 300 m πριν από την ισόπεδη διάβαση. Μετά την Κ-33 ακολουθεί η Κ-34, η οποία είναι τοποθετημένη στα 200 m από την σιδηροδρομική γραμμή, είναι κίτρινη και στην επιφάνειά της έχουν σχεδιασθεί δύο κόκκινες πλάγιες γραμμές. Τελευταία τοποθετείται η Κ-35 στα 100 m από την σιδηροδρομική γραμμή, είναι κίτρινη και στην επιφάνειά της έχει σχεδιασθεί μια κόκκινη πλάγια γραμμή (βλέπε Εικόνα 5). Στην Ελλάδα οι ισόπεδες διαβάσεις χωρίς κινητά φράγματα είναι η συνηθέστερη μορφή σιδηροδρομικών διαβάσεων και με πολύ υψηλούς δείκτες ατυχημάτων.

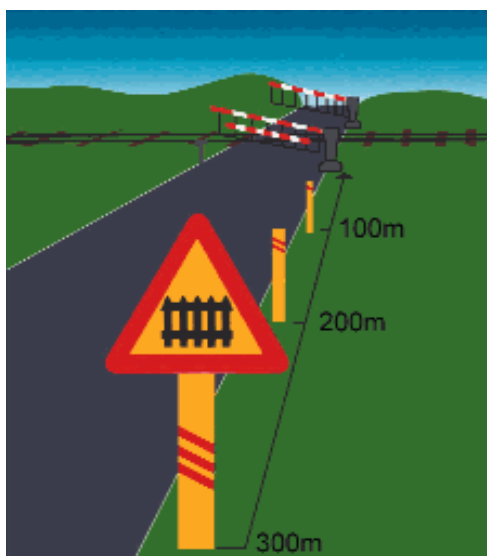


Εικόνα 5. Αναγγελία ισόπεδης διάβασης χωρίς κινητά φράγματα.

- Ισόπεδες διαβάσεις με χειροκίνητα φράγματα (φυλασσόμενες).
Επισημαίνονται όπως και οι αφύλακτες διαβάσεις από μια πινακίδα κινδύνου



K-31 που είναι τοποθετημένη 300 m πριν από την ισόπεδη διάβαση και συνοδεύεται από τις πινακίδες K-33, K-34 και K-35 (βλέπε Εικόνα 6). Στις περιπτώσεις αυτές ο οδηγός υποχρεούται να σταματήσει εάν οι δοκοί (μπάρες) έχουν χαμηλώσει.



Εικόνα 6. Αναγγελία ισόπεδης διάβασης με κινητά φράγματα.

- Ισόπεδες διαβάσεις με ημιαυτόματα φράγματα (φυλασσόμενες). Επισημαίνονται, όπως και οι προηγούμενες διαβάσεις, από μια πινακίδα αναγγελίας κινδύνου K-31 η οποία τοποθετείται σε απόσταση 300 m πριν από την ισόπεδη διάβαση. Ο οδηγός οφείλει να μειώσει την ταχύτητά του οχήματος και να εντείνει την προσοχή του. Περίπου 20 δευτερόλεπτα πριν τη διέλευση του τρένου αναβοσβήνει το κόκκινο φανάρι, στη συνέχεια ακούγεται ένα κουδούνισμα και στο τέλος οι δοκοί αρχίζουν να χαμηλώνουν. Για να ξεκινήσει ο οδηγός πρέπει να περιμένει μέχρι να σβήσει το κόκκινο φανάρι, το οποίο αναβοσβήνει και να έχουν υψωθεί εντελώς οι δοκοί. Δεν επιτρέπεται να διαβεί κάποια ισόπεδη διάβαση εάν δεν είναι βέβαιος ότι θα μπορεί να την ελευθερώσει γρήγορα (κατάσταση του οχήματός του, καύσιμα, κυκλοφοριακή συμφόρηση μετά τον κόμβο κλπ.). Στην περίπτωση που τα φράγματα της ισόπεδης διαβάσεως δεν λειτουργούν καθόλου (ή δεν



λειτουργούν καλά), οφείλει να ειδοποιήσει αμέσως τις πλησιέστερες υπεύθυνες σιδηροδρομικές αρχές.

- Η σήμανση στο σημείο της ισόπεδης διαβάσεως. Οι δύο πινακίδες K-36 και K-37 είναι τοποθετημένες κοντά και πριν από τη θέση των αφυλάκτων ισόπεδων διαβάσεων χωρίς κινητά ή χωρίς ημιαυτόματα φράγματα μαζί με την πινακίδα P-2 (βλέπε Εικόνα 7). Στις περιπτώσεις αυτές απαγορεύεται το προσπέρασμα εκτός αν η κυκλοφορία ρυθμίζεται από φωτεινούς σηματοδότες [7].



Εικόνα 7. Πινακίδες στις προσβάσεις ισόπεδων σιδηροδρομικών διαβάσεων.

5. ΕΠΑΓΩΓΙΚΟΙ ΒΡΟΧΟΙ

5.1. Εισαγωγή

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για την ανίχνευση των οχημάτων όπως είναι οι υπέρηχοι ή η χρήση των επαγωγικών βρόχων. Για τον έλεγχο της κυκλοφορίας ή των υπηρεσιών στις οποίες γίνεται αγορά προϊόντων χωρίς ο πελάτης να αφήνει το όχημα του (drive through), η τεχνολογία του επαγωγικού βρόχου είναι η πιο αξιόπιστη, χωρίς την χρήση μπαρών. Ένα σύστημα επαγωγικού ανιχνευτή οχημάτων



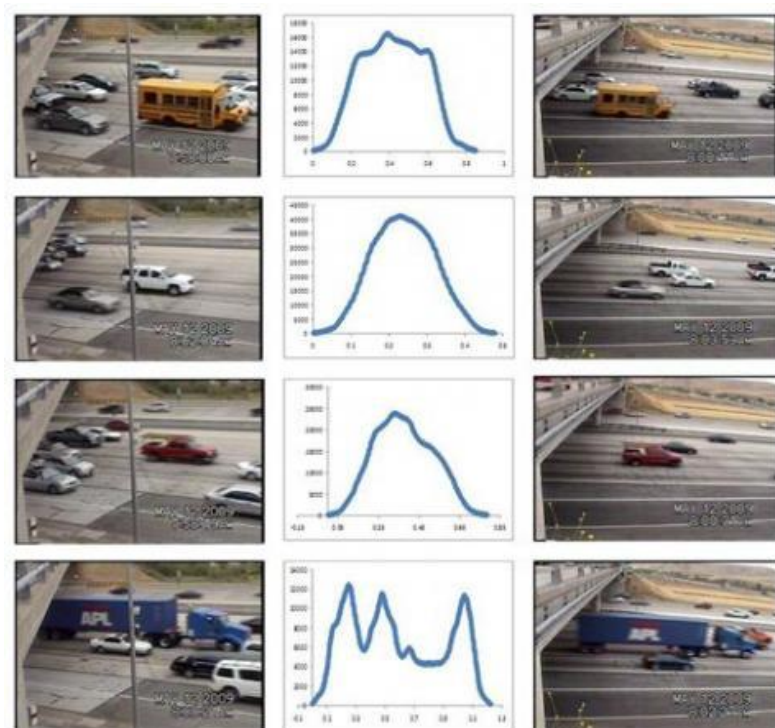
αποτελείται από τρία στοιχεία: ένα βρόχο (προσχηματισμένο ή επιτόπια διαμορφωμένο), ένα καλώδιο επέκτασης βρόχου και έναν ανιχνευτή. Κατά την εγκατάσταση ή την επισκευή ενός επαγωγικού βρόχου, η παραμικρή λεπτομέρεια μπορεί να σημάνει τη διαφορά μεταξύ της αξιόπιστης ή της διακοπτόμενης ανίχνευσης. Κατά συνέπεια, η προσοχή στη λεπτομέρεια κατά την εγκατάσταση ή της αντιμετώπισης προβλημάτων ενός συστήματος ανίχνευσης είναι απολύτως κρίσιμη [10].

Ο βρόχος είναι θαμμένος μέσα στην λωρίδα κυκλοφορίας. Είναι ένα συνεχές κύκλωμα καλωδίου που εισέρχεται και εξέρχεται από το ίδιο σημείο. Τα δύο του άκρα συνδέονται με το καλώδιο επέκτασης του βρόχου, το οποίο με τη σειρά του συνδέεται με τον ανιχνευτή οχήματος. Η ανιχνευτής τροφοδοτεί το βρόχο ο οποίος δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο και συντονίζεται σε μία σταθερή συχνότητα η οποία προβάλλεται στον ανιχνευτή. Μια βασική συχνότητα καθορίζεται όταν δεν υπάρχει όχημα πάνω από το βρόχο. Όταν ένα μεγάλο μεταλλικό αντικείμενο, όπως ένα όχημα, κινείται πάνω από το βρόχο, η συχνότητα συντονισμού αυξάνεται. Αυτή η αύξηση της συχνότητας γίνεται αισθητή και, ανάλογα με το σχεδιασμό του ανιχνευτή, αναγκάζει μια ανοικτή επαφή του ρελέ να κλείσει. Το ρελέ θα παραμείνει κλειστό έως ότου το όχημα αφήνει το βρόχο και η συχνότητα επιστρέψει στο βασικό επίπεδο. Το ρελέ μπορεί να προκαλέσει οποιοδήποτε αριθμό συσκευών όπως ένα ηχητικό σύστημα ενδοεπικοινωνίας, μια πύλη, ένα φανάρι κλπ.

Σε γενικές γραμμές, ένα μικρότερο αυτοκίνητο θα προκαλέσει μεγαλύτερη αύξηση στη συχνότητα από ένα οικογενειακό αυτοκίνητο ή ένα φορτηγό. Αυτό συμβαίνει επειδή οι μεταλλικές επιφάνειες δαπέδου του οχήματος είναι πιο κοντά στο βρόχο. Το δάπεδο ενός οικογενειακού αυτοκινήτου είναι περισσότερο τοποθετημένο μέσα στην μαγνήτη πεδίο του βρόχου σε σύγκριση με ένα όχημα ελεύθερου χρόνου (βλέπε Εικόνα 8). Ακόμα, παρατηρείται ότι η αλλαγή συχνότητας είναι μεγαλύτερη όσο μικρότερο είναι το όχημα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η αλλαγή συχνότητας είναι αρκετά συνεπές ανάμεσα σε δύο οχήματα του ίδιου κατασκευαστή



και του ίδιου μοντέλου, έτσι ώστε ένας ανιχνευτής μπορεί να σχεδιαστεί ώστε να αναγνωρίσει τον τύπο του οχήματος επί του βρόχου.



Εικόνα 8. Το σήμα εισόδου του ανιχνευτή ανάλογα με τον τύπο οχήματος.

Η ανίχνευση του οχήματος δε βασίζεται στη μεταλλική μάζα, αλλά στην επιφάνεια του μετάλλου, για την οποία όσο μεγαλύτερη είναι στο ίδιο επίπεδο με το βρόχο, τόσο μεγαλύτερη είναι η αύξηση της συχνότητας. Για παράδειγμα, ένα φύλλο μετάλλου επιφάνειας ενός τετραγωνικού μέτρου και πάχους ενός εκατοστού τοποθετημένο στο ίδιο επίπεδο με το βρόχο έχει το ίδιο αποτέλεσμα με ένα κομμάτι μετάλλου επιφάνειας ενός τετραγωνικού μέτρου και πάχους ενός μέτρου. Ένα άλλο παράδειγμα είναι όταν ένα φύλλο μετάλλου επιφάνειας ενός τετραγωνικού μέτρου και πάχους ενός εκατοστού, το οποίο εύκολα ανιχνεύεται όταν είναι στο ίδιο επίπεδο με το βρόχο, θα είναι αδύνατο να εντοπιστεί αν γυρίσει κάθετα προς το βρόχο [9] [11].



5.2. Προσχηματισμένοι και επιτόπια διαμορφωμένοι βρόχοι

Ένα προσχηματισμένος βρόχος είναι συνήθως 3 έως 5 τυλίγματα σύρματος βρόχου, τοποθετημένο σε σωλήνα PVC (Poly Vinyl Chloride) για χρήση σε δρόμους οι οποίοι δεν έχουν ακόμα φτιαχτεί. Το καλώδιο, είναι $1 \times 1.5 \text{ mm}^2$ ή $1 \times 2.5 \text{ mm}^2$, έχει έναν αγωγό, συνήθως πολύκλωνο στο κέντρο και γύρω από αυτόν μόνωση και περίβλημα.

Οι επιτόπια διαμορφωμένοι βρόχοι χρησιμοποιούνται σε ήδη έτοιμους δρόμους. Η εγκατάσταση περιλαμβάνει την κοπή του βρόχου στο σχήμα του αυλακιού όπου έχει κοπεί ο δρόμος, με χρήση ασφαλτοκόπτη ή αρμοκόπτη και την τοποθέτησή του εντός αυτού, πιέζοντάς το με μια ράβδο ώστε το καλώδιο να κρατηθεί συμπιεσμένο και στη συνέχεια καλύπτεται με μονωτικό για την προστασία του καλωδίου. Το καλώδιο, είναι $1 \times 1.5 \text{ mm}^2$ ή $1 \times 2.5 \text{ mm}^2$ και είναι σημαντικό να έχουν καλή μόνωση διότι θάβονται στο έδαφος χωρίς άλλη προστασία. Η μόνωση τους είναι από XLPE (cross-linked polyethylene) και είναι προτιμότερη από αυτή από PVC διότι απορροφά πολύ λιγότερη υγρασία (περίπου 1% όσης απορροφά η μόνωση με PVC) και έχουν υψηλότερη αντοχή στη θερμότητα, στις τριβές, τα έλαια και τη βενζίνη.

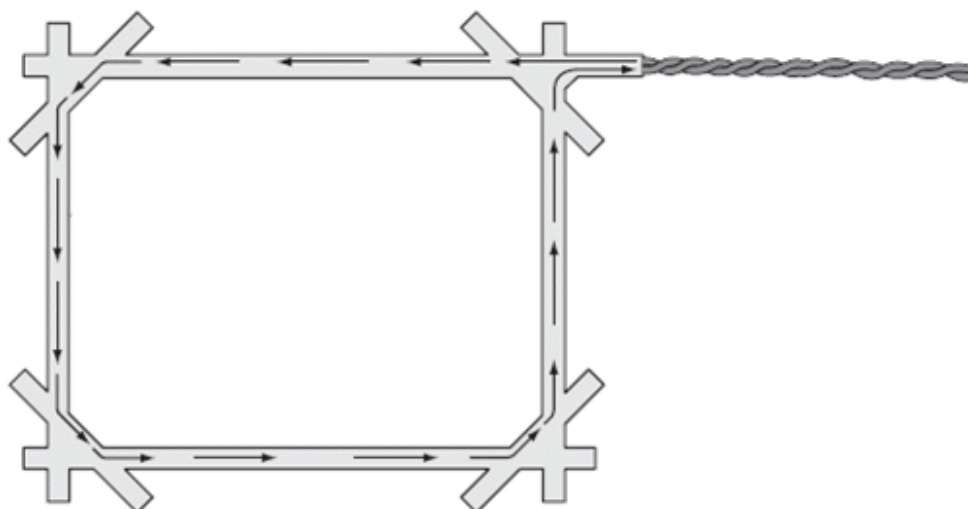
Το καλώδιο επέκτασης χρησιμοποιείται για να επεκτείνει την απόσταση από το προσχηματισμένο ή επιτόπια διαμορφωμένο βρόχο, το οποίο βρίσκεται συνήθως σε εσωτερικούς χώρους ή σε ένα στεγανό περίβλημα. Τα χαρακτηριστικά του καλωδίου επέκτασης είναι εξίσου σημαντικά με τα χαρακτηριστικά του βρόχου. Γίνεται χρήση 2 καλωδίων $1 \times 1.5 \text{ mm}^2$ ή $1 \times 2.5 \text{ mm}^2$, στριμμένα μεταξύ τους με θωράκιση και μόνωση πολυαιθυλενίου. Η απόσταση μεταξύ του βρόχου και του ανιχνευτή μπορεί να επεκταθεί μέχρι τα 100 μέτρα με κατάλληλο καλώδιο επέκτασης.



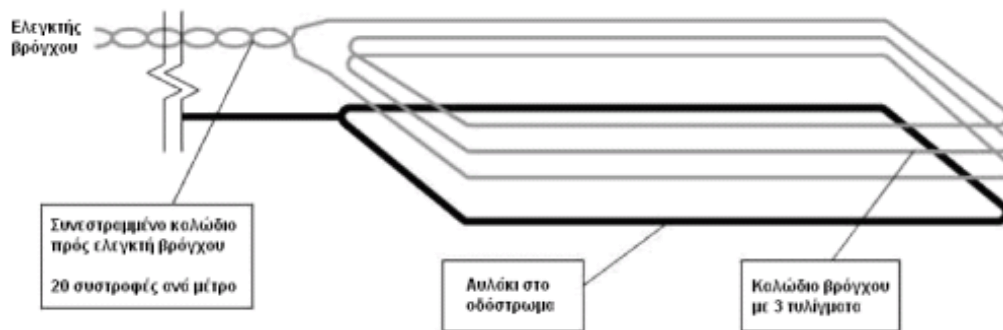
5.3. Καθορισμός Αριθμός τυλιγμάτων

Σημαντικό ρόλο όταν ολοκληρωθεί η εγκατάσταση, ο βρόχος να είναι όχι περισσότερο από 40 mm κάτω από την επιφάνεια της ασφάλτου ή του σκυροδέματος. Όσο βαθύτερα τόσο το λιγότερο ευαίσθητο είναι το σύστημα ανίχνευσης. Επίσης, τα καλώδια που φεύγουν από τον ανιχνευτή έως την αρχή του βρόχου, πρέπει να είναι στριμμένα τουλάχιστον είκοσι φορές ανά μέτρο (βλέπε Εικόνα 10).

Ο αριθμός των τυλιγμάτων πρέπει να γίνει καθορίζεται ανάλογα με την περίμετρο του βρόχου. Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να τοποθετηθούν κάτω από 2 τυλίγματα καλωδίου. Το αυλάκι πρέπει να έχει ένα βάθος 6-8 cm τουλάχιστον και ένα πλάτος ελάχιστα μεγαλύτερο από το πάχος του καλωδίου. Επίσης, το κομμάτι του αυλακιού που φιλοξενεί τα δύο συνεστραμμένα άκρα του καλωδίου και το οποίο οδηγεί στον ελεγκτή του βρόχου πρέπει να έχει μεγαλύτερο πλάτος τουλάχιστον 15 mm.



Εικόνα 9. Κάτοψη αυλακιού για τοποθέτηση των τυλιγμάτων του βρόχου.



Εικόνα 10. Πρόσοψη αυλακιού για τοποθέτηση των τυλιγμάτων του βρόχου.

5.4. Αρχή λειτουργίας του ανιχνευτή

Οι ανιχνευτές οχημάτων από όλους τους κατασκευαστές δουλεύουν με την ίδια αρχή και με αξιοπιστία, εάν η εγκατάσταση γίνει σωστά και χρησιμοποιηθούν τα κατάλληλα υλικά. Οι περισσότερες διαφορές τους είναι στα χαρακτηριστικά και στις λειτουργίες τους:

- Αριθμός εξόδων. Οι περισσότεροι ανιχνευτές παρέχουν μια κλειστή επαφή μέσω ενός ρελέ, το οποίο τυπικά διαμορφώνεται ως ανοιχτή. Ουσιαστικά ο αριθμός των εξόδων είναι σημαντικός και πώς μπορούν να ρυθμιστούν. Όλο και περισσότερες συσκευές, ιδιαίτερα σε υπηρεσίες drive through, πρέπει να ενεργοποιείται από την ανίχνευση του οχήματος η επικοινωνία, ο χρόνος αναμονής του αυτοκινήτου, το μήνυμα χαιρετισμού, οι ηλεκτρονικές επιγραφές για το μενού, οι πύλες κλπ. Ο προσδιορισμός του αριθμού των συσκευών που θα χρησιμοποιηθούν βασίζονται στις σημερινές αλλά και μελλοντικές εφαρμογές ώστε να καθοριστεί ο αριθμός των εξόδων.
- Τύπος σήματος. Όλοι οι ανιχνευτές παρέχουν ένα σταθερό σήμα εξόδου. Η έξοδος του ρελέ εξόδου περιλαμβάνει το σύνολο του χρόνου που ένα όχημα έχει παρουσία επί του βρόχου και δεν αλλάζει κατάσταση έως ότου το όχημα οδηγηθεί μακριά. Οι περισσότερες συσκευές χρησιμοποιούν αυτό το σήμα εξόδου, ωστόσο ορισμένες συσκευές χρησιμοποιούν και έξοδο με παλμό, το



οποίο θα κλείσει μόνο στιγμιαία το ρελέ όταν το όχημα ανιχνευτεί. Εάν η απαίτηση είναι για περισσότερες συνδέσεις σε μία συσκευή πρέπει να γίνει επιβεβαίωση ότι ο ανιχνευτής μπορεί να παρέχει τα απαιτούμενα είδη σήματος ταυτόχρονα.

- Διάγνωση σήματος. Μερικοί ανιχνευτές παρέχουν διάγνωση με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή μέσω θύρας επικοινωνίας του ανιχνευτή. Το διαγνωστικό λογισμικό δίνει μια οπτική εικόνα του τι συμβαίνει στο βρόχο και βοηθά να αντιμετωπιστούν τυχόν προβλήματα που ενδέχεται να εμφανιστούν κατά την εγκατάσταση ή μελλοντικά. Οι ανιχνευτές με αυτό το χαρακτηριστικό είναι συνήθως στο ίδιο εύρος τιμών με των άλλων ανιχνευτών και μπορούν να βοηθήσουν στην εξοικονόμηση χρόνου για την επίλυση ενός προβλήματος. Η χρήση του λογισμικού μπορεί να βοηθήσει στον προσδιορισμό του βάθους και της θέσης του βρόχου στο δρόμο και δίνεται και το καλώδιο έχουν συνήθως επιπλέον κόστος.

5.5. Καθορισμός της θέσης του βρόχου

Τα οχήματα τα οποία εισέρχονται σε μια λωρίδα drive through (όπως ενός ταχυφαγείου) θα σταματήσουν στην επιγραφή του μενού με το παράθυρο του οδηγού τοποθετημένο στη θέση των ηχείων. Ο εμπρός άξονας του οχήματος είναι η μόνη μεταλλική επιφάνεια του οποίου είναι σχετική η θέση του οδηγού και είναι συνεπής από όχημα σε όχημα. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος, ο ανιχνευτής έχει σχεδιαστεί ώστε να ανιχνεύσει τον εμπρόσθιο άξονα και όχι τον κινητήρα του οχήματος. Ως εκ τούτου, ο βρόχος πρέπει να τοποθετηθεί περίπου 40 με 60 εκατοστά μπροστά από τη θέση του ομιλητή, με τον επιμήκη άξονα του βρόχου να είναι κάθετα προς τη λωρίδα κυκλοφορίας. Αυτό τοποθετεί τον άξονα του οχήματος άμεσα επί του βρόχου και στην ίδια κατεύθυνση με το αυτόν.

Τα τελευταία χρόνια, υπήρξε μια αύξηση του αριθμού των αναπάντητων και λανθασμένων ανιχνεύσεων λόγω της δημοτικότητας των οχημάτων ελεύθερου



χρόνου. Η λανθασμένη ανίχνευση αποδόθηκε σε δύο παράγοντες. Πρώτον στην ψηλότερη επιφάνεια του μετάλλου των οχημάτων που κάνει την ανίχνευσή του πιο δύσκολη στον εντοπισμό και δεύτερον στη μεγαλύτερη ακτίνα στροφής που έχουν τα μεγαλύτερα οχήματα, καθώς ο οδηγός δυσκολευόταν να ολοκληρώσει την στροφή πριν από το βρόχο και ως εκ τούτου, το όχημα είναι τοποθετημένο πιο μακριά από το αυτό.

6. ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΣΤΟΥΣ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΟΥΣ

Η σηματοδότηση των σιδηροδρόμων αποτελεί την κύρια μορφή πληροφόρησης των μηχανοδηγών και είναι σχεδιασμένη ώστε να προειδοποιεί για τις συνθήκες της γραμμής μπροστά από το τρένο, δίνοντας οδηγίες για τον τρόπο με τον οποίο θα κινηθεί. Οι τρόποι ελέγχου της κυκλοφορίας των συρμών εξελίχθηκαν στη διάρκεια πολλών ετών, προσπαθειών, λαθών και βελτιώσεων.

Στους πρώτους σιδηροδρόμους των δεκαετιών του 1830 και του 1840 δεν υπήρχε σηματοδότηση ώστε να προειδοποιεί τον μηχανοδηγό για την κατάσταση της γραμμής. Έτσι τα τρένα κινούνταν με βάση αυτό που έβλεπε ο μηχανοδηγός. Η μέθοδος αυτή σύντομα απέδειξε ότι έπρεπε να βρεθεί λύση ώστε να αποτραπεί μια σύγκρουση των τρένων που έρχονταν αντιμέτωπα. Στην πράξη αποδείχτηκε ότι ήταν εξαιρετικά δύσκολο να αποτραπεί μια σύγκρουση όταν ο μηχανοδηγός αντιλαμβανόταν τον κίνδυνο.

6.1.1. Το Σύστημα Διαστήματος Χρόνου

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος τα πρώτα χρόνια των σιδηροδρόμων ήταν τα σταθερά χρονικά διαστήματα. Στη μέθοδο αυτή τα τρένα ξεκινούσαν από το σταθμό σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα σε σχέση με το προηγούμενο τρένο που κινούταν στην ίδια κατεύθυνση.



Το σύστημα διαστήματος χρόνου κατάφερε να λύσει με αυτό τον τρόπο την επικινδυνότητα της μη καθορισμένης χρονικής καθυστέρησης, δημιούργησε όμως επιπλέον προβλήματα, κυριότερο εκ των οποίων ήταν ότι παρέμενε επικίνδυνο. Τα τρένα την περίοδο εκείνη δεν είχαν την αξιοπιστία των σημερινών με αποτέλεσμα να ακινητοποιούνται μεταξύ των σταθμών. Επιπλέον υπήρχε και η αβεβαιότητα για το αν η ταχύτητα του προπορευόμενου τρένου ήταν επαρκής ώστε να μην το φτάσει το επόμενο που ακολουθούσε.

6.1.2. Μήκη Αποκλεισμού

Σημαντική βελτίωση για την ασφάλεια των συστημάτων κυκλοφορίας αποτέλεσαν τα συστήματα βασιζόμενα στα διαστήματα μήκους. Τα συστήματα αυτά, βασίζονταν κυρίως στα μήκη αποκλεισμού (block systems), τμήματα δηλαδή όπου απαγορεύονταν στο τρένο να εισέλθει, μέχρις ότου το προηγούμενο τρένο, που βρίσκεται ήδη στο τμήμα αυτό να εξέλθει.

Κάθε τμήμα αποκλεισμού (block) διαθέτει ένα σταθερό σήμα, τοποθετημένο στην είσοδο του και σε σημείο που να είναι ευκρινώς ορατό από τον μηχανοδηγό του τρένου που προσεγγίζει. Εάν το τμήμα είναι κενό, δηλαδή δεν υπάρχει τρένο σε αυτό, το σήμα έχει την ένδειξη «ελεύθερο».



Εικόνα 11. Διάγραμμα περιγραφής βασικής αρχής

λειτουργίας μήκους αποκλεισμού (block).

Αντίθετα, αν το τμήμα είναι κατειλημμένο από τρένο, το σήμα θα έχει ένδειξη "Stop". Το επόμενο τρένο θα παραμείνει στην είσοδο του τμήματος, μέχρις



ότου εξέλθει από αυτό το προπορευόμενο. Με βάση αυτή την αρχή είναι σχεδιασμένα όλα τα συστήματα σηματοδότησης.

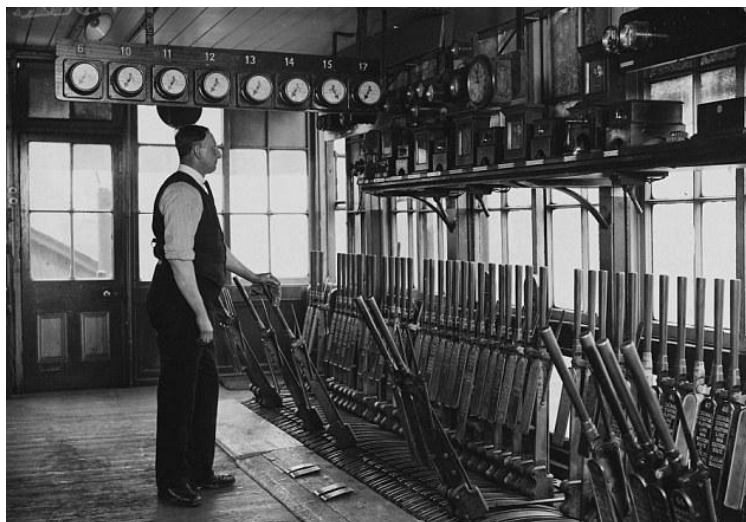
6.1.3. Μηχανικά Σήματα

Τα πρώτα μηχανικά σήματα εμφανίστηκαν στη Βρετανία το 1841 και η θέση σηματοδότησης γίνονταν με μοχλούς που καθοδηγούσαν από απόσταση σήματα και αλλαγές τροχιάς, το 1860.

Η διέλευση του τρένου από το τμήμα γραμμής, επισημαινόταν οπτικά από τον υπεύθυνο σηματοδότησης. Όταν το τρένο βρισκόταν στο επόμενο τμήμα, ο υπεύθυνος σηματοδότησης ενημέρωνε τη θέση σηματοδότησης προς την πλευρά της προσέγγισης του τμήματος του, ότι το τμήμα ήταν έτοιμο να υποδεχθεί το επόμενο τρένο. Η επικοινωνία μεταξύ του προσωπικού σηματοδότησης γίνονταν με κώδικες και χρήση του ηλεκτρικού τηλεγράφου.

Η λειτουργία τρένων σε μονή γραμμή, με βάση μόνο τον γραφικό πίνακα δρομολογίων, που ήταν και η πιο συνηθισμένη μέθοδος στα πρώτα χρόνια του σιδηροδρόμου των ΗΠΑ, είχε το μειονέκτημα ότι, σε περίπτωση καθυστέρησης ενός τρένου, τα επόμενα που ακολουθούσαν θα καθυστερούσαν, καθώς ήταν πρακτικά αδύνατο να αλλάξουν τα σημεία διασταυρώσεων ή υπερβάσεων. Κάνοντας χρήση του τηλεγράφου, και μετέπειτα τηλεφώνου, ο ρυθμιστής κυκλοφορίας καθόριζε τα δρομολόγια και εξασφάλιζε την ασφαλή κυκλοφορία των τρένων για τέτοιες περιπτώσεις, ή ακόμα πρόσθεταν επιπλέον έκτακτα δρομολόγια, όπου απαιτούνταν.

Το σύστημα οργάνωσης της σιδηροδρομικής κυκλοφορίας, βασιζόμενο στον δρομολογιακό πίνακα και στον χειριστή, έχει εφαρμογή ακόμα σε μερικές γραμμές των ΗΠΑ, του Καναδά και στις αναπτυσσόμενες χώρες, αποτελούμενο συχνά από σύγχρονα και αυτόματα σήματα αποκλεισμού, ώστε να παρέχεται επιπλέον πρόσθετη ασφάλεια. Η επικοινωνία μεταξύ ρυθμιστή και μηχανοδηγού γίνεται όλο και περισσότερο με χρήση ραδιοτηλεφώνων.



Εικόνα 12. Ο ρύθμιση της κυκλοφορίας με χρήση μοχλών που ελέγχουν την κάτω πλευρά του σταθμού King's Cross 1881.

6.2. Τύποι Σηματοδότησης

Τα πρώτα σιδηροδρομικά σήματα ήταν απλά μια σημαία την ημέρα, ή μια λάμπα τη νύχτα. Το πρώτο σήμα με κινούμενο μέρη ήταν ένας περιστρεφόμενος πίνακας της δεκαετίας του 1830, τον οποίο ακολούθησε ο σημαφόρος το 1841. Ο σημαφόρος, μέχρι τις αρχές του 20ού αιώνα, αποτελούσε σήμα παγκόσμιας εφαρμογής. Από τότε άρχισε να αντικαθιστάται από την έγχρωμη φωτεινή σηματοδότηση της οποίας οι ενδείξεις παρέχονται μέσω μεγάλης έντασης ηλεκτρικών φανών.

Οι φωτεινές αυτές ενδείξεις έχουν συνήθως χρώμα κόκκινο, πράσινο και κίτρινο, είτε μόνα, είτε με ταυτόχρονη ένδειξη δύο χρωμάτων. Η εναλλαγή των χρωματισμών επιτυγχάνεται είτε με την περιστροφή κατάλληλων χρωματικών φίλτρων μπροστά από των φανό, είτε με τη χρήση ξεχωριστών λαμπτήρων και φακών για κάθε χρώμα.



Εικόνα 13. Έγχρωμη φωτεινή σηματοδότηση ανάλογη της κατάστασης της γραμμής.

6.3. Αυτόματα Συστήματα Σηματοδότησης

Σημαντικό ρόλο για την σύγχρονη σιδηροδρομική σηματοδότηση αποτελεί το σύστημα αυτόματου αποκλεισμού, που χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1872 και θεωρείται μια από τις πρώτες εφαρμογές του αυτοματισμού στη βιομηχανία.

Στο σύστημα αυτό γίνεται χρήση κυκλωμάτων γραμμής, τα οποία βραχυκυκλώνονται από τους τροχούς και τους άξονες του τρένου, ενεργοποιώντας την κόκκινη ένδειξη κινδύνου στον φανό σηματοδότησης πίσω από το τρένο, ή σε περίπτωση μονής γραμμής, τον φανό μπροστά από το τρένο.

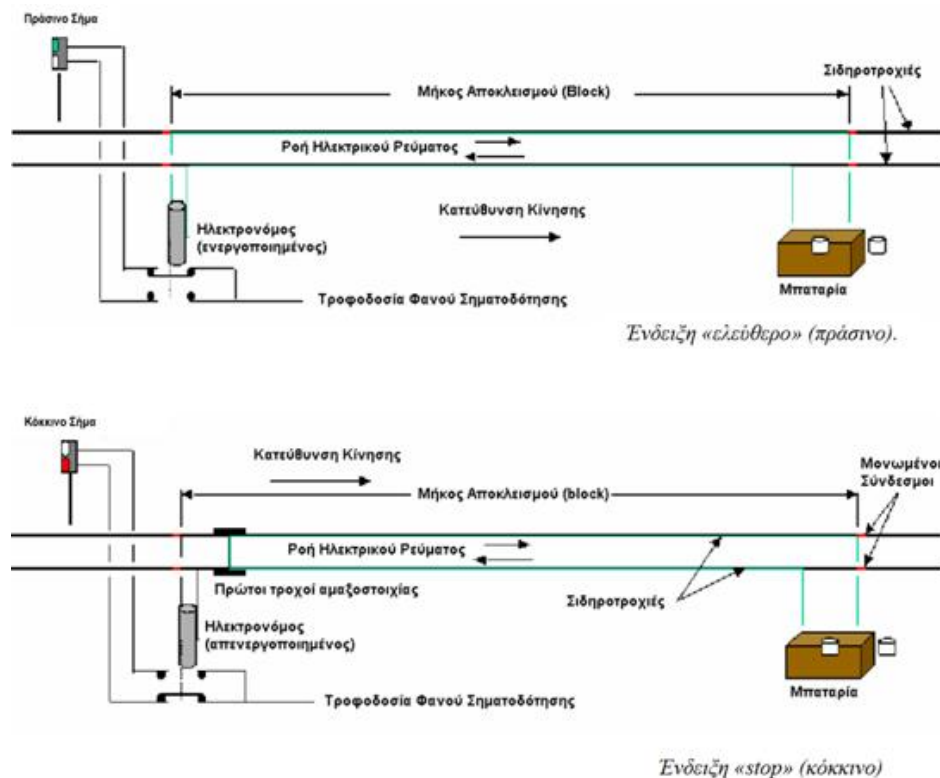
6.3.1. Κυκλώματα Γραμμής

Τα κυκλώματα γραμμής δοκιμάστηκαν για πρώτη φορά στις ΗΠΑ την δεκαετία του 1890. Το πρώτο δίκτυο που έγινε εκτεταμένη χρήση των κυκλωμάτων γραμμής ήταν το μετρό του Λονδίνου την περίοδο 1904-6.



Το κύκλωμα γραμμής αποτελείται από τις δύο σιδηροτροχιές ενός τμήματος γραμμής, όπου είναι μονωμένα τα άκρα τους. Το ηλεκτρικό ρεύμα χαμηλής τάσης με το οποίο τροφοδοτούνται οι σιδηροτροχιές στο ένα άκρο του τμήματος, ρέει μέσω ενός ηλεκτρονόμου αρχικά ή ηλεκτρονικού κυκλώματος, όπως γίνεται σήμερα, προς το αντίθετο άκρο, όπου βρίσκεται το σήμα, έχοντας την πράσινη ένδειξη κίνησης του σιδηροδρόμου.

Οι τροχοί του τρένου βραχυκυκλώνουν την τροφοδοσία του ρεύματος και απενεργοποιούν τον ηλεκτρονόμο (ή το ηλεκτρονικό κύκλωμα). Η διακοπή αυτή θα ενεργοποιεί την κόκκινη ένδειξη ακινητοποίησης του σιδηροδρόμου στο σήμα που αναλαμβάνει το αντίστοιχο τμήμα. Αντίστοιχα, σε οποιοδήποτε αίτιο διακοπής της ροής του ρεύματος θα προκαλέσει επίσης απαγορευτική ένδειξη (κόκκινο) [14].



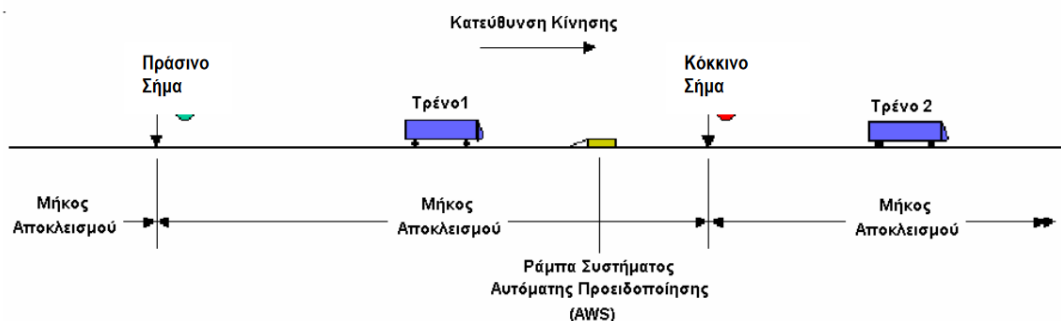
Εικόνα 14. Διάγραμμα περιγραφής της πράσινης ένδειξης ελεύθερης γραμμής και της κόκκινης ένδειξης κατειλημμένης γραμμής.



6.3.2. Προειδοποιήσεις

Τα σύστημα προστασίας κάθε μήκους αποκλεισμού από σταθερό σήμα χρησιμοποιείται από τους σιδηροδρόμους για περισσότερο από 100 χρόνια. Παρουσιάζουν όμως το μειονέκτημα της εξάρτησης της απολύτου προσοχής από το μηχανοδηγό. Σε περίπτωση αποτυχίας αντίληψης του απαγορευτικού σήματος, τότε υπάρχει σοβαρός κίνδυνος το τρένο να εισέλθει στο κατειλημμένο τμήμα και να συγκρουστεί με το προπορευόμενο. Για την αποφυγή τέτοιων συμβάντων, έχουν αναπτυχθεί διάφορα συστήματα που να προειδοποιούν τον μηχανοδηγό για επικείμενη ακινητοποίηση, είτε για επιβολή της ακινητοποίησης αυτής.

Στα σύγχρονα συστήματα προειδοποίησης που χρησιμοποιούνται στους σιδηροδρόμους, όταν ένα σήμα έχει πράσινη ένδειξη χτυπά κουδούνι στο θάλαμο μηχανοδήγησης. Σε οποιαδήποτε άλλη ένδειξη χτυπά σειρήνα.



Εικόνα 15. Διάγραμμα περιγραφής του συστήματος AWS.

Ο μηχανοδηγός είναι υποχρεωμένος εντός χρονικού περιθωρίου λίγων δευτερολέπτων να επιβεβαιώσει ότι άκουσε τη σειρήνα, χρησιμοποιώντας το πλήκτρο ακύρωσής της. Σε αντίθετη περίπτωση θα εφαρμοστεί αυτομάτως η πέδηση κινδύνου.



Μετά το σταμάτημα της σειρήνας με το πάτημα του πλήκτρου, μια οπτική ένδειξη παραμένει για υπενθύμιση. Το σύστημα αυτό είναι γνωστό ως Αυτόματο Σύστημα Προειδοποίησης (Automatic Warning System - AWS).

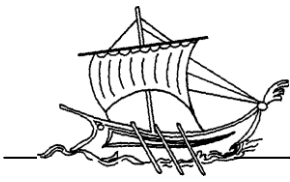


Εικόνα 16. Αυτόματο Σύστημα Προειδοποίησης.

6.3.3. Επιβολή

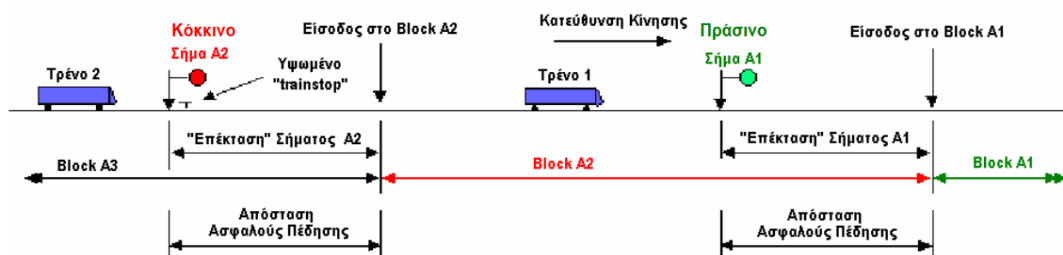
Σε περίπτωση που ο μηχανοδηγός αντιληφθεί και ακυρώσει την προειδοποίηση και στη συνέχεια εξαιτίας κάποιου άλλου λάθους δεν καταφέρει να σταματήσει, τότε το τρένο θα συνεχίσει να έχει πορεία σύγκρουσης με το προπορευόμενο. Για να αποφευχθεί ένα τέτοιο συμβάν υιοθετήθηκε το σύστημα της επιβολής.

Μια απλή εφαρμογή του συστήματος επιβολής χρησιμοποιείται στο μετρό του Λονδίνου (London Underground) και ονομάζεται train stop. Πρόκειται για ένα μηχανικό βραχίονα, που τοποθετείται στη γραμμή δίπλα σε κάθε σήμα. Όταν το σήμα έχει την ένδειξη κόκκινο, ο βραχίονας είναι υψωμένος. Αν το τρένο παραβιάσει το σήμα, ο βραχίονας θα χτυπήσει πάνω στο σασί του τρένου,



σταματώντας την ηλεκτρική τροφοδοσία του και ταυτόχρονα θα ενεργοποιηθεί η αυτόματη πέδηση.

Το σύστημα αυτό ονομάζεται Αυτόματη Προστασία Συρμών (ATP) και χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στη Βρετανία το 1904, βασιζόμενο σε μια ιδέα που πρωτοαναπτύχθηκε στις ΗΠΑ.

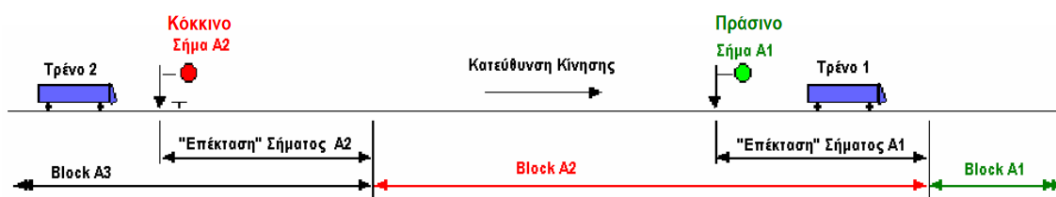


Εικόνα 17. Διάγραμμα περιγραφής της επιβολής.

6.3.4. Επέκταση Μήκους Αποκλεισμού

Τα τρένα, εξαιτίας του πολύ μεγάλου βάρους που φέρουν, δεν είναι δυνατό να σταματήσουν σε μικρή απόσταση. Για παράδειγμα ένα τρένο που κινείται με ταχύτητα 160 χλμ/ώρα χρειάζεται περίπου 2 χλμ. μέχρι να σταματήσει, μετά την εφαρμογή της πέδης. Ακόμη και αν ένα τρένο που είναι εξοπλισμένο με το σύστημα σηματοδότησης με επιβολή, παραβεί το απαγορευτικό σήμα και φρενάρει από την επιβολή, εξακολουθεί να διατρέχει κίνδυνο σύγκρουσης με το προπορευόμενο τρένο εάν και εφόσον το τελευταίο βρίσκεται εντός της απαιτούμενης ζώνης φρεναρίσματος του πρώτου [12].

Για να αποφευχθεί αυτό, το σήμα της επιβολής τοποθετείται πριν την είσοδο της ζώνης αποκλεισμού την οποία καλύπτει και σε μήκος τόσο, όσο χρειάζεται ώστε να ακινητοποιηθεί το τρένο. Το διάστημα αυτό ονομάζεται επέκταση μήκους αποκλεισμού.



Εικόνα 18. Διάγραμμα περιγραφής της επέκτασης του μήκους αποκλεισμού.

6.3.5. Απόσταση Ασφαλούς Πέδησης

Ο υπολογισμός των αποστάσεων ακινητοποίησης των τρένων είναι δύσκολο να υπολογιστεί από τον μηχανοδηγό εξαιτίας διαφόρων παραγόντων. Κύριες αιτίες είναι τα διαφορετικά μήκη πέδησης των διαφόρων τύπων αμαξοστοιχιών, το φορτίο τους, η ταχύτητά τους, η κλίση του εδάφους, η αντίδραση του μηχανοδηγού, παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την απόσταση ακινητοποίησης του τρένου. Έτσι, χρησιμοποιείται μια σταθερή τιμή επέκτασης μήκους αποκλεισμού (π.χ. 200 μέτρα).

Σε γραμμές μετρό που είναι εξοπλισμένες με συστήματα ATP, η απόσταση υπολογίζεται μέσω ακριβούς μαθηματικού τύπου, βασιζόμενου στους παραπάνω παράγοντες, καθώς και ενός μικρού συμπληρωματικού περιθωρίου ασφαλείας. Το αποτέλεσμα του υπολογισμού αυτού ονομάζεται απόσταση ασφαλούς πέδησης (safe braking distance). Στην επέκταση μήκους αποκλεισμού συμπεριλαμβάνεται και η απόσταση ασφαλούς πέδησης.

Υπάρχουν όμως ορισμένες περιοχές, όπου γίνεται συχνή χρήση της προαστιακής συγκοινωνίας και στις ίδιες γραμμές να εμπλέκονται τα γρήγορα Inter City τρένα, εμπορικά τρένα, κάθε ένα με διαφορετικές δυνατότητες πέδησης.

Τα μήκη αποκλεισμού πρέπει να είναι όσο το δυνατό σύντομα, ώστε να επιτρέπεται η πυκνή κυκλοφορία μεταξύ των προαστιακών τρένων. Αντίθετα τα μήκη πέδησης πρέπει να είναι μεγάλα για τρένα μεγάλων ταχυτήτων. Όλα αυτά



επιλύονται μερικώς με την χρησιμοποίηση σηματοδότησης πολλαπλών ενδείξεων (multi-aspect signaling).

6.3.6. Σηματοδότηση Πολλαπλών Ενδείξεων

Για την αντιμετώπιση της αυξημένης κυκλοφορίας των τρένων αλλά και των πολλών παραμέτρων ακινητοποίησης αυτών, υιοθετήθηκε η σηματοδότηση των πολλαπλών ενδείξεων. Η σηματοδότηση αυτή, επιτρέπει στα τρένα που κινούνται με μικρή ταχύτητα, να λειτουργούν στην ίδια γραμμή με τα τρένα μεγάλων ταχυτήτων.

Η βασική λειτουργία τους είναι ίδια με την κόκκινη ένδειξη για το τμήμα που είναι κατειλημμένο, προσθέτοντας όμως κίτρινες ενδείξεις στα προηγούμενα σήματα για τα τρένα που ακολουθούν, ώστε να έχουν το απαραίτητο διάστημα για να σταματήσουν.

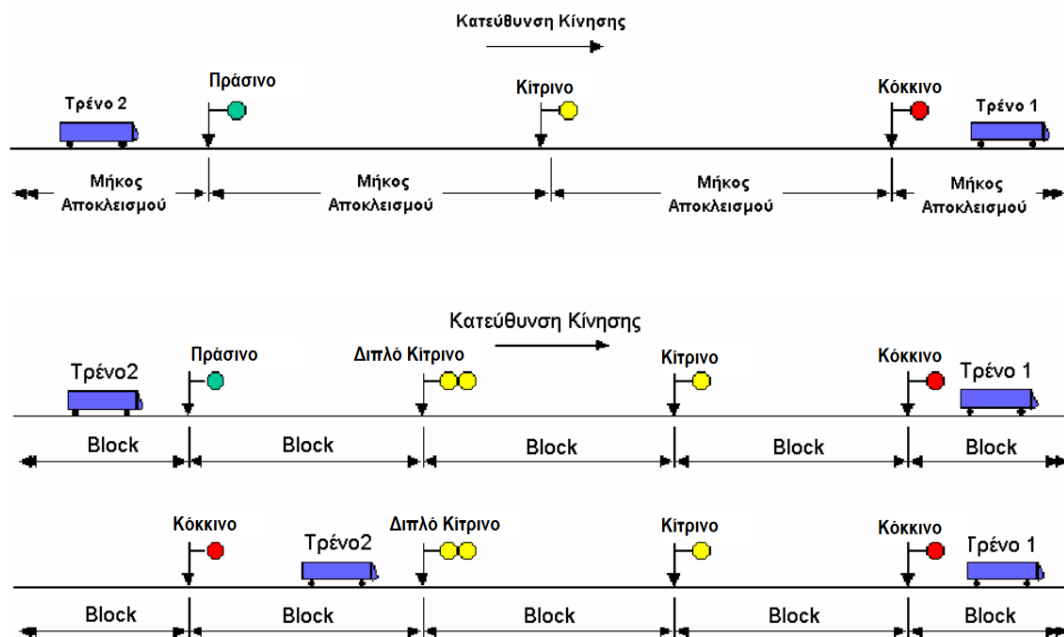
Η σηματοδότηση πολλαπλών ενδείξεων περιλαμβάνεται από:

- Κόκκινο σήμα πριν την είσοδο του κατειλημμένου τμήματος.
- Κίτρινη μονή ένδειξη στο σήμα που προστατεύει το προηγούμενο τμήμα.
- Κίτρινη διπλή ένδειξη στο τμήμα πριν το προηγούμενο τμήμα κίτρινης μονής ένδειξης. Μόνο στο προηγούμενο προς τα πίσω σήμα υπάρχει πράσινη ένδειξη για πλήρη ταχύτητα. Παραλλαγή του συστήματος αυτού αποτελεί ένα σύστημα με συνδυασμό τριών ενδείξεων (κόκκινο, κίτρινο και πράσινο) ανάλογα με την περίπτωση.

Με το σύστημα σηματοδότησης πολλαπλών ενδείξεων, ένα γρήγορο τρένο μπορεί να προειδοποιηθεί με κόκκινο σήμα, τουλάχιστον δυο μήκη νωρίτερα. Οι ενδείξεις αυτές μπορούν να δοθούν και σε ένα βραδύτερο τρένο, όπως του προαστιακού, μόνο που ο μηχανοδηγός σε αυτές τις περιπτώσεις δε χρειάζεται να



ελαττώσει ταχύτητα, εκτός αν έχει φτάσει ή προσπεράσει την μονή κίτρινη ένδειξη, δεδομένου ότι κινείται με μικρότερη ταχύτητα. Σε όλα τα παραπάνω, σε ώρες αιχμής κυκλοφορίας, τα τρένα κινούνται με την κανονική τους ταχύτητα, μέσα στα επιτρεπτά πλαίσια διαδοχής κίτρινων σημάτων, εξασφαλίζοντας μεγάλη συχνότητα κυκλοφορίας και κινούμενα σε μικρές χρονοαποστάσεις.



Εικόνα 19. Διάγραμμα περιγραφής της σηματοδότησης πολλαπλών ενδείξεων.

6.3.7. Ζώνες Ταχυτήτων

Ένα τρένο που προσεγγίζει ένα απαγορευτικό σήμα. περνά από μια σειρά αλληπάληλων ζωνών ταχυτήτων. Όταν περνά το πράσινο σήμα κινείται στη ζώνη των υψηλότερων ταχυτήτων. Στο διπλό κίτρινο κινείται σε μια πιο περιοριστική ζώνη, στο κίτρινο ακόμη πιο περιοριστική και στο κόκκινο γίνεται επισήμανση της ζώνης μηδενικής ταχύτητας.

Τον έλεγχο της ταχύτητας του τρένου, καθώς αυτό περνά από τις αλληπάληλες ζώνες ταχυτήτων, αναλαμβάνει χειροκίνητα ο μηχανοδηγός, ο οποίος



ανάλογα με τον βάρος του τρένου που κινεί, τις τοπικές συνθήκες που επικρατούν, τις θέσεις των σημάτων στις γραμμές και τις ανάλογες συνθήκες πέδησης, υπολογίζει την ταχύτητα με την οποία πρέπει να κυκλοφορεί. Στη Βρετανία, αν το τρένο βρίσκεται μέσω διαδοχής κίτρινων σημάτων, ο μηχανοδηγός θα πρέπει επίσης να ακυρώνει τη σειρά του συστήματος προειδοποίησης AWS για κάθε κίτρινο σήμα που περνά.

6.3.8. Σταθερά και Κινητά Μήκη Αποκλεισμού

Σε ένα συμβατικό σύστημα αυτόματου αποκλεισμού, ο καθορισμός της χρονοαπόστασης μεταξύ δύο τρένων έχει ένα καθορισμένο σταθερό μήκος για κάθε μήκος αποκλεισμού και παραμένει αμετάβλητο. Η εξέλιξη τις τεχνολογίας και ιδιαίτερα της ηλεκτρονικής, οδήγησε στην εξέλιξη των συστημάτων «κινητού αποκλεισμού», στα οποία το μήκος δεν είναι σταθερό, αλλά προσδιορίζεται από την απόσταση και τις ταχύτητες μεταξύ δυο διαδοχικών τρένων. Σε ένα σύστημα «κινητού αποκλεισμού» υπάρχει συνεχή επικοινωνία μεταξύ συσκευών που βρίσκονται κατά μήκος των σιδηροδρομικών γραμμών και δεκτών εγκατεστημένων στα τρένα, τα οποία μεταδίδουν μεταξύ τους πληροφορίες σχετικές με τη θέση του τρένου και την ταχύτητά του, αλλά και των υπολοίπων τρένων που προπορεύονται ή έπονται από αυτό. Ένας υπολογιστής πάνω στο τρένο επεξεργάζεται όλες τις πληροφορίες, εκτιμά την απόσταση ακινητοποίησης του τρένου και από τα αποτελέσματα υπολογίζει τη μέγιστη ταχύτητα με την οποία πρέπει να κινείται.

Η ανάπτυξη των συστημάτων «κινητού αποκλεισμού» έγινε κυρίως σε αστικά σιδηροδρομικά συστήματα όπου ο κυκλοφοριακός φόρτος είναι αρκετά μεγάλος στις ώρες αιχμής. Χάρη στην εφαρμογή του, παρουσιάζεται πολύ μεγάλος αριθμός διέλευσης τρένων ως προς τη μονάδα του χρόνου.



6.4. Αυτόματη Προστασία Συρμών (ATP)

Μια βασική μορφή αυτομάτου ελέγχου συρμών χρησιμοποιήθηκε στα μεγάλα σιδηροδρομικά δίκτυα από τη δεκαετία του 1920, ώστε να εξασφαλιστεί ότι οι μηχανοδηγοί ακολουθούν τις οδηγίες των απαγορευτικών σημάτων. Όταν η ένδειξη σηματοδότησης είναι κόκκινη, ενεργοποιείται μια ηλεκτρομαγνητική συσκευή εγκατεστημένη μεταξύ των σιδηροτροχιών και εκπέμπει ηχητική προειδοποίηση στον θάλαμο οδήγησης κάθε τρένου, όταν περνά πάνω από τη συσκευή αυτή. Αν ο μηχανοδηγός δεν αντιδράσει μέσα σε ένα προκαθορισμένο μικρό χρονικό διάστημα, τότε αυτομάτως ενεργοποιείται το σύστημα πέδησης του τρένου.

Η εξέλιξη της εφαρμογής αυτής ονομάζεται Αυτόματη Προστασία Συρμών (Automatic Train Protection - ATP), η ανάπτυξή του χρονολογείται από τη δεκαετία του 1950, με σκοπό την παροχή συνεχόμενου ελέγχου της ταχύτητας των τρένων. Εφαρμόζεται κυρίως σε πυκνής κυκλοφορίας αστικές και προαστιακές σιδηροδρομικές γραμμές, καθώς και στις γραμμές υψηλών ταχυτήτων των δικτύων της Ευρώπης και της Ιαπωνίας.

Στο σύστημα αυτό, οπτικές ενδείξεις που βρίσκονται στο θάλαμο μηχανοδήγησης, αναπαράγουν τις ενδείξεις των φανών σηματοδότησης που συναντά το τρένο προς την κατεύθυνσή του, όπως επίσης και διάφορες οδηγίες σχετικές με τη διατήρηση της ταχύτητας του τρένου ώστε αν χρειάζεται να επιταχύνει ή να επιβραδύνει ανάλογα με την κυκλοφορία που βρίσκεται μπροστά του. Οποιαδήποτε αποτυχία του μηχανοδηγού να ανταποκριθεί στις παραπάνω οδηγίες οδηγεί στην αυτόματη έναρξη πέδησης και της παρεχομένης ισχύος. Οι ενδείξεις αυτές παρέχονται είτε με την επεξεργασία κωδικοποιημένων σημάτων εντός του τρένου, οι οποίες στέλνονται είτε μέσω των σιδηροτροχιών, είτε μέσω κυκλωμάτων καλωδίων προσαρμοσμένων στις σιδηροτροχιές. Η συλλογή των σημάτων αυτών από το τρένο, γίνεται με χρήση αγώγιμων συρμάτων. Μάλιστα, υπάρχουν σιδηροδρομικές γραμμές



όπου σε τρένα που είναι εξοπλισμένα με το σύστημα ATP, να απαγορεύεται η χρήση της παραδοσιακής σηματοδότησης.

Ένα σύστημα ATP περιλαμβάνει μια σειρά από ζώνες ταχυτήτων, οι οποίες εφαρμόζονται για τα διαστήματα πίσω από το τρένο, ώστε να μειώνουν σταδιακά την ταχύτητα στα τρένα που ακολουθούν. Η μέθοδος που ακολουθείται είναι παρόμοια με αυτή των ζωνών ταχυτήτων συμβατικής σηματοδότησης:

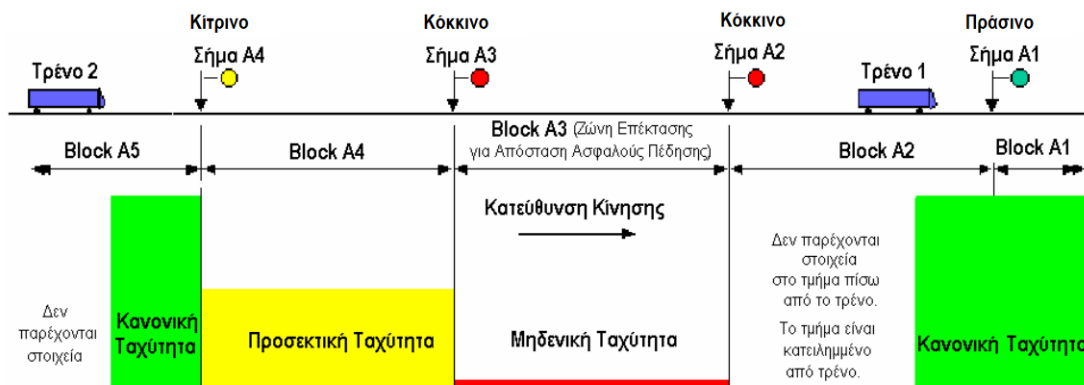
- Στο τμήμα του κατειλημμένου τμήματος πίσω από το προπορευόμενο τρένο, η επιτρεπτή ταχύτητα είναι μηδενική, καθώς πρόκειται για το κατειλημμένο τμήμα.
- Ένα τμήμα πίσω από το κατειλημμένο, η επιτρεπόμενη ταχύτητα είναι επίσης μηδενική, καθώς πρόκειται για την επέκταση του μήκους αποκλεισμού ή την απόσταση ασφαλούς πέδησης. Αν το τρένο που ακολουθεί δεν σταματήσει στις προηγούμενες προειδοποιήσεις και εισέλθει στο τμήμα αυτό, θα ενεργοποιηθεί η αυτόματη πέδηση. Βέβαια και ο μηχανοδηγός, υπό φυσιολογικές συνθήκες, θα σταματήσει το τρένο πριν εισέλθει στην απαγορευμένη περιοχή. Τα συστήματα ATP επιτρέπουν στο μηχανοδηγό να ακινητοποιήσει το τρένο προτού εισέλθει στη ζώνη απαγόρευσης, αλλά θα επέμβουν όταν αντιληφθούν ότι είναι κρίσιμη η κατάσταση.

Το σύστημα, ενημερώνει για τη μέγιστη ταχύτητα προσέγγισης του τρένου, μειώνοντας την καθώς περνά τα ανάλογα τμήματα. Παραβίαση αυτής της συνθήκης από τον μηχανοδηγό ενεργοποιεί την αυτόματη πέδηση [13].

Στις γραμμές του μετρό και του προαστιακού γίνεται εκτενή χρήση του συστήματος Αυτόματης Προστασίας Συρμών (ATP), σε συνδυασμό με το σύστημα Αυτόματης Λειτουργίας Συρμών (automatic train operation - ATO), όπου δεν απαιτείται επέμβαση από το μηχανοδηγό. Στα τρένα υψηλών ταχυτήτων TGV των



Γαλλικών Σιδηροδρόμων, γίνεται χρήση αντίστοιχου συστήματος, αλλά απαιτείται δράση από το μηχανοδηγό.



Εικόνα 20. Διάγραμμα περιγραφής της αυτόματης προστασίας συρμών ATP.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας και ειδικότερα της ηλεκτρονικής, καθιστά την προμήθεια και την εγκατάσταση ενός συστήματος ATP αρκετά απλή. Στα συστήματα όμως αυτά, απαραίτητη προϋπόθεση για την εγκατάστασή τους είναι τα τραίνα που κυκλοφορούν στο ίδιο το δίκτυο, να έχουν το ίδιο μήκος πέδησης για ακινητοποίηση, όπως στις γραμμές του μετρό ή γραμμών αποκλειστικής κυκλοφορίας των TGV. Στους περισσότερους σιδηροδρομικούς άξονες, οι διαφορετικοί τύποι των τρένων και τα διαφορετικά χαρακτηριστικά πέδησής τους, οδηγούν στη μη εγκατάσταση των συστημάτων ATP.

6.4.1. Αυτόματα Συστήματα Ελέγχου

Οι συντομογραφίες για τα διάφορα συστήματα που χρησιμοποιούνται είναι ποικίλες, ανάλογα με τη βιβλιογραφία ή τη σιδηροδρομική βιομηχανία που αναφέρονται.



6.4.1.1. Αυτόματη Προστασία Συρμών (Automatic Train Protection)

Το σύστημα ATP ο χειρισμός των τρένων γίνεται χειροκίνητα από τον οδηγό, ο οποίος επεμβαίνει στην πέδηση. Παρότι ο έλεγχος γίνεται τοπικά, υπάρχει η δυνατότητα χειρισμού από έναν κεντρικό έλεγχο.

6.4.1.2. Αυτόματη Λειτουργία Συρμών (Automatic Train Operation)

Το σύστημα ATO σε σύγκριση με το ATP, το οποίο ελέγχει μόνο την πέδηση, έχει τη δυνατότητα επέμβασης σε όλες τις φάσεις της λειτουργίας του τρένου, από την επιτάχυνση μέχρι την πλήρη ακινητοποίηση. Επί του παρόντος, το ATO είναι εγκατεστημένο κυρίως σε γραμμές μονής τροχιάς (monorails) και μετρό. Σε συνδυασμό με το ATP, το ATO επιτρέπει τον χειρισμό του τρένου χωρίς την επέμβαση του μηχανοδηγού. Ούτε εδώ κρίνεται απαραίτητη η εγκατάσταση κεντρικού ελέγχου, αν και συνήθως παρέχεται.

6.4.1.3. Αυτόματος Έλεγχος Συρμών (Automatic Train Control)

Το σύστημα ATC είναι συνδυασμός των συστημάτων ATP και ATO. Στο σύστημα αυτό ο μηχανισμός ελέγχου ταχύτητα βασίζεται σε εξωτερικά σήματα που λαμβάνονται από τους ραδιοφάρους.

6.4.1.4. Αυτόματη Εποπτεία Συρμών (Automatic Train Supervision)

Το ATS είναι ένα κεντρικό σύστημα ελέγχου, το οποίο επιβλέπει και διαχειρίζεται το τρένο βασιζόμενο στα δυο υποσυστήματα του ATP και του ATO. Αρχικά ο έλεγχος γινόταν μέσω τηλεφωνικών μηνυμάτων προς τους τοπικούς χειριστές της σηματοδότησης. Σήμερα ο χειρισμός γίνεται αυτόματα από ηλεκτρονικούς υπολογιστές, με δυνατότητα χειροκίνητης λειτουργίας από το χειριστή του κέντρου για οποιαδήποτε τροποποίηση του πλέγματος δρομολογίων.



6.4.2. Συνεχή Μετάδοση και Ραδιοφάροι

Στα συστήματα ATP, οι πληροφορίες που λαμβάνει το τρένο για την επιτρεπόμενη ταχύτητά του αλλά και για την κατάσταση του επόμενου μήκους αποκλεισμού, γίνεται είτε με τη συνεχή μετάδοση, είτε με τη χρήση ραδιοφάρων (beacons, balises).

Στο σύστημα συνεχούς μετάδοσης χρησιμοποιούνται κυκλώματα γραμμής ή βρόχους καλωδίων ανάμεσα στις γραμμές, για τη μετάδοση πληροφοριών στο τρένο κατά την κίνηση του. Ένα ζευγάρι συρμάτων συλλογής, που βρίσκονται κάτω από το εμπρόσθιο τμήμα του τρένου, συλλέγει τις πληροφορίες και τις διαβιβάζει στους επεξεργαστές του συστήματος ATP.

Στο σύστημα των ραδιοφάρων, το τρένο εκπέμπει μια συνεχή δέσμη, η οποία συλλέγεται από τον ραδιοφάρο. Το τελευταίο με την αυτόματη ενεργοποίησή του, μεταδίδει πληροφορίες στο τρένο μόλις περάσει από πάνω του.



Εικόνα 21. Ραδιοφάροι της εταιρείας Adtranz. Ο πρώτος χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της θέσης του τρένου και ο δεύτερος για τη μετάδοση των δεδομένων.



Οι ραδιοφάροι παρουσιάζουν το πλεονέκτημα του χαμηλού κόστους εγκατάστασής τους. Στα μειονεκτήματα του συστήματος αναφέρεται η άσκοπη μείωση ταχύτητας του τρένου όταν αυτό περάσει από ένα σήμα με απαγορευτική ένδειξη και αυτή μεταβληθεί σε λιγότερο απαγορευτική. Σε αυτή την περίπτωση η πληροφορία θα φτάσει καθυστερημένα στο τρένο όταν αυτό φτάσει στον επόμενο ραδιοφάρο, με συνέπεια τη μείωση της χωρητικότητας της γραμμής. Το παραπάνω πρόβλημα λύνεται με την εγκατάσταση επιπλέον ραδιοφάρων κατά την προσέγγιση στα σήματα.

7. ΤΗΛΕΔΙΟΙΚΗΣΗ

7.1. Αλληλεξάρτηση και Προσδιορισμός Διαδρομής

Η αλληλεξάρτηση (interlocking) θεωρείται το πιο διαδεδομένο σύστημα διοίκησης της κυκλοφορίας και έλεγχου των εγκαταστάσεων με τη χρήση της τηλεπικοινωνίας [16]. Στους σιδηροδρόμους, η αλληλεξάρτηση είναι ένα σύνολο συσκευών σήμανσης, που αποτρέπουν αντικρουόμενες (ανταγωνιστικές) κινήσεις εντός των διαφόρων διατάξεων της γραμμής, όπως στις διασταυρώσεις, τις σιδηροδρομικές διαβάσεις (crossings) και στους κόμβους (junctions). Το σύστημα αλληλεξάρτησης είναι σχεδιασμένο να αποτρέπει την εμφάνιση σήματος ελεύθερης κυκλοφορίας εάν η διαδρομή που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί είναι κατειλημμένη από άλλο τρένο και δεν είναι ασφαλής [15]. Ένα τυπικό σύστημα αλληλεξάρτησης περιλαμβάνει σήματα, καθώς και πρόσθετες συσκευές όπως αλλαγές, διασταυρώσεις, εκτροπές κατεύθυνσης, διαβάσεις ακόμα και κινητές γέφυρες.

7.2. Διασύνδεση Στερεάς Κατάστασης

Η πιο σύγχρονη βελτίωση της αλληλεξάρτησης είναι η Αλληλεξάρτηση Στερεάς Κατάστασης (Solid State Interlocking- SSI) και αποτελεί το πιο σύγχρονο



σύστημα σιδηροδρομικής σηματοδότησης [17], αποτελούμενο από ηλεκτρονικά κυκλώματα σε αντικατάσταση των ηλεκτρονόμων (relay). Έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε εκατοντάδες σιδηροδρόμους στον κόσμο, με πολύ καλά αποτελέσματα αξιοπιστίας και δεικτών ασφαλείας [18].

Η τεχνολογία έχει αυξήσει τις δυνατότητες ελέγχου της σιδηροδρομικής κυκλοφορίας, εποπτεύοντας τη σηματοδότηση και ρυθμίζοντάς την. Η εφαρμογή αυτή ονομάζεται Κεντρικός Έλεγχος Κυκλοφορίας (Centralized Traffic Control - CTC). Στον Κεντρικό Έλεγχο Κυκλοφορίας, ο κεντρικός διαχειριστής ελέγχει τις αλληλεξαρτήσεις και τις ροές κυκλοφορίας στα διάφορα τμήματα της γραμμής. Στα σύγχρονα Ευρωπαϊκά σιδηροδρομικά δίκτυα, για την επίβλεψη της κυκλοφορίας των επιβατικών τρένων, το προσωπικό ελέγχου διαθέτει:

- γραφικές οθόνες σύγκρισης του πραγματικού δρομολογίου του τρένου με το θεωρητικό
- προβλέψεις για πιθανές καθυστερήσεις τρένων, ώστε να μην παρουσιαστούν προβλήματα σε κόμβους και να υπάρχει επανεξέταση στις προτεραιότητες για τη μικρότερη διατάραξη του πλέγματος των δρομολογίων.

Το κόστος των συστημάτων της τηλεδιοίκησης περιλαμβάνει τον εξοπλισμό και το λογισμικό των ηλεκτρονικών αλληλεξαρτήσεων (Solid State Interlocking, SSI) και του Κέντρου Ελέγχου Κυκλοφορίας [16].

7.3. Κεντρικός Έλεγχος Κυκλοφορίας

Σε ένα Κ.Ε.Κ. ο διακεκριμένος αριθμός δρομολογίου, ή αλφαριθμητικός κωδικός ενός τρένου, εισάγεται στο σύστημα σηματοδότησης στο ελεγχόμενο τμήμα αποκλεισμού, από το οποίο το τρένο ξεκινά το δρομολόγιό του. Όταν το τρένο μετακινείται από το ένα τμήμα αποκλεισμού σε ένα άλλο, αρχίζει και καταλαμβάνει διαδοχικά κυκλώματα γραμμής προκαλώντας αυτομάτως τη μετακίνηση του



αριθμού ή κωδικού του στον πίνακα ελέγχου του κέντρου τηλεδιοίκησης, από τη μία θέση στην άλλη. Όταν το τρένο περνά από την επιτήρηση ενός κέντρου τηλεδιοίκησης στο επόμενο, ο κωδικός του εμφανίζεται αυτομάτως στον πίνακα ελέγχου του νέου κέντρου.

Οι πληροφορίες δίνονται σε πραγματικό χρόνο (*real-time data*) για την πορεία κάθε τρένου και μπορούν να αξιοποιηθούν και να μεταδοθούν σε κάθε ενδιαφερόμενο μέσα στη σιδηροδρομική επιχείρηση. Στους επιβατικούς σιδηροδρόμους, οι πληροφορίες αυτές μπορούν να αξιοποιηθούν σε πίνακες ενημέρωσης του κοινού στους σταθμούς.

Στις περίπτωση των αστικών και προαστιακών σιδηροδρομικών συστημάτων, η τηλεδιοίκηση των αλλαγών στους σιδηροδρομικούς κόμβους μπορεί να αυτοματοποιηθεί, όταν ο αριθμός ή κωδικός του τρένου παρέχει και την ένδειξη της διαδρομής του. Η ένδειξη αυτή αναγνωρίζεται ηλεκτρονικά από το σύστημα, καθώς το τρένο καταλαμβάνει το κύκλωμα γραμμής πλησιάζοντας στο σημείο αλλαγής κατεύθυνσης.



Εικόνα 22. Κεντρικός έλεγχος κυκλοφορίας της πόλης του Tokyo.



Από τα παραπάνω είναι προφανές, ότι τα μέσα για την πλήρη αυτοματοποίηση της σιδηροδρομικής λειτουργίας υπάρχουν. Τα μέσα αυτά έχουν αξιοποιηθεί σε μερικά ιδιωτικά βιομηχανικά σιδηροδρομικά συστήματα από τις αρχές της δεκαετίας του 1970 και το μεγαλύτερο μέρος από τις δυνατότητες αυτές έχει αξιοποιηθεί σε προηγμένα συστήματα μητροπολιτικού σιδηροδρόμου (μετρό).

8. ΈΛΕΓΧΟΣ ΟΔΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Το κύριο πρόβλημα ελέγχου της οδικής κυκλοφορίας συνοψίζεται στην εύρεση της βέλτιστης ρύθμισης των φαναριών στις υπό εξέταση διασταυρώσεις, αν και υπάρχουν και άλλα μέσα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αυτόν τον σκοπό όπως φωτεινές επιγραφές με μηνύματα προς τους οδηγούς, τοποθέτηση τροχονόμων σε κατάλληλα σημεία κ.α. Το μέσο όμως που έχει την μεγαλύτερη και πιο άμεση επίδραση στην απόδοση του οδικού δικτύου είναι η χρήση φωτεινών σηματοδοτών.

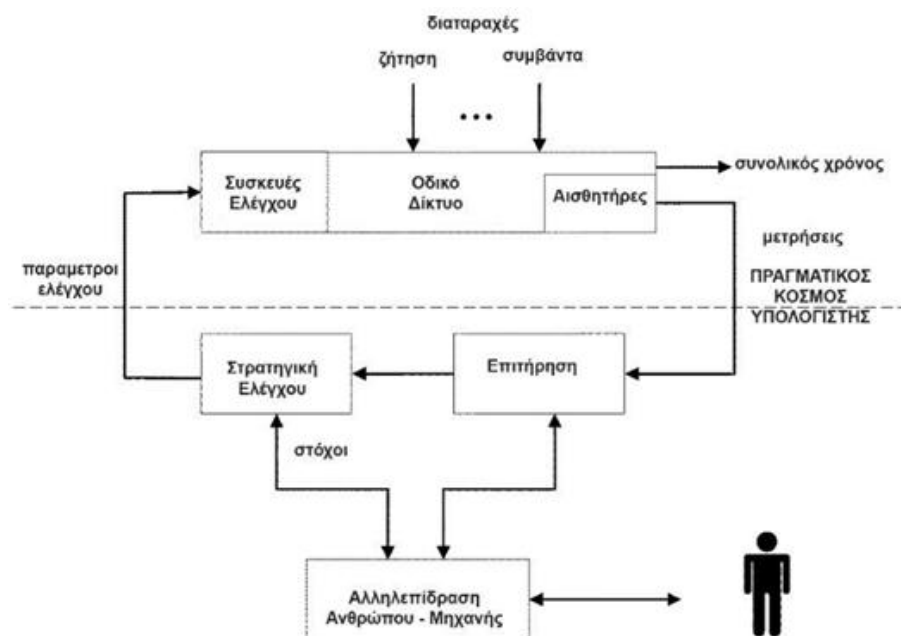
Ο έλεγχος των φαναριών και η διαδικασία ώστε να βρεθεί η βέλτιστη πολιτική απόφαση για κάθε κατάσταση του οδικού δικτύου, είναι ένα ιδιαίτερα δύσκολο έργο για κάποιους αναπόφευκτους λόγους. Αρχικά το πρόβλημα αυτό χαρακτηρίζεται από την στοχαστική του φύση και την μερική παρατηρησιμότητα του (partially observable environment). Στην πράξη χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των χαρακτηριστικών.

Η στοχαστική φύση του προβλήματος έγκειται στο ότι η κίνηση των οχημάτων επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την συμπεριφορά των οδηγών, η οποία πολλές φορές είναι απρόβλεπτη και η μοντελοποίηση γίνεται κατά προσέγγιση. Ατυχήματα, παράνομο παρκάρισμα, κακές καιρικές συνθήκες, κακή κατάσταση οδοστρώματος και άλλα έκτακτα περιστατικά, είναι παράγοντες που μπορούν να αλλάξουν πολύ γρήγορα την κυκλοφοριακή κατάσταση του δικτύου με αποτέλεσμα να απαιτείται ταχύτατη προσαρμογή των συστημάτων ελέγχου κυκλοφορίας στα νέα δεδομένα. Αναποτελεσματική ρύθμιση της κυκλοφορίας οδηγεί σε έντονα



φαινόμενα συμφόρησης, τα οποία με την σειρά τους οδηγούν το δίκτυο σε χαμηλή απόδοση και ολοένα αυξανόμενη συμφόρηση με ακόμα ταχύτερους ρυθμούς.

Το βασικό μοντέλο του βρόχου ελέγχου της κυκλοφορίας που χρησιμοποιείται από τις παραδοσιακές και τις πιο σύγχρονες προσεγγίσεις, κάνει χρήση παραμέτρων ελέγχου οι οποίες αναφέρονται σε τιμές που σχετίζονται με τα φανάρια, τους επαγωγικούς βρόχους, τα μηνύματα προς τους οδηγούς στις φωτεινές επιγραφές, την ανακατεύθυνση της κίνησης μέσω παρακάμψεων κ.α. Αντίστοιχα η έξοδος του δικτύου είναι η μετρική που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της απόδοσης του, όπως για παράδειγμα ο συνολικός χρόνος παραμονής των οχημάτων στο δίκτυο. Η στρατηγική ελέγχου είναι το τμήμα εκείνο που αποφασίζει τις παραμέτρους ελέγχου με βάση τις επεξεργασμένες από το τμήμα της επιτήρησης μετρήσεις. Αυτές οι μετρήσεις μπορεί να περιλαμβάνουν μεγέθη όπως μήκη ουρών, αριθμό σταματημένων οχημάτων, μέση ταχύτητα κ.α.



Εικόνα 23. Μοντέλο του βρόχου ελέγχου της κυκλοφορίας.



Η κύρια διαφορά των τεχνικών τεχνητής νοημοσύνης από τις υπόλοιπες είναι πως το κομμάτι της στρατηγικής ελέγχου υλοποιείται με αλγορίθμους της τεχνητής νοημοσύνης όπως τα ασαφή συστήματα, τα νευρωνικά δίκτυα, οι γενετικοί αλγόριθμοι και η Ενισχυτική Μάθηση (Reinforcement Learning - RL) [19] [20].

9. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

Η συνεχής αύξηση των μετακινήσεων προσώπων και αγαθών και η αντίστοιχη των μετακινήσεων οχημάτων, καθώς και η αδυναμία να αντιμετωπισθεί η παραπάνω αύξηση της ζήτησης με αντίστοιχη αύξηση της προσφοράς, οδηγούν στη συνεχή χειροτέρευση των κυκλοφοριακών συνθηκών, ιδιαίτερα στις αστικές περιοχές. Η αύξηση των καθυστερήσεων, της κατανάλωσης καυσίμων και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούνται, καθιστούν το κυκλοφοριακό ένα από τα σοβαρότερα προβλήματα των πόλεων.

Οι κύριες λειτουργίες τους είναι η παρακολούθηση της κυκλοφορίας στον αυτοκινητόδρομο, ο έλεγχος της κυκλοφορίας στις ράμπες εισόδου αυτού, η διαχείριση των λωρίδων κυκλοφορίας είτε σε κανονικό κυκλοφοριακό φόρτο είτε σε περιπτώσεις έκτακτων γεγονότων, η παροχή πληροφόρησης στους ταξιδιώτες και η αστυνόμευση των μέτρων ελέγχου της κυκλοφορίας.

Τα συστήματα των δρόμων που ακολούθησαν την έκρηξη της αυξήσεως των ιδιωτικών αυτοκινήτων άρχισαν να επηρεάζουν δυσμενώς και έντονα τον χαρακτήρα των πόλεων. Οι επιπτώσεις των ιδιωτικών αυτοκινήτων επιβαρύνουν την κατάσταση κατά τρεις κυρίως τρόπους. Δημιουργούν κυκλοφοριακή συμφόρηση στις κυριότερες αρτηρίες, κινδύνους οφειλόμενους στα οδικά ατυχήματα ή ρύπανση του αέρα και θόρυβο.

Η αντιμετώπιση του κυκλοφοριακού προβλήματος με προγράμματα κατασκευής νέων οδών και γενικότερα με την επέκταση της συγκοινωνιακής



υποδομής απαιτεί σημαντική και συνήθως μη διαθέσιμη χρηματοδότηση και είναι αμφίβολη η υλοποίηση της γιατί συνήθως υπάρχουν περιορισμοί στην εξεύρεση των απαιτούμενων χώρων, των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και στη δικαιολογημένη αντίδραση των κατοίκων. Πρέπει επίσης να επισημανθεί ότι η αύξηση της προσφοράς με την κατασκευή νέων οδών συμβάλλει στην ταχύτερη αύξηση της κυκλοφορίας και των δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, οπότε παρουσιάζεται ανάγκη κατασκευής και νέας υποδομής κ.ο.κ. Κατά συνέπεια δημιουργείται ένας φαύλος κύκλος.

Η Διαχείριση της Κυκλοφορίας αποτελεί μια προσπάθεια μείωσης της κατασκευής νέων οδών και συγκοινωνιακών έργων :

- με την αποτελεσματική χρησιμοποίηση της υπάρχουσας συγκοινωνιακής υποδομής βραχυχρόνια και με περιορισμένου ύψους επενδύσεις. (Διαχείριση Συστήματος Μεταφορών ΑΣΜ, Transportation System Management TSM) .
- με τον περιορισμό της ζήτησης για μεταφορές και της χρήσης του επιβατικού αυτοκινήτου στις κυκλοφοριακά συμφορημένες περιοχές και ειδικότερα κατά τις περιόδους αιχμής (Διαχείριση Ζήτησης Μεταφορών ΔΖΜ, Transportation Demand Management TDM).

Μεγάλη σημασία δίνεται σήμερα διεθνώς αλλά και στην Ελλάδα στη Διαχείριση της Κυκλοφορίας. Ιδιαίτερα για την Αθήνα, όπου η κυκλοφορία αποτελεί την κύρια πηγή ατμοσφαιρικής ρύπανσης, έχουν κατά καιρούς εξαγγελθεί διάφορα πακέτα μέτρων κατά του "νέφους" τα οποία περιλαμβάνουν κυρίως μέτρα διαχείρισης της κυκλοφορίας (ΔΣΜ και ΔΖΜ) [20] [21] [22].

Ένα τυπικό σύστημα διαχείρισης κυκλοφορίας αποτελείται από τα ακόλουθα υποσυστήματα:

- Κέντρο ελέγχου κυκλοφορίας.



- Κεντρικό σύστημα Η/Υ.
- Κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης.
- Σταθμούς ανίχνευσης οχημάτων.
- Πινακίδες προβολής εναλλασσόμενων μηνυμάτων.
- Σταθμούς μέτρησης οχημάτων που εισέρχονται στον αυτοκινητόδρομο.
- Σταθμούς ανεφοδιασμού.
- Υποσυστήματα τηλεπικοινωνιακών αγωγών (οπτικές ίνες, ομοαξονικά καλώδια).

10. ΕΥΦΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ (INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS)

10.1. Εισαγωγή

Οι έρευνες για τις τεχνολογίες πληροφόρησης οδηγού χρονολογούνται από τη δεκαετία του 1950 και έχουν εξελιχθεί κατά τη διάρκεια των τελευταίων 50 ετών. Παρά το γεγονός ότι οι τεχνολογίες έχουν προχωρήσει, οι πρωταρχικοί στόχοι παραμένουν οι ίδιοι:

- η βελτίωση της αποδοτικότητας του ταξιδιού και της κινητικότητας
- η ενίσχυση της ασφάλειας
- η παροχή οικονομικών οφελών
- η εξοικονόμηση ενέργειας
- και η προστασία του περιβάλλοντος.

Πρόσφατα, η ανάπτυξη προηγμένων τεχνολογιών στην επεξεργασία των πληροφοριών, ανίχνευσης και ελέγχου με υπολογιστή, π.χ., Global Positioning



Systems (GPS) ή το Διαδίκτυο, έχουν προωθήσει την ανάπτυξη των ITS. Αυτό θα έχει σημαντικές επιπτώσεις στον τομέα των μεταφορών σε πολλές χώρες [67, 156].

Τα ευφυή συστήματα μεταφορών είναι ο συνδυασμός τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών εφαρμοσμένων στο τομέα των μεταφορών με στόχο να κάνουν την κυκλοφορία των ατόμων ή των εμπορευμάτων αποδοτικότερη, ασφαλέστερη και οικονομικότερη. Αφορούν σε εφαρμογές και χρήση σε οχήματα, υποδομή ή συνεργατικά συστήματα στον δρόμο, στον σιδηρόδρομο, στην εναέρια και θαλάσσια μεταφορά ή σε συνδυασμό μέσων [25].

Καθημερινά επαναλαμβανόμενα μποτιλιαρίσματα αντικατοπτρίζουν το γεγονός ότι τα οδικά δίκτυα δεν είναι σε θέση να ανταποκριθούν στη ζήτηση για τη κινητικότητα που θα εξακολουθήσει να αυξάνεται στο άμεσο μέλλον. Ειδικά, σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, είναι χωροταξικά και κοινωνικά αδύνατο να επεκταθεί το οδικό δίκτυο ώστε να χαλαρώσει την κατάσταση. Επιπλέον, η κατασκευή νέων οδικών αξόνων απαιτεί ενδελεχή έρευνα και ως εκ τούτου, ένας από τους στόχους των ευφυών συστημάτων μεταφορών (ITS) είναι να δώσει μεγαλύτερη έμφαση στη χρήση της υπάρχουσας υποδομής, π.χ., με την παροχή πληροφοριών στους χρήστες του οδικού δικτύου [27].

10.2. Πεδίο εφαρμογής

Σε γενικές γραμμές, οι εφαρμογές ITS έχουν υποδιαιρεθεί σε έξι τομείς της τεχνολογίας [30] [33]:

- Προηγμένα Συστήματα Διαχείρισης Ταξιδιωτών (Advanced Traveler Management Systems - ATMS). Το σύστημα περιλαμβάνει την παρακολούθηση, τον έλεγχο και τη διαχείριση της κυκλοφορίας στους δρόμους και αυτοκινητόδρομους, με σκοπό τη μείωση της συμφόρησης και τη μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας με χρήση εκτροπής διαδρομής του



οχήματος, αυτοματοποιημένης σηματοδότησης, πινακίδων μεταβλητών μηνυμάτων (VMS), και συστημάτων ελέγχου με προτεραιότητα.

- Προηγμένα Συστήματα Πληροφόρησης Ταξιδιωτών (Advanced Traveler Information Systems - ATIS). Περιλαμβάνει μια ποικιλία συστημάτων, με σκοπό την πληροφόρηση του ταξιδιώτη για τις συνθήκες κυκλοφορίας του συστήματος μεταφοράς, με σκοπό τη μείωση της συμφόρησης και βελτίωση της κυκλοφοριακής ροής. Ακόμα, παρέχουν σε πραγματικό χρόνο, πληροφορίες σχετικές με την πλοήγηση και την καθοδήγηση της διαδρομής, εύρεση σημείων ενδιαφέροντος, σχεδιασμό ταξιδιού με διάφορα μέσα μεταφοράς, όπως επίσης υπηρεσίες προειδοποίησης κινδύνου και κυκλοφοριακών συμβάντων που θα συναντήσει ο οδηγός στην πορεία του.
- Προηγμένα Συστήματα Ελέγχου Οχημάτων (Advanced Vehicle Control Systems - AVCS). Το AVCS είναι κυρίως επικεντρωμένο στην παροχή βοήθειας τους οδηγούς για τον έλεγχο των οχημάτων τους, ιδιαίτερα σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης όπου τελικά αναλαμβάνουν ορισμένες ή όλες τις λειτουργίες της οδήγησης. Παραδείγματα είναι Automatic Cruise Control (ACC), σύστημα το οποίο ενεργοποιεί την πέδηση έκτακτης ανάγκης εάν η απόσταση από το προπορευόμενο όχημα μειωθεί στο όριο.
- Λειτουργίες Εμπορικών Οχημάτων (Commercial Vehicle Operations - CVO). Το CVO είναι μια εφαρμογή της τεχνολογίας ITS για τις ειδικές ανάγκες των εμπορικών οχημάτων, συμπεριλαμβανομένων της αυτοματοποιημένης αναγνώρισης του οχήματος, της τοποθεσίας του, της ανίχνευσης πεζών, της ζύγισης εν κινήσει και της τήρησης των αρχείων του οχήματος. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα στον τομέα αυτό είναι η βελτίωση των λειτουργιών διαχείρισης του στόλου.
- Προηγμένα Μεταφορικά Συστήματα Επαρχιακών Οδών (Advanced Rural Transportation Systems - ARTS). Τα ARTS είναι μια τεχνολογία για τις ιδιαίτερες ανάγκες των αγροτικών περιοχών, δεδομένου ότι αυτά χαρακτηρίζονται από μια σειρά χαρακτηριστικών, τα οποία είναι διαφορετικά από τις αστικές περιοχές, π.χ., τυφλές στροφές, μικρότερες λωρίδες, λίγες



πινακίδες σήμανσης, διαφορετικό οδηγικό προφίλ και μικρότερη υποστήριξη υποδομών.

- Προηγμένα Συστήματα Δημόσιων Μεταφορών (Advanced Public Transport Systems - APTS). Τα APTS ενισχύουν την αποδοτικότητα, την ελκυστικότητα και την αποτελεσματικότητα των δημόσιων μέσων μεταφοράς και περιλαμβάνουν το αυτόματο σύστημα είσπραξης εισιτηρίων, τη δημόσια ασφάλεια ταξιδίου και ιδιαίτερα τα συστήματα πληροφόρησης των ταξιδιωτών σε πραγματικό χρόνο. Ωστόσο, οι πληροφορίες αυτές θα πρέπει να υποστηρίζουν ποικιλότροπες πτυχές, δεδομένου ότι η διαθεσιμότητα και η προσβασιμότητα των πληροφοριών είναι ένα από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα των μέσων μαζικής μεταφοράς.

10.3. Συσκευές ανίχνευσης

Η βάση του κάθε ITS είναι τα δεδομένα εισόδου, δηλαδή, οι μετρήσεις από τις συσκευές ανίχνευσης. Σε γενικές γραμμές, μπορεί κανείς να διακρίνει σταθερούς και κινητούς ανιχνευτές, όπως οι παρακάτω:

- Επαγωγικούς βρόχοι. Είναι οι πιο συνηθισμένες συσκευές, δεδομένου ότι η δομή τους είναι απλή, είναι φθηνά και έχουν υψηλή αξιοπιστία. Η ιδέα είναι να ανιχνευθεί η ποσότητα του μετάλλου το οποίο διασχίζει μια συγκεκριμένη περιοχή. Ανάλογα με τη ρύθμιση, οι συσκευές αυτές παρέχουν συγκεντρωτικά ταχύτητες, αριθμό οχημάτων, ή ακόμα και δεδομένα από ένα όχημα [34].
- Βίντεοκάμερες. Η ανίχνευση μέσω εικόνας βίντεο απαιτεί υψηλό τεχνικό επίπεδο, δεδομένου ότι οι εικόνες θα πρέπει να υποβάλλονται σε επεξεργασία σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, υπάρχουν προβλήματα τη νύχτα ή όταν οι καιρικές συνθήκες είναι κακές. Εκτός αυτού, η βαθμονόμηση του συστήματος είναι πολύ επιρρεπής σε σφάλματα.



- Ανιχνευτές υπέρυθρων. Η ιδέα αυτών των συσκευών είναι να ανιχνεύει τα αυτοκίνητα χρησιμοποιώντας το υπέρυθρο φάσμα. Οι αντανάκλασεις από τις λείες επιφάνειες των οχημάτων μπορούν να μετρήσουν τους κυκλοφοριακούς φόρτους και τις ταχύτητες των οχημάτων.
- Επιπλέοντα Δεδομένα Οχήματος (Floating Car Data/Floating Cellular Data - FCD). Χρησιμοποιούνται για να διευρύνουν τις συνθήκες κυκλοφορίας των οδών π.χ., για τη μέτρηση της ταχύτητας ή του χρόνου ταξιδιού και οι πληροφορίες μεταδίδονται στα κέντρα ελέγχου [32]. Ωστόσο, ο εξοπλισμός ενός αυτοκινήτου με τις απαραίτητες συσκευές είναι αρκετά ακριβός. Μια φθηνότερη εναλλακτική λύση είναι ο εντοπισμός των ανθρώπων που χρησιμοποιούν λειτουργίες προσδιορισμού θέσης με τη χρήση των κινητών τους τηλεφώνων [29]. Ωστόσο, το πιο κρίσιμο ζήτημα είναι η διασφάλιση της ανωνυμίας των προσώπων.

Ένα βασικό πρόβλημα όλων των συσκευών ανίχνευσης, εκτός των Επιπλέοντων Δεδομένων Οχήματος είναι ότι οι πληροφορίες παρέχονται μόνο σε σταθερές μονάδες. Μια λύση είναι η εγκατάσταση ενός πολύ πυκνού δικτύου ανίχνευσης. Μια άλλη είναι η προέκταση με την εξαγωγή συμπερασμάτων από τις τοπικά μετρούμενες πληροφορίες κάνοντας χρήση προσομοίωσης.

10.4. Τεχνολογίες

Υπάρχουν κάποιες καινοτόμες τεχνολογίες, οι οποίοι προάγουν την ανάπτυξη των ITS, π.χ., GPS, GSM, Internet. Το GPS είναι σημαντικό, δεδομένου ότι επιτρέπει τον εντοπισμό ενός αντικειμένου χρησιμοποιώντας τουλάχιστον τρεις δορυφόρους. Το Διαδίκτυο προσφέρει τεράστιες δυνατότητες για τη διάδοση πληροφοριών και είναι ήδη διαθέσιμο σε συσκευές μέσα στα οχήματα. Σήμερα, πολλές ιστοσελίδες προσφέρουν σε πραγματικό χρόνο πληροφορίες για την κατάσταση της κυκλοφορίας στους χρήστες [35].



11. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΣ ΛΟΓΙΚΟΣ ΕΛΕΓΚΤΗΣ

11.1. Ορισμός

Ο προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής (Programmable Logic Controller - PLC) είναι ένα σύστημα αυτοματισμού που με βάση την τεχνολογία των ηλεκτρονικών υπολογιστών είναι σε θέση:

- να δέχεται διάφορα ηλεκτρικά σήματα ρεύματος ή τάσεις (είσοδοι)
- να τα επεξεργάζεται
- να παράγει τα κατάλληλα σήματα εξόδου (έξοδοι), τα οποία θα ενεργοποιήσουν τις υπό έλεγχο διατάξεις.

Χρησιμοποιεί μια προγραμματιζόμενη μνήμη για την αποθήκευση ειδικών λειτουργιών όπως είναι η λογική, η ακολουθία, η απαρίθμηση, ο χρόνος για να ελέγξει κυρίως μηχανές και την διαδικασία λειτουργίας τους. Σκοπός της δημιουργίας του είναι η αντικατάσταση του κλασσικού αυτοματισμού. Για τον προγραμματισμό του PLC δημιουργείται μια σειρά από εντολές μέσω κατάλληλου λογισμικού και γλώσσας προγραμματισμού, για την λύση ενός αλγόριθμου που αντιστοιχεί στην λειτουργία ενός συστήματος αυτοματισμού. Τα PLC είναι πολύ ευέλικτες συσκευές καθώς αξιοποιούνται για αμέτρητες και διαφορετικές εφαρμογές.

Έτσι ανάλογα με τις απαιτήσεις των εφαρμογών εκτελείται ένας προγραμματισμός. Κάθε PLC έχει συγκεκριμένη γλώσσα μηχανής σύμφωνα με την αρχιτεκτονική του hardware. Θεωρητικά, ο προγραμματισμός του θα μπορούσε να γίνει σε γλώσσα μηχανής, αλλά κάτι τέτοιο θα ήταν εξαιρετικά επίπονο καθώς χρειάζονται μεγάλες γνώσεις και εμπειρία στη δομή και την λειτουργία των επεξεργαστών. Σκοπός των κατασκευαστών ήταν η απλοποίηση του συστήματος προγραμματισμού για την διευκόλυνση περισσότερων ανθρώπων. Έτσι προτάθηκαν



διαφορετικές γλώσσες προγραμματισμού ώστε να είναι εφικτό να χρησιμοποιηθούν από ανθρώπους που σχετίζονται με τον έλεγχο συστημάτων.



Εικόνα 24. Μονάδα PLC της Allen - Brandley.

11.2. Βασική Δομή και αποτελούμενα μέρη των PLC

Ο τύπος, το μέγεθος και κατ' επέκταση το κόστος ενός PLC εξαρτώνται από:

- το πλήθος των στοιχείων που δίνουν εντολή σε αυτόν
- το πλήθος των στοιχείων που δέχονται εντολή από αυτόν
- το πλήθος των ενεργειών που καλείται να εκτελέσει.

Το PLC αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία προκειμένου να είναι σε θέση να επιλύσει ένα σύνθετο πρόβλημα αυτοματισμού:

- Πλαίσιο τοποθέτησης των μονάδων. Πολλοί τύποι PLC φέρουν ένα πλαίσιο πάνω στο οποίο τοποθετούνται όλες οι βαθμίδες που το αποτελούν. Πάνω σε αυτό είναι ενσωματωμένο και το σύστημα ζυγών, το σύστημα των αγωγών



δηλαδή μέσα από τα οποία γίνεται η επικοινωνία των διάφορων βαθμίδων, από την τροφοδοσία τους μέχρι και την ανταλλαγή πληροφοριών.

- Μονάδα τροφοδοσίας για την απαιτούμενη εσωτερική τάση και την αποκλειστική τροφοδοσία των ηλεκτρονικών στοιχείων που συνθέτουν ένα PLC.
- Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας και Ελέγχου ή CPU (Central Processing Unit). Είναι ένας μικροεπεξεργαστής που διαβάζει και κατανοεί τις λογικές εντολές που δέχεται στην είσοδο, αξιοποιεί την μνήμη και στην συνέχεια, ανάλογα με τον προγραμματισμό του, αποφασίζει ποιες εξόδους θα θέσει σε λειτουργία. Ο επεξεργαστής είναι πολύ ευέλικτος και πρέπει να δουλεύει σε ένα αρκετά ευρύ θερμοκρασιακό περιβάλλον. Μπορεί να προγραμματιστεί ανά πάσα στιγμή ή να επαναπρογραμματιστεί, ο όγκος του είναι πολύ μικρός καθώς έχει την μορφή ολοκληρωμένου κυκλώματος πράγμα το οποίο το κάνει πολύ αξιόπιστο και έχει μικρό οικονομικό κόστος.
- Μονάδες εισόδων και εξόδων όπου αποτελούν το μέσο εξασφάλισης της σύνδεσης των διάφορων μηχανών με τη CPU. Η κάθε μονάδα μπορεί να δεχθεί ένα συγκεκριμένο αριθμό σημάτων τάσης ή έντασης.
- Μονάδα επικοινωνίας. Η μονάδα αυτή είναι απλώς μια θύρα που με ειδικό καλώδιο συνδέεται ο ελεγκτής με την συσκευή προγραμματισμού. Από εκεί γίνεται η μεταφορά των δεδομένων προς τον ελεγκτή ή το ανάποδο.
- Μνήμες. Τα PLC διαθέτουν μνήμες RAM, ROM, EEPROM στις οποίες γίνεται η αποθήκευση των δεδομένων. Κάθε μια από αυτές τις μνήμες έχει διαφορετικό τρόπο λειτουργίας και μπορούν να συγκρατήσουν δεδομένα ακόμα και αν γίνει διακοπή της τροφοδοσίας.

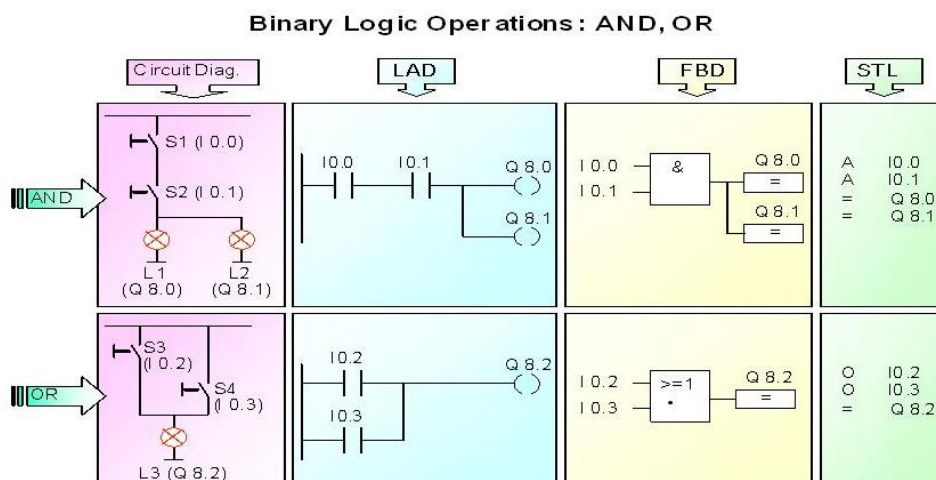
11.3. Γλώσσες προγραμματισμού

Ο καθορισμός της γλώσσας προγραμματισμού γίνεται από την εμπειρία και τις γνώσεις του χρήστη σε ψηφιακά ηλεκτρονικά, σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές, σε



ηλεκτρολογικά, σε συστήματα αυτοματισμού καθώς και στη φύση του προβλήματος που έχει να αντιμετωπίσει. Ανάλογα το είδος των στοιχείων και την τεχνική του, οι γλώσσες προγραμματισμού ταξινομούνται σε γραφικές και μη γραφικές. Οι γραφικές περιέχουν σύμβολα, σχήματα και γραμμές για εντολές και οι μη γραφικές χρησιμοποιούν εντολές παρόμοιες με αυτές των γλωσσών μηχανής. Οι βασικότεροι μέθοδοι προγραμματισμού είναι οι εξής:

- γλώσσα LADDER DIAGRAM (LAD) ή Διάγραμμα Επαφών. Είναι η πρώτη γλώσσα που αναπτύχθηκε και η λειτουργία της είναι η πιστή αντιγραφή του ηλεκτρολογικού σχεδίου μέσω των εργαλείων και των συμβόλων που δίνονται. Στη μέθοδο αυτή γίνεται χρήση των αμερικάνικων συμβόλων των επαφών. Ο όρος LADDER (σκάλα) χρησιμοποιείται επειδή οι γραμμές ενός συμπληρωμένου διαγράμματος μοιάζουν με βαθμίδα μιας σκάλας.
- γλώσσα STATEMENT LIST (STL) ή Λίστα Εντολών. Περιέχει εντολές προγράμματος που αντιστοιχούν σε λογικές πύλες (AND, OR, NOT κτλ.) σε μορφή δομημένου κειμένου με λατινικούς χαρακτήρες. Η γλώσσα STL μοιάζει αρκετά με την γλώσσα προγραμματισμού BASIC και έχει την ικανότητα της βέλτιστης αξιοποίησης της μνήμης και εκτέλεσης του προγράμματος.
- γλώσσα STRUCTURED TEXT (ST) ή Δομημένου Κειμένου. Έχει πολλές ομοιότητες με την γλώσσα C και συνεπώς απαιτεί ειδικευμένες γνώσεις προγραμματισμού και γι αυτό τον λόγο δεν χρησιμοποιείται συχνά σε σημείο που τείνει να εξαφανιστεί.
- γλώσσα FUNCTION BLOCK DIAGRAM (FBD) ή Λογικών Γραφικών ή Λογικού Διαγράμματος. Προτιμάται από χρήστες που έχουν εξοικείωση με την ψηφιακή σχεδίαση καθώς ο κώδικας αναπαριστάται με διαγράμματα λογικών πυλών (AND, OR, NOT κτλ) και γίνεται χρήση της άλγεβρας Boole. Ακολουθούν ενδεικτικά και απλά παραδείγματα των τριών βασικών γλωσσών προγραμματισμού ενός PLC.

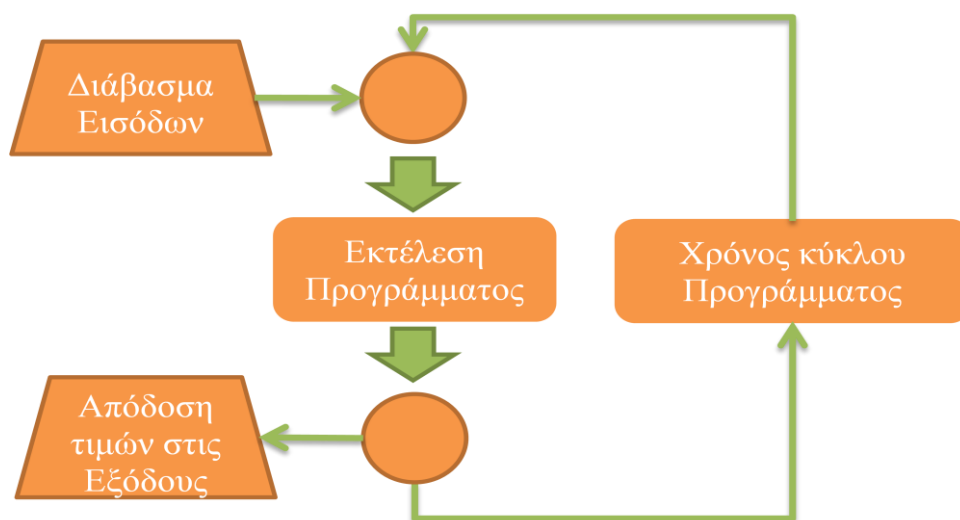


Εικόνα 25. Απεικόνιση των γλωσσών προγραμματισμού των PLC.

Η δυνατότητα μετατροπής από τη μια γλώσσα προγραμματισμού σε μια άλλη, είναι δυνατό να γίνει μόνο από LADDER ή FBD σε STL, αλλά όχι το αντίθετο γιατί στην λίστα εντολών της STL γλώσσας μπορεί να προγραμματιστούν πράγματα που είναι αδύνατη η απεικόνιση τους σε γραφική μορφή.

11.4. Εσωτερική λειτουργία του PLC

Ένα PLC έχει δυο κυρίως τρόπους λειτουργίας. Η πρώτη είναι η κατάσταση εκτέλεσης RUN MODE όπου σε αυτήν την φάση εκτελούνται όλες οι οδηγίες που περιέχονται στη μνήμη και ενεργοποιούνται οι έξοδοι. Σε αυτή την κατάσταση επίσης, το πρόγραμμα δεν μπορεί να αλλάξει και να τροποποιηθεί. Η δεύτερη είναι η κατάσταση STOP MODE. Σε αυτή την περίπτωση ο ελεγκτής τροφοδοτείται κανονικά αλλά δεν εκτελεί λειτουργίες ελέγχου. Απενεργοποιούνται αυτόματα όλες οι έξοδοι ανεξάρτητα από την κατάσταση που βρίσκονται οι εισοδοι. Για να εισάγουμε ή να τροποποιήσουμε ένα πρόγραμμα σε έναν ελεγκτή πρέπει να βρίσκεται σε κατάσταση STOP.



Εικόνα 26. Διάγραμμα ροής του κύκλου λειτουργίας ενός PLC.

Η εσωτερική λειτουργία ενός PLC χωρίζεται σε τρία στάδια:

1. Αρχικά γίνεται σάρωση των λογικών καταστάσεων των εισόδων. Η κλειστή επαφή ισοδυναμεί με λογικό '1' ενώ με λογικό '0' η ανοιχτή. Αμέσως μετά αυτές οι λογικές καταστάσεις εκχωρούνται στην μνήμη.
2. Εκτέλεση προγράμματος. Σε αυτό το στάδιο ο ελεγκτής εκτελεί το πρόγραμμα που είναι αποθηκευμένο στη μνήμη με μορφή προτάσεων (εντολή - διεύθυνση). Κάθε πρόταση καταλαμβάνει το δικό της χώρο στη μνήμη που ονομάζεται βήμα. Κάθε βήμα εκτελείται με την σειρά που είναι τοποθετημένο στο πρόγραμμα και ανάλογα με την λογική κατάσταση της κάθε εισόδου γίνεται προσωρινή καταγραφή της τρέχουσας κατάστασης της ανάλογης εξόδου στην μνήμη.
3. Ενημέρωση εξόδων. Είναι το τελικό στάδιο όπου το PLC διαβάζει την κατάσταση κάθε εξόδου από την μνήμη που έχουν διαμορφωθεί από τα δυο πρώτα στάδια και τις ενεργοποιεί ή της απενεργοποιεί. Όπως και στην είσοδο το λογικό '1' δηλώνει κλειστό κύκλωμα και το λογικό '0' σε ανοιχτό κύκλωμα.



11.5. Πλεονεκτήματα των PLC

Ένα PLC έχει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα πιο παλιά και κλασσικά συστήματα αυτοματισμού. Έχει την δυνατότητα να εκτελεί εργασίες ελέγχου, υπολογισμού και επικοινωνίας. Ως συσκευή και ως σύστημα γενικώς είναι πολύ ευέλικτο, αξιόπιστο, ισχυρό και συμπαγές καθώς μπορεί να συναρμολογηθεί με σχετικά μικρό κόστος. Ακολουθούν πιο αναλυτικά τα πλεονεκτήματα:

- Η ελαχιστοποίηση του χρόνου κατασκευής του αυτοματισμού σε σχέση με την κατασκευή ενός κλασσικού πίνακα αυτοματισμού. Ο αυτοματισμός υλοποιείται πολύ γρηγορότερα διότι η μελέτη μπορεί να γίνει παράλληλα με τη εγκατάσταση και συνδεσμολογία του PLC. Επίσης δίνεται η δυνατότητα να μην υπάρχει τόσο πολύπλοκη και δύσκολη καλωδίωση που χρειαζόταν στο παρελθόν.
- Ο επαναπρογραμματισμός. Αυτό σημαίνει πως μας δίνεται η δυνατότητα για οποιοδήποτε λόγο να αλλάξουμε τους κανόνες και τις προδιαγραφές ενός αυτοματισμού χωρίς να χρειάζεται να αλλάξουμε ολόκληρη την καλωδίωση του συστήματος. Αυτό είναι μεγάλο πλεονέκτημα καθώς κάτι τέτοιο θα ήταν πολύ χρονοβόρο, πολύ δύσκολο και σίγουρα θα είχε μεγάλο κόστος.
- Ελαχιστοποίηση του κόστους συντήρησης καθώς χαλάνε σπάνια.
- Υλοποίηση πολύπλοκων και έξυπνων εργασιών που στον κλασσικό αυτοματισμό είναι πολύ πιο δύσκολες να γίνουν.
- Δυνατότητα τοποθέτησης επιρόσθετων μονάδων εισόδων και εξόδων για τυχόν μελλοντική επέκταση.
- Η δυνατότητα σύνδεσης με άλλα συστήματα για έλεγχο, επιτήρηση, συντονισμό και κεντρική οργάνωση των εγκαταστάσεων. Δίνεται η δυνατότητα σύνδεσης με Η/Υ και με βιομηχανικά δίκτυα.
- Ο ελάχιστος χώρος που καταλαμβάνει και η χαμηλή κατανάλωση ισχύος που έχει.



11.6. Τεχνικοί Περιορισμοί

Με τα σημερινά δεδομένα τα PLC δεν έχουν κάποια αρνητικά χαρακτηριστικά. Το μόνο που υπάρχει όπως είναι φυσιολογικό είναι τεχνικοί περιορισμοί. Αυτοί οι περιορισμοί προσδιορίζονται σε δυο μεγέθη. Τον αριθμό των εισόδων και των εξόδων και από το μέγεθος της μνήμης. Ο αριθμός των εισόδων που μπορούμε να εισάγουμε είναι περιορισμένος. Ο περιορισμός αυτός είναι ο μέγιστος αριθμός των σημάτων που μπορούμε να εισάγουμε στον ελεγκτή από εξωτερικό παράγοντα. Ο αριθμός των εξόδων είναι ο μέγιστος αριθμός κυκλωμάτων που μπορεί να ελέγξει το PLC στις εξόδους.

Το μέγεθος της μνήμης περιγράφεται σε bytes. Έτσι χρειαζόμαστε κατάλληλη μνήμη για να χωρέσουν οι τωρινές εντολές και τυχόν μελλοντικές εντολές που μπορεί να προστεθούν λόγω επέκτασης του αυτοματισμού ή τυχόν αλλαγών [36] [37].

12. ΔΟΜΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

12.1. Περιγραφή της εφαρμογής

Ο αυτοματισμός της παρούσας εργασίας, αφορά διασταύρωση δρόμων σε βιομηχανικό χώρο όπου ο κύριος δρόμος κίνησης έχει γεωγραφικό προσανατολισμό από βορρά προς νότο, ενώ ο δρόμος κίνησης του βαρέως οχήματος από ανατολή προς δύση. Στο κύριο δρόμο υπάρχουν εγκατεστημένες μπάρες και σηματοδότες 3 ενδείξεων ανά κατεύθυνση, για διακοπή της κυκλοφορίας σε περίπτωση προσέγγισης του βαρέως οχήματος στους βρόχους Νο 1 και Νο 3. Στο δρόμο κίνησης του βαρέως οχήματος επίσης υπάρχουν εγκατεστημένες μπάρες και σηματοδότες 2 ενδείξεων, ανά κατεύθυνση, για διακοπή της κυκλοφορίας σε περίπτωση απομάκρυνσης του βαρέως οχήματος από τους βρόχους Νο 2 και Νο 4. Η



απόσταση μεταξύ των επαγωγικών βρόχων Νο 1 και Νο 4, όπως επίσης των Νο 2 και Νο 3 είναι μεγαλύτερη από το συνολικό μήκος του βαρέως οχήματος ώστε να μην υπάρχει ταυτόχρονη ενεργοποίηση της πρώτης και της δεύτερης φάσης.

Το βαρύ όχημα έχει αποκλειστική κυκλοφορία στο δρόμο από ανατολή προς δύση και ανάποδα, ενώ όλα τα υπόλοιπα οχήματα αποκλειστικά και μόνο στον κύριο δρόμο. Σκοπός του αυτοματισμού είναι η ασφαλής διακοπή κυκλοφορίας του κύριου δρόμου σε περίπτωση προσέγγισης του βαρέως οχήματος στους αντίστοιχους βρόχους, όπως επίσης και η έγκαιρη προειδοποίηση των οδηγών και του προσωπικού σε περίπτωση τεχνικής δυσλειτουργίας.

Η διαδικασία του αυτοματισμού χωρίζεται στη χειροκίνητη και αυτόματη λειτουργία.

12.2. Χειροκίνητη Λειτουργία

Στη χειροκίνητη λειτουργία ο χειρισμός γίνεται από εξειδικευμένο τεχνικό προσωπικό ή εξουσιοδοτημένο προσωπικό. Έχει δικό της διακόπτη ενεργοποίησης και είναι ανεξάρτητη από την αυτόματη λειτουργία. Η χρησιμότητά της είναι πολύ σημαντική καθώς μπορεί να γίνει διαχείριση όλων εισόδων και εξόδων του αυτοματισμού, ανεξάρτητα από τις θέσεις των μπαρών. Η χειροκίνητη λειτουργία είναι απαραίτητη στους αυτοματισμούς γιατί ενδέχεται να χρειαστούν ρυθμίσεις ή μπορεί να υπάρχει σφάλμα στη διαδικασία, ακόμα και καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης, οπότε πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα διαχείρισης με εναλλακτικά μέσα. Εκτός από τον διακόπτη χειροκίνητης λειτουργίας υπάρχουν και ξεχωριστοί διακόπτες για την ενεργοποίηση της κάθε εξόδου.

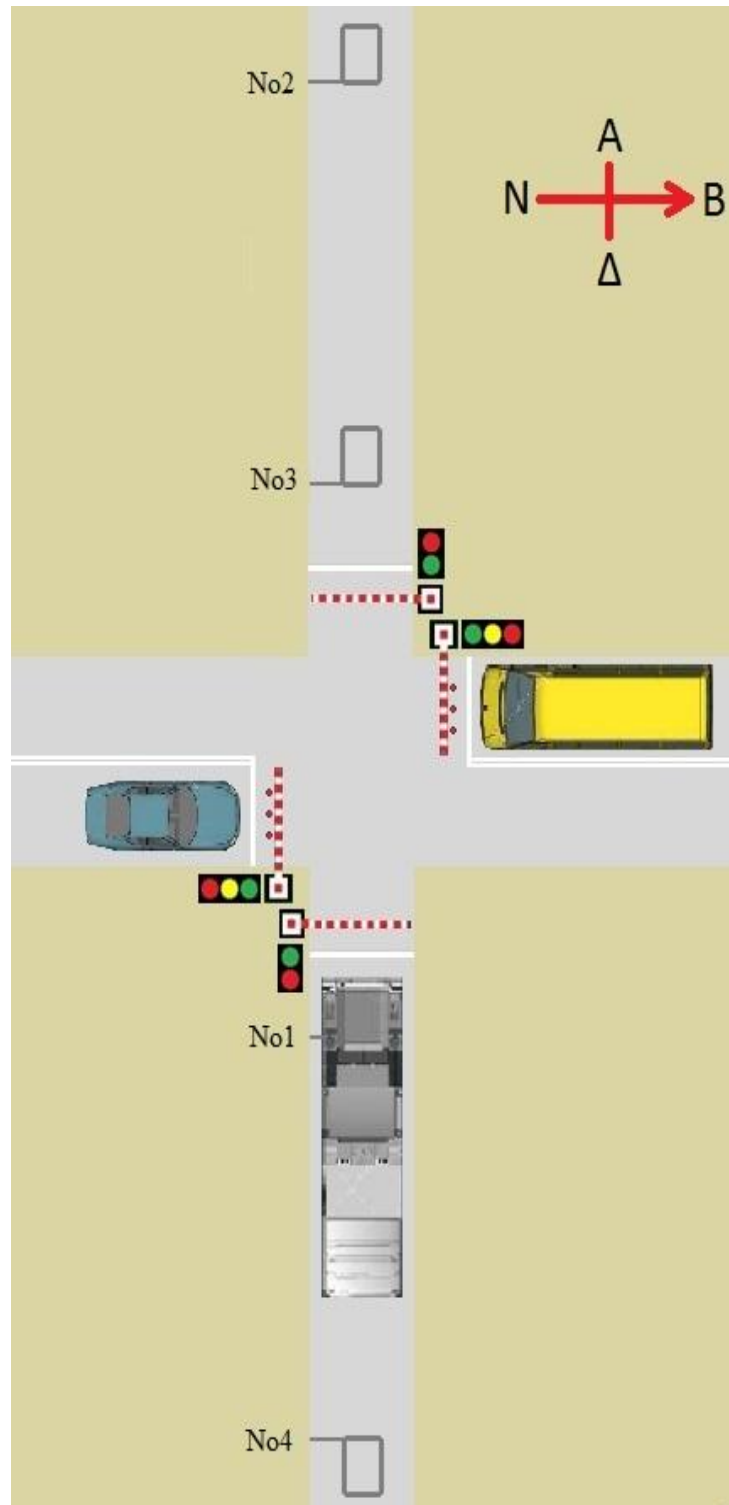
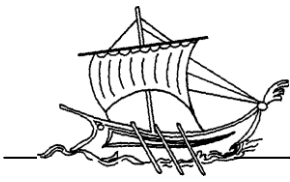
12.3. Αυτόματη Λειτουργία

Η αυτόματη λειτουργία χωρίζεται σε δυο φάσεις:



- 1η φάση: Οι μπάρες του κεντρικού δρόμου είναι στην πάνω θέση και οι ενδείξεις στους σηματοδότες είναι πράσινες, ώστε να επιτρέπεται η ελεύθερη διέλευση των οχημάτων. Ταυτόχρονα στο δρόμο κίνησης του βαρέως οχήματος οι μπάρες είναι στην κάτω θέση και οι ενδείξεις στα φανάρια είναι κόκκινες. Όταν το βαρύ όχημα προσεγγίσει του επαγωγικούς βρόχους Νο1 ή Νο3, θα ανάψουν τα πορτοκαλί φανάρια στους σηματοδότες του κεντρικού δρόμου για 5 δευτερόλεπτα ενώ ταυτόχρονα θα ηχεί και η σειρήνα. Με την πάροδο του χρόνου θα ανάψουν τα κόκκινα φανάρια στον κύριο δρόμο και μετά από 3 δευτερόλεπτα θα κατέβουν οι μπάρες του κεντρικού δρόμου και ταυτόχρονα θα ανέβουν αυτές του δρόμου κίνησης του βαρέως οχήματος. Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία θα ανάψει πράσινη ένδειξη στους σηματοδότες του δρόμου κίνησης του βαρέως οχήματος και ταυτόχρονα θα σταματήσει η σειρήνα.
- 2η φάση: Όταν το βαρύ όχημα περάσει πάνω από του επαγωγικούς βρόχους Νο2 ή Νο4 και απομακρυνθεί, θα κατέβουν οι μπάρες του δρόμου κίνησης του βαρέως οχήματος και οι μπάρες του κεντρικού δρόμου και θα ανέβουν. Ταυτόχρονα οι πράσινες ενδείξεις στους σηματοδότες του δρόμου κίνησης του βαρέως οχήματος θα γίνουν κόκκινες. Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία θα ανάψουν τα πράσινα φανάρια στους σηματοδότες του κεντρικού δρόμου ώστε να συνεχιστεί κανονικά η κυκλοφορία των οχημάτων.

Σε περίπτωση που η εντολή εξόδου από το PLC για κίνηση των μπαρών είτε του κεντρικού δρόμου, είτε του δρόμου κίνησης του βαρέως οχήματος, διαρκέσει περισσότερο από 10 δευτερόλεπτα τότε ηχεί η σειρήνα και οι ενδείξεις στους σηματοδότες του κεντρικού δρόμου είναι αναλάμπων πορτοκαλί ανά 1 δευτερόλεπτο.

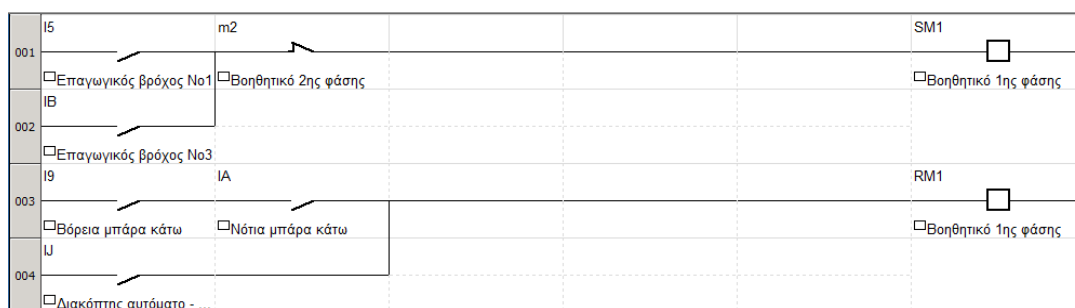


Εικόνα 27. Απεικόνιση της διασταύρωσης δρόμων του αυτοματισμού.

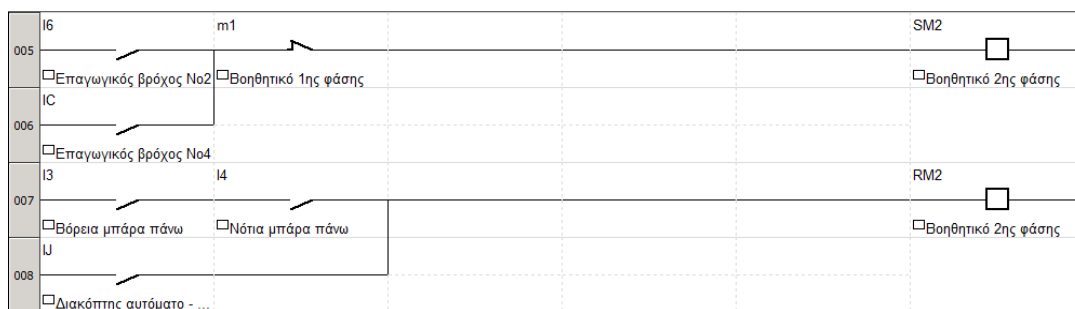


12.4. Περιγραφή λειτουργίας

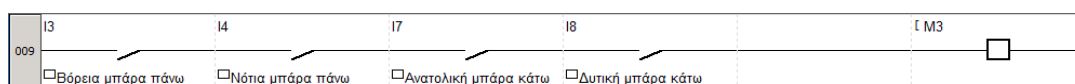
Ενεργοποίηση του βοηθητικού καταχωρητή M1 με αυτοσυγκράτηση από τις εισόδους I5 και IB για την ενεργοποίηση της 1ης φάσης του αυτοματισμού. Η βοηθητική του επαφή m2 χρησιμοποιείται ως ηλεκτρική μανδάλωση της 2ης φάσης. Ο M1 απενεργοποιείται όταν η βόρεια και η νότια μπάρα είναι στην κάτω θέση, όπως επίσης και στη χειροκίνητη λειτουργία:



Ενεργοποίηση του βοηθητικού καταχωρητή M2 με αυτοσυγκράτηση από τις εισόδους I6 και IC για την ενεργοποίηση της 2ης φάσης του αυτοματισμού. Η βοηθητική του επαφή m1 χρησιμοποιείται ως ηλεκτρική μανδάλωση της 1ης φάσης. Ο M2 απενεργοποιείται όταν η βόρεια και η νότια μπάρα είναι στην πάνω θέση, όπως επίσης και στη χειροκίνητη λειτουργία:

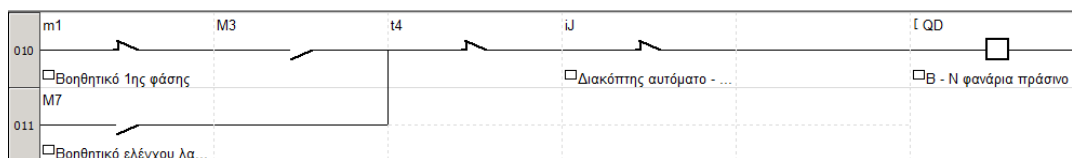


Αρχική συνθήκη έναρξης της 1ης φάσης του αυτοματισμού με βόρεια και νότια μπάρα στην πάνω θέση και ανατολική και δυτική μπάρα στην κάτω θέση. Οι συνθήκες αυτές ενεργοποιούν το βοηθητικού καταχωρητή M3:

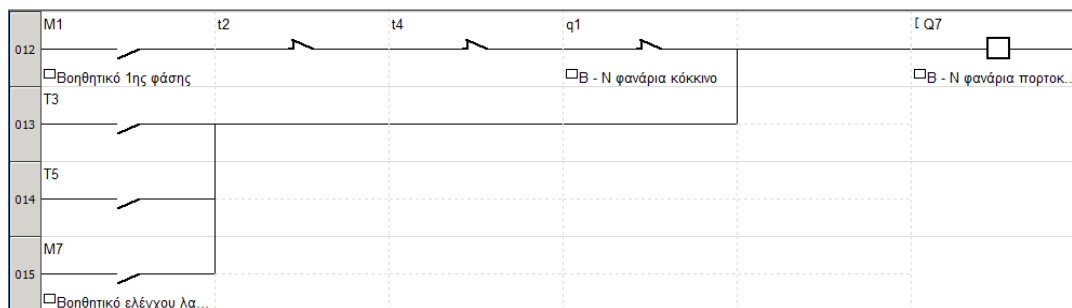




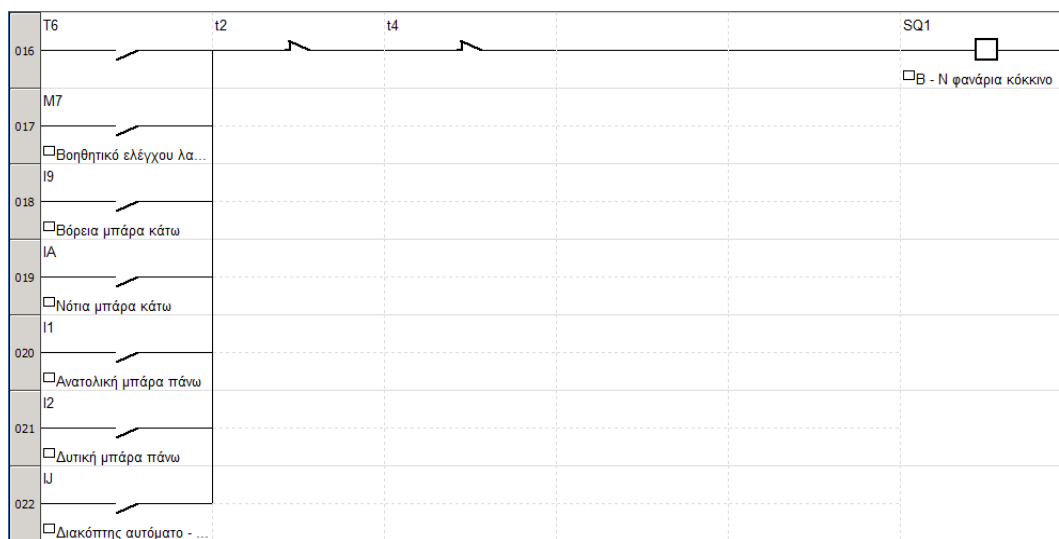
Εφόσον πληρούνται οι αρχικές συνθήκες από τον καταχωρητή M1 και δεν υπάρχει όχημα στους επαγωγικούς βρόχους Νο1 και Νο3, ανάβει πράσινο στα φανάρια στο κεντρικό δρόμο:



Ενεργοποίηση της εξόδου Q7 πορτοκαλί φαναριών στο κεντρικό δρόμο από το βοηθητικό καταχωρητή M1, ή από μεγάλο χρόνο κίνησης των μπαρών της 1ης ή της 2ης φάσης:

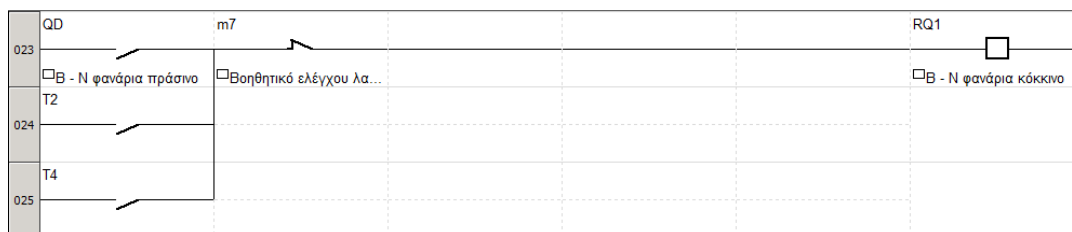


Ενεργοποίηση της εξόδου Q1 κόκκινων φαναριών στον κεντρικό δρόμο από μεγάλο χρόνο κίνησης των μπαρών της 1ης ή της 2ης φάσης:

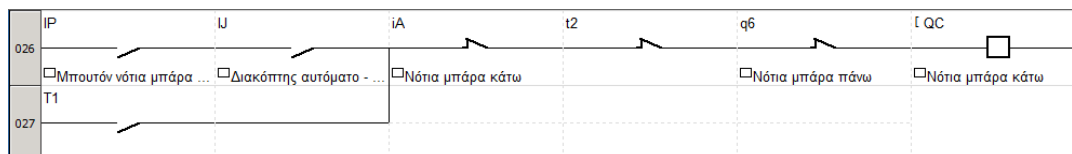




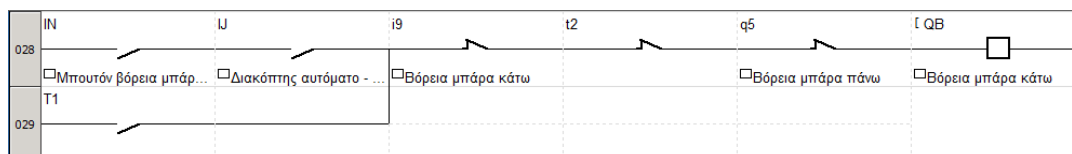
Απενεργοποίηση της εξόδου Q1 κόκκινων φαναριών στον κεντρικό δρόμο από μεγάλο χρόνο κίνησης των μπαρών της 1ης ή της 2ης φάσης και ενεργοποίηση της εξόδου QD για πράσινα φανάρια στον κεντρικό δρόμο:



Ενεργοποίηση της εξόδου QC κίνησης νότια μπάρας προς τα κάτω. Ενεργοποιείται από το χρόνο T1 στο αυτόματο και χειροκίνητα από το μπουτόν νότια μπάρα κάτω. Απενεργοποιείται ή όταν η μπάρα φτάσει στην κάτω θέση, ή από την ηλεκτρική μανδάλωση κίνησης νότιας μπάρας προς τα πάνω, ή από μεγάλο χρόνο κίνησης T2:



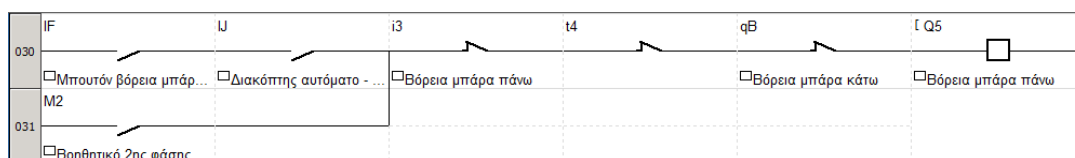
Ενεργοποίηση της εξόδου QB κίνησης βόρειας μπάρας προς τα κάτω. Ενεργοποιείται από το χρόνο T1 στο αυτόματο και χειροκίνητα από το μπουτόν βόρεια μπάρα κάτω. Απενεργοποιείται ή όταν η μπάρα φτάσει στην κάτω θέση, ή από την ηλεκτρική μανδάλωση κίνησης βόρειας μπάρας προς τα πάνω, ή από μεγάλο χρόνο κίνησης T2:



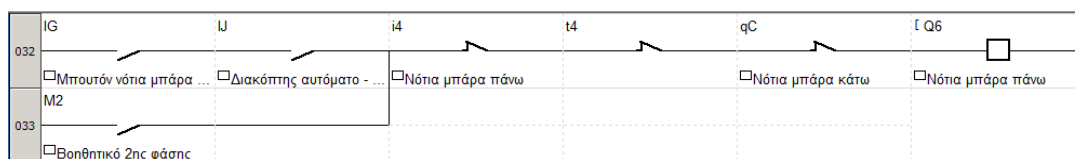
Ενεργοποίηση της εξόδου Q5 κίνησης βόρειας μπάρας προς τα πάνω. Ενεργοποιείται από το βοηθητικό καταχωρητή M2 της δεύτερης φάσης στο



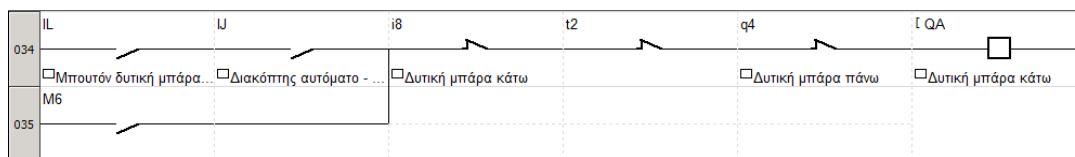
αυτόματο και χειροκίνητα από το μπουτόν βόρεια μπάρα πάνω. Απενεργοποιείται ή όταν η μπάρα φτάσει στην πάνω θέση, ή από την ηλεκτρική μανδάλωση κίνησης βόρειας μπάρας προς τα κάτω, ή από μεγάλο χρόνο κίνησης T4:



Ενεργοποίηση της εξόδου Q6 κίνησης νότιας μπάρας προς τα πάνω. Ενεργοποιείται από το βοηθητικό καταχωρητή M2 της δεύτερης φάσης στο αυτόματο και χειροκίνητα από το μπουτόν νότια μπάρα πάνω. Απενεργοποιείται ή όταν η μπάρα φτάσει στην πάνω θέση, ή από την ηλεκτρική μανδάλωση κίνησης νότιας μπάρας προς τα κάτω, ή από μεγάλο χρόνο κίνησης T4:



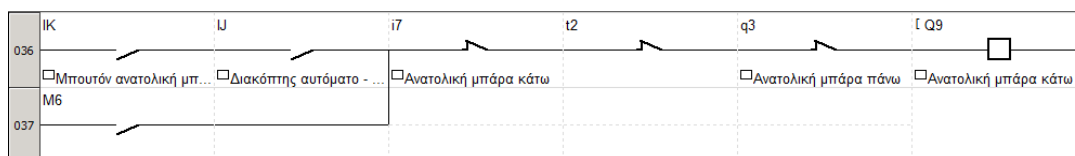
Ενεργοποίηση της εξόδου QA κίνησης δυτικής μπάρας προς τα κάτω. Ενεργοποιείται από το βοηθητικό καταχωρητή M6 στο αυτόματο και χειροκίνητα από το μπουτόν δυτική μπάρα κάτω. Απενεργοποιείται ή όταν η μπάρα φτάσει στην κάτω θέση, ή από την ηλεκτρική μανδάλωση κίνησης δυτικής μπάρας προς τα πάνω, ή από μεγάλο χρόνο κίνησης T2:



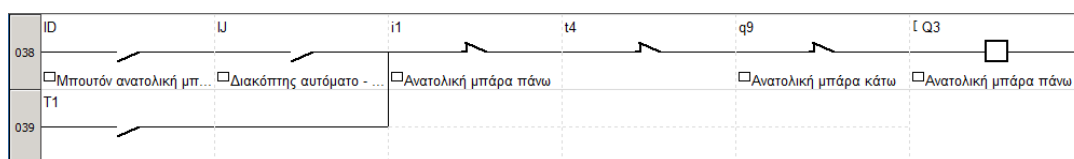
Ενεργοποίηση της εξόδου Q9 κίνησης ανατολικής μπάρας προς τα κάτω. Ενεργοποιείται από το βοηθητικό καταχωρητή M6 στο αυτόματο και χειροκίνητα από το μπουτόν ανατολική μπάρα κάτω. Απενεργοποιείται ή όταν η μπάρα φτάσει



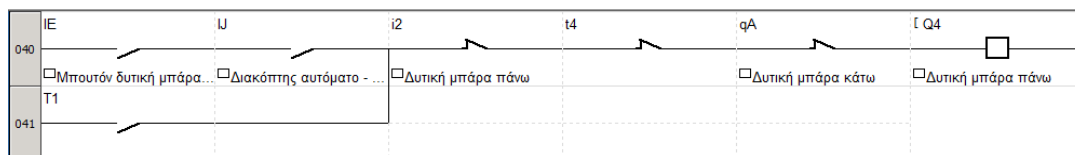
στην κάτω θέση, ή από την ηλεκτρική μανδάλωση κίνησης ανατολικής μπάρας προς τα πάνω, ή από μεγάλο χρόνο κίνησης T2:



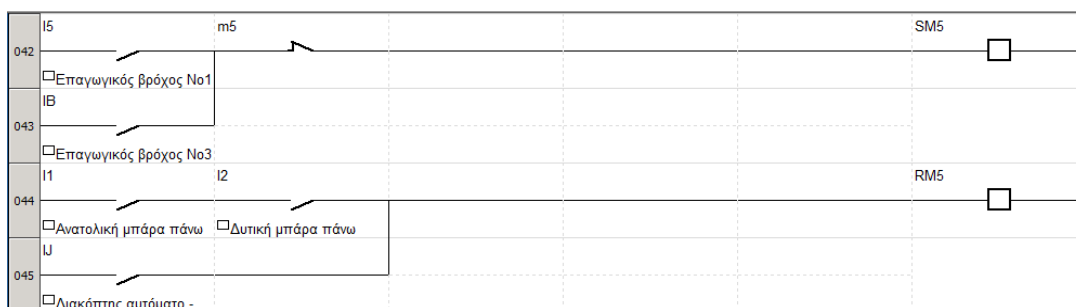
Ενεργοποίηση της εξόδου Q3 κίνησης ανατολικής μπάρας προς τα πάνω. Ενεργοποιείται από το χρόνο T1 στο αυτόματο και χειροκίνητα από το μπουτόν ανατολική μπάρα πάνω. Απενεργοποιείται ή όταν η μπάρα φτάσει στην πάνω θέση, ή από την ηλεκτρική μανδάλωση κίνησης ανατολικής μπάρας προς τα κάτω, ή από μεγάλο χρόνο κίνησης T4:



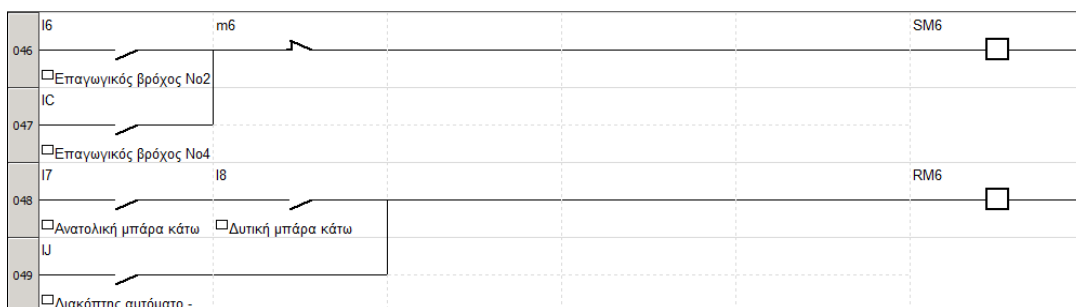
Ενεργοποίηση της εξόδου Q4 κίνησης δυτικής μπάρας προς τα πάνω. Ενεργοποιείται από το χρόνο T1 στο αυτόματο και χειροκίνητα από το μπουτόν δυτική μπάρα πάνω. Απενεργοποιείται ή όταν η μπάρα φτάσει στην πάνω θέση, ή από την ηλεκτρική μανδάλωση κίνησης δυτικής μπάρας προς τα κάτω, ή από μεγάλο χρόνο κίνησης T4:



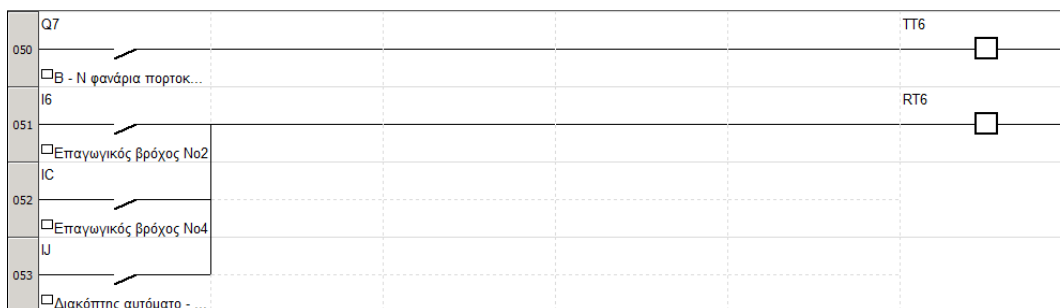
Ενεργοποίηση του βοηθητικού καταχωρητή M5 από τον επαγωγικό βρόχο No1 ή No3, για ηλεκτρική μανδάνωση της 1ης φάσης σε σχέση με τη 2η φάση. Η απενεργοποίηση του γίνεται όταν η ανατολική και η δυτική μπάρα φτάσουν στην πάνω θέση ή στη χειροκίνητη λειτουργία:

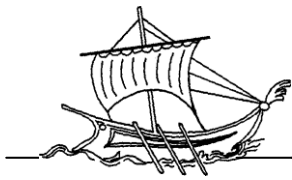


Ενεργοποίηση του βοηθητικού καταχωρητή M6 από τον επαγωγικό βρόχο Νο2 ή Νο4, για ηλεκτρική μανδάνωση της 2ης φάσης σε σχέση με τη 1η φάση. Η απενεργοποίηση του γίνεται όταν η ανατολική και η δυτική μπάρα φτάσουν στην κάτω θέση ή στη χειροκίνητη λειτουργία:

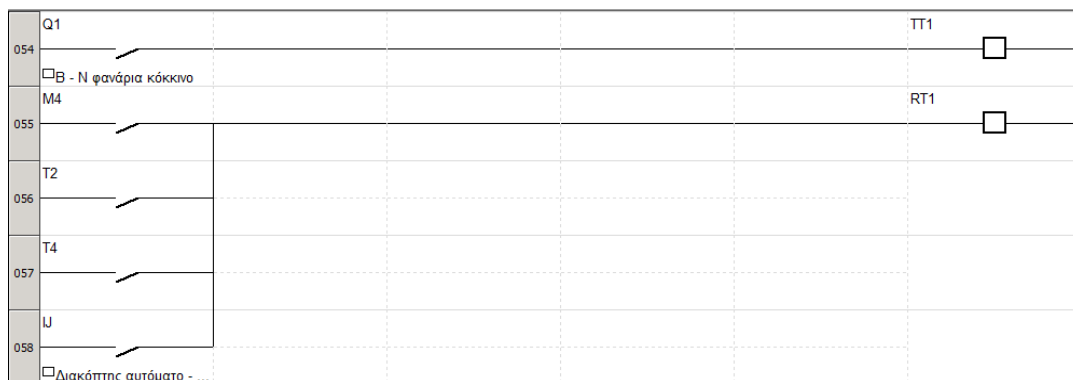


Ενεργοποίηση του χρονικού T6 από την έξοδο Q7 ανάμματος πορτοκαλί φαναριών στον κεντρικό δρόμο. Με την πάροδο 10 δευτερολέπτων ενεργοποιείται η έξοδος κόκκινων φαναριών του κεντρικού δρόμου. Απενεργοποιείται από τον επαγωγικό βρόχο Νο2 ή Νο4 ή στη χειροκίνητη λειτουργία:

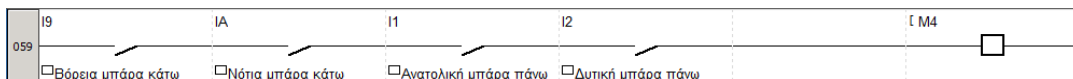




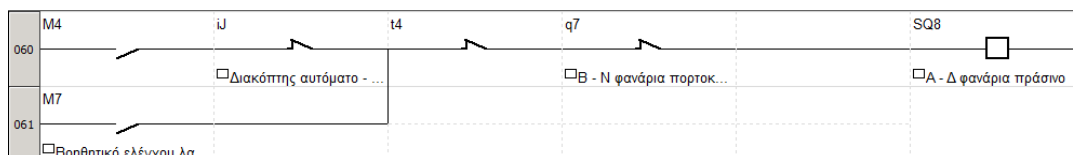
Ενεργοποίηση του χρονικού T1 από την έξοδο Q1 ανάμματος κόκκινων φαναριών στον κεντρικό δρόμο. Με την πάροδο 7 δευτερολέπτων δίνει εντολή για να την 1η φάση του αυτοματισμού. Απενεργοποιείται ή από το βοηθητικό καταχωρητή M4, ή από μεγάλο χρόνο κίνησης T2 ή T4, ή στη χειροκίνητη λειτουργία:



Ενεργοποίηση του βοηθητικού καταχωρητή M4 από τις εισόδους I9, IA, I1, και I2 για την πρώτη φάση του αυτοματισμού:

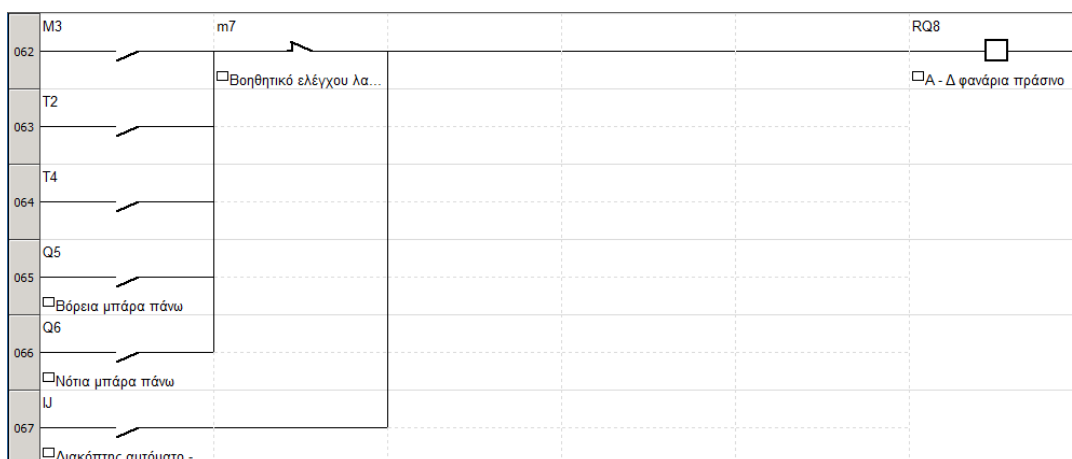


Ενεργοποίηση της εξόδου Q8 ανάμματος πράσινων φαναριών στο δρόμο κίνησης του βαρέως οχήματος. Ενεργοποιείται από το βοηθητικό καταχωρητή M4 στο αυτόματο και χειροκίνητα από το μπουτόν ελέγχου λαμπτήρων, εφόσον δεν υπάρχει μεγάλος χρόνος κίνησης T4 ανάμματος των πορτοκαλί φαναριών στο κύριο δρόμο:

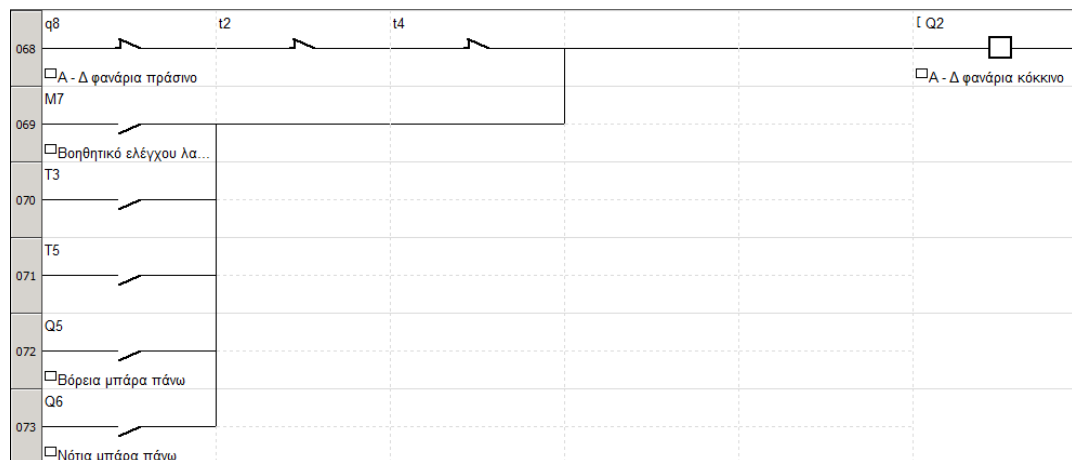




Απενεργοποίηση της εξόδου Q8 ή από μεγάλο χρόνο κίνησης T2 ή T4, ή όταν η βόρεια μπάρα φτάσει στην πάνω θέση, ή όταν η νότια μπάρα φτάσει στην πάνω θέση ή ο αυτοματισμός βρεθεί στην αρχική συνθήκη έναρξης της 1ης φάσης:

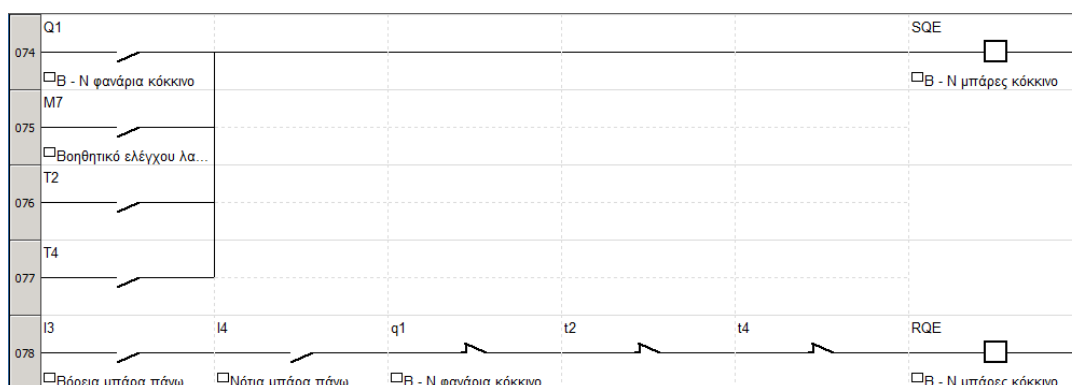


Ενεργοποίηση της εξόδου Q2 ανάμματος κόκκινων φαναριών στο δρόμο κίνησης του βαρέως οχήματος. Ενεργοποιείται ή από το βοηθητικό καταχωρητή M7 ελέγχου λαμπτήρων, ή όταν η βόρεια μπάρα φτάσει στην πάνω θέση, ή όταν η νότια μπάρα φτάσει στην πάνω θέση, ή εφόσον ενεργοποιηθούν οι βοηθητικοί μεγάλοι χρόνοι κίνησης T3 ή T5, ή δεν ενεργοποιηθούν οι μεγάλοι χρόνοι κίνησης T2 και T4 και η έξοδος Q8 ανάμματος πράσινων φαναριών στο δρόμο κίνησης του βαρέως οχήματος:

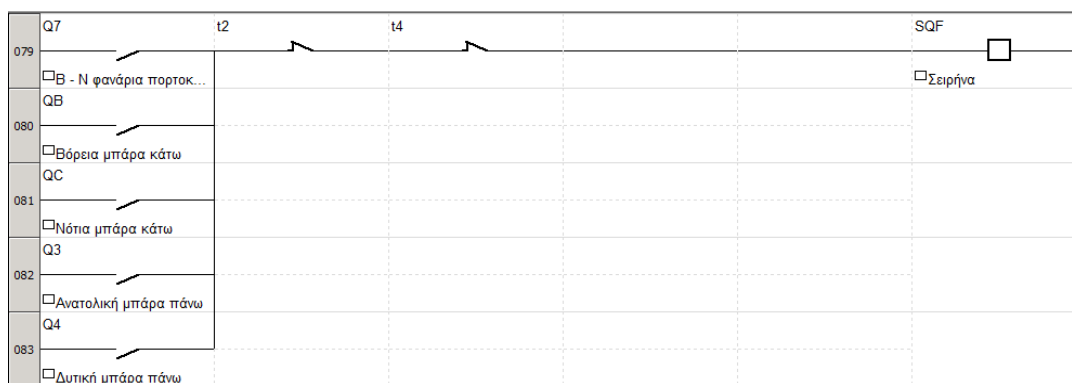




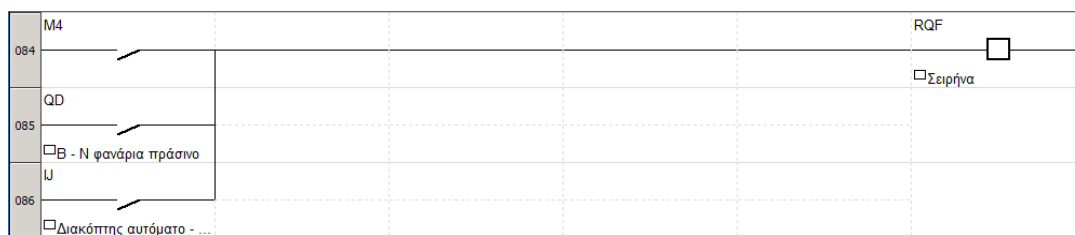
Ενεργοποίηση της εξόδου QE κόκκινων λυχνιών στις μπάρες του κύριου δρόμου ή από κόκκινα φανάρια στον κύριο δρόμο, ή ενεργοποιηθούν ο μεγάλος χρόνος κίνησης T2 ή T4, ή από έλεγχο των λαμπτήρων. Απενεργοποιείται όταν βόρεια και η νότια μπάρα φτάσουν στην πάνω θέση, όταν δεν ανάψουν κόκκινα φανάρια στον κύριο δρόμο και όταν δεν ενεργοποιηθούν οι μεγάλοι χρόνοι κίνησης T2 και T4:



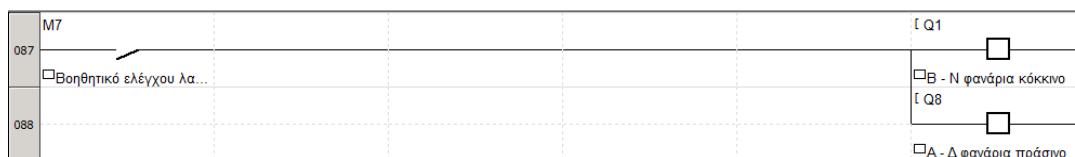
Ενεργοποίηση της εξόδου QF σειρήνας ή από κίνηση των μπαρών του κύριου δρόμο προς τα κάτω, ή από την έξοδο Q7 πορτοκαλί φαναριών του κύριου δρόμου, ή από κίνηση των μπαρών στις μπάρες δρόμο κίνησης του βαρέως οχήματος:



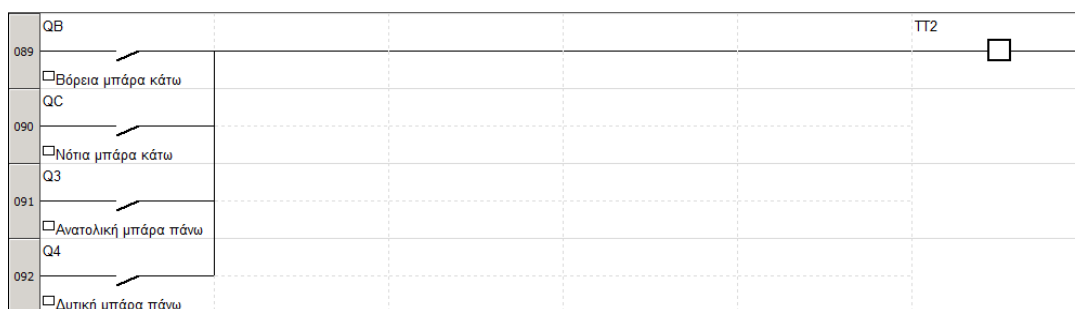
Απενεργοποίηση της εξόδου QF σειρήνας ή από την έξοδο QD πράσινων φαναριών στον κεντρικό δρόμο, ή από το βοηθητικό καταχωρητή M4 για αρχικές συνθήκες της 2ης φάσης του αυτοματισμού ή από χειροκίνητη λειτουργία:



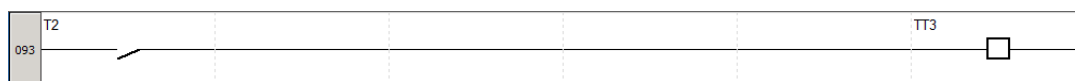
Ενεργοποίηση των εξόδων Q1 και Q8 κόκκινων φαναριών του κύριου δρόμου και πράσινων φαναριών στον δρόμο κίνησης του βαρέως οχήματος από το βοηθητικό καταχωρητή M7 ελέγχου λαμπτήρων:



Ενεργοποίηση του χρονικού T2 σε περίπτωση καθυστερημένης κίνησης των μπαρών του κεντρικού δρόμου προς τα κάτω και των μπαρών στον δρόμο κίνησης του βαρέως οχήματος προς τα πάνω για χρόνο πάνω από 10 δευτερόλεπτα:

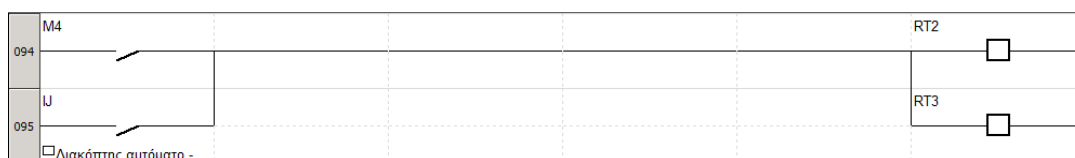


Ενεργοποίηση του χρονικού T3 με παλλόμενη έξοδο ανά 1 δευτερόλεπτο από το χρονικό T2 σε περίπτωση καθυστερημένης κίνησης των μπαρών του κεντρικού δρόμου προς τα κάτω και των μπαρών στον δρόμο κίνησης του βαρέως οχήματος προς τα πάνω για χρόνο πάνω από 10 δευτερόλεπτα:

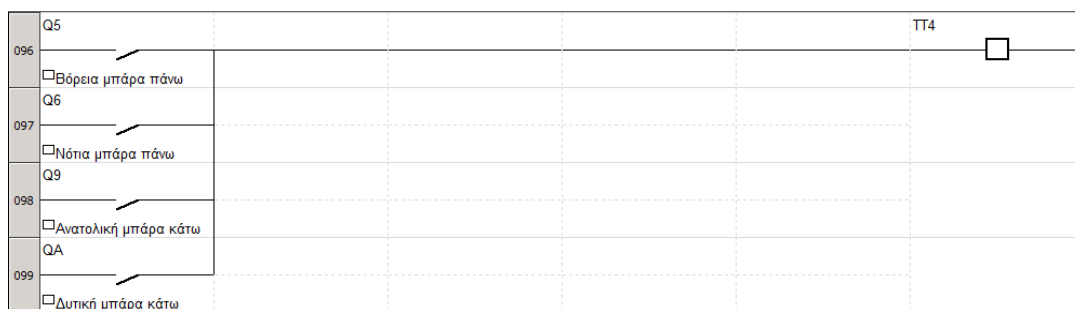




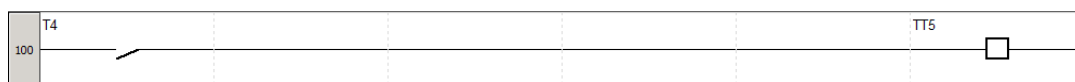
Απενεργοποίηση των χρονικών T2 και T3 από το βοηθητικό καταχωρητή M4 για αρχικές συνθήκες της 2ης φάσης του αυτοματισμού ή από χειροκίνητη λειτουργία:



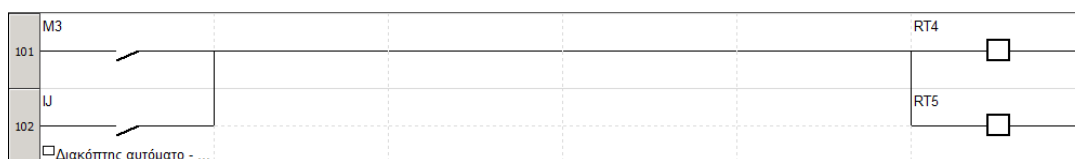
Ενεργοποίηση του χρονικού T4 σε περίπτωση καθυστερημένης κίνησης των μπαρών του κεντρικού δρόμου προς τα πάνω και των μπαρών του δρόμου κίνησης του βαρέως οχήματος προς τα κάτω για χρόνο πάνω από 10 δευτερόλεπτα:



Ενεργοποίηση του χρονικού T5 με παλλόμενη έξοδο ανά 1 δευτερόλεπτο από το χρονικό T4 σε περίπτωση καθυστερημένης κίνησης των μπαρών του δρόμου κίνησης του βαρέως οχήματος προς τα κάτω και των μπαρών του κεντρικού δρόμου προς τα πάνω για χρόνο πάνω από 10 δευτερόλεπτα:

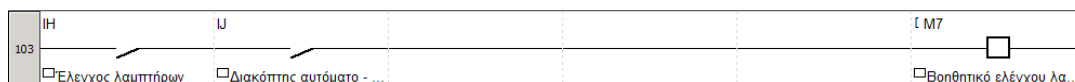


Απενεργοποίηση των χρονικών T4 και T5 από το βοηθητικό καταχωρητή M3 για αρχικές συνθήκες της 1ης φάσης του αυτοματισμού ή από χειροκίνητη λειτουργία:





Ενεργοποίηση του βοηθητικού καταχωρητή M7 για έλεγχο των λαμπτήρων στη χειροκίνητη λειτουργία:



13. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ

13.1. Συστήματα μηχανικής όρασης

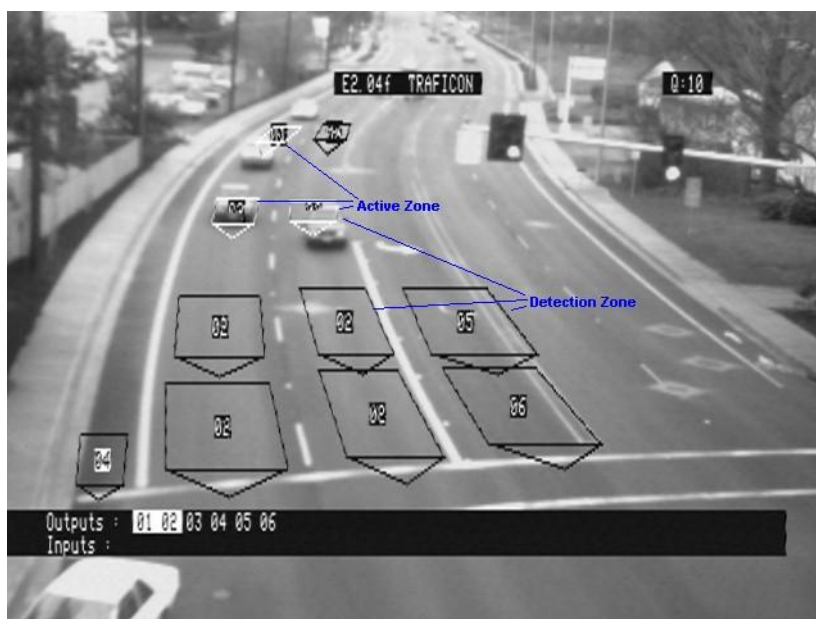
Τα συστήματα διαχείρισης κυκλοφορίας και πληροφόρησης πρέπει να βασίζονται σε ένα σύστημα αισθητήρων για την εκτίμηση των παραμέτρων της κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο. Επί του παρόντος, η κυρίαρχη τεχνολογία για τον σκοπό αυτό, είναι μέσω ανιχνευτών επαγωγικού βρόχου, που είναι θαμμένοι κάτω από οδόστρωμα ώστε να καταγράφουν τα οχήματα που διέρχονται πάνω από αυτούς.

Τα συστήματα παρακολούθησης μέσω καμερών υπόσχονται μια σειρά από πλεονεκτήματα, όπως ένα σύνολο παραμέτρων κίνησης που μπορούν να υπολογιστούν επιπλέον των μετρήσεων των οχημάτων και τις ταχυτήτων. Αυτές περιλαμβάνουν τις ταξινομήσεις οχημάτων, χρόνων ταξιδιού, αλλαγών λωρίδας, ταχείες επιταχύνσεις ή επιβραδύνσεις, μήκη ουρών στις αστικές διασταυρώσεις, κλπ. Επίσης, οι κάμερες προκαλούν λιγότερη αναστάτωση και είναι λιγότερο δαπανηρές για την εγκατάστασή τους από τους ανιχνευτές βρόχου, οι οποίοι απαιτούν την ανάσχυση ή το σκάψιμο της επιφάνειας του δρόμου [38].

Τα συστήματα μηχανικής όρασης σε πραγματικό χρόνο, αναγνωρίζουν και καταγράφουν τα αυτοκίνητα από ακολουθίες βίντεο που ελήφθησαν από ένα σύνολο καμερών στις εθνικές οδούς και τους επαρχιακούς δρόμους. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η αναγνώριση ορισμένων χαρακτηριστικών που είναι τυπικά για όλα τα αυτοκίνητα. Η αναγνώριση ενός αυτοκινήτου επαληθεύεται όταν μια



αντικειμενική συνάρτηση αποδώσει μεγάλη αξία. Η αντικειμενική αυτή συνάρτηση καθορίζει πόσο πιθανό είναι ένα αντικείμενο, με ορισμένες παραμέτρους, να είναι ένα αυτοκίνητο [39].



Εικόνα 28. Σύστημα μηχανικής όρασης ελέγχου κυκλοφορίας.

Τα συστήματα όρασης μπορούν να παρακολουθήσουν περισσότερα από ένα αυτοκίνητα ταυτόχρονα, χωρίς την επέμβαση κάποιου χειριστή, με επεξεργασία των δεδομένων βίντεο σε πραγματικό χρόνο και χωρίς τη χρήση εξειδικευμένου hardware, καθώς απαιτείται μια συνηθισμένη βιντεοκάμερα και ένας χαμηλού κόστους ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Λαμβάνοντας υπόψη μια είσοδο ακολουθίας βίντεο που ελήφθη από μια κάμερα, το σύστημα όρασης εξάγει μια περιγραφή των θέσεων και των μεγεθών των αυτοκινήτων στις εικόνες [40]. Αυτή η περιγραφή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση των θέσεων των αυτοκινήτων στο περιβάλλον και τις αποστάσεις τους από τη κάμερα. Το σύστημα όρασης περιέχει τρία βασικά συστατικά: τον ανιχνευτή αυτοκινήτων, τον επεξεργαστή και τον αναγνώστη ίχνους (tracker). Μόλις ο ανιχνευτής αυτοκινήτων αναγνωρίζει ένα δυναμικό αυτοκίνητο σε μια εικόνα, ο



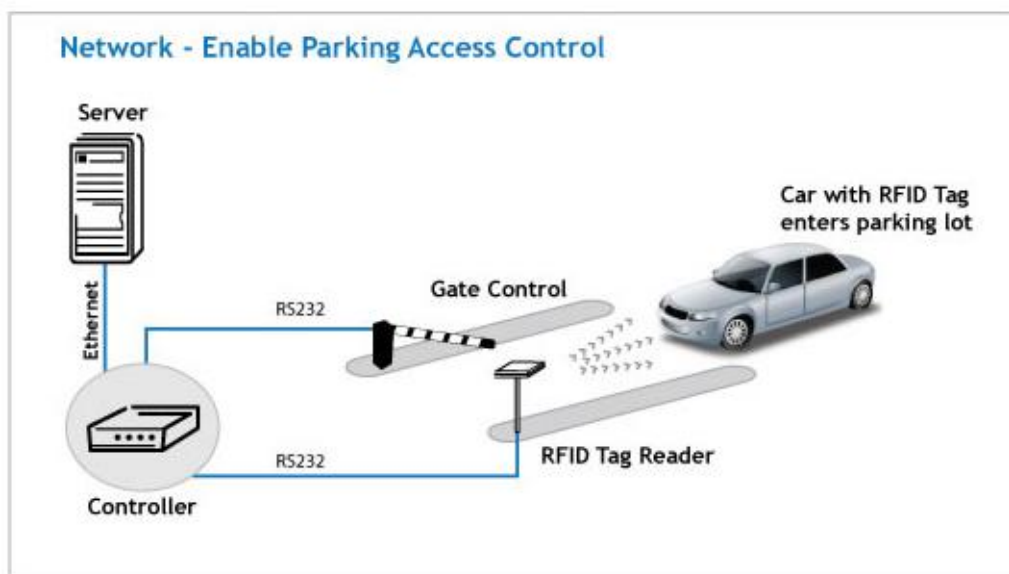
επεξεργαστής δημιουργεί μια διαδικασία παρακολούθησης για κάθε δυναμικό αυτοκινήτου και ο αναγνώστης παρέχει πληροφορίες σχετικά με το μέγεθος και τη θέση του δυναμικού του αυτοκινήτου. Για κάθε διαδικασία εντοπισμού, ο αναγνώστης αναλύει την προϊστορία των περιοχών καταγραφής και καθορίζει κατά πόσο πιθανό είναι η περιοχή αυτή στην τρέχουσα εικόνα, να περιέχει ένα αυτοκίνητο. Εάν υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να περιέχει ένα αυτοκίνητο, ο ιχνηλάτης εξάγει τη θέση και το μέγεθος του υποθετικού αυτοκινήτου στην εικόνα. Εάν η εικόνα περιέχει ένα αυτοκίνητο με πολύ μικρή πιθανότητα, η διαδικασία τερματίζεται.

Ο απώτερος στόχος των συστημάτων όρασης είναι να παρέχει ένα σύστημα ελέγχου με επαρκή ανάλυση του μεταβαλλόμενου περιβάλλοντος, έτσι ώστε να μπορεί να αντιδράσει σε μια επικίνδυνη κατάσταση αμέσως.

13.2. Ταυτοποίηση μέσω Ραδιοσυχνότητας (Radio Frequency Identification)

Προκειμένου να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα της διαχείρισης και η εξασφάλιση της ασφάλειας των οχημάτων και των επιβαινόντων, η υιοθέτηση της τεχνολογίας αυτόματης ταυτοποίησης χωρίς επαφή, έχει τα πλεονεκτήματα της ταχείας αναγνώρισης και της εύκολης λειτουργίας. Τα τελευταία χρόνια, η τεχνολογία RFID εφαρμόζεται όλο και συχνότερα στο βιομηχανικό αυτοματισμό, σε συστήματα διαχείρισης οχημάτων, εφοδιαστικές αλυσίδες κ.α.. [41]

Το σύστημα έξυπνης παρακολούθησης και διαχείρισης οχημάτων που συνδυάζει την τεχνολογία των υπολογιστών με την τεχνολογία RFID είναι η πλέον οικονομική, αξιόπιστη και εύκολη στην εφαρμογή τεχνολογία. Η ικανότητα αντιμετώπισης παρεμβολών, η ταχεία αναγνώριση, η μείωση της ανθρώπινης παρέμβασης και η συνολική εποπτεία, βελτιώνουν την αποδοτικότητα της εργασίας και της διαχείρισης της ασφάλειας [43].



Εικόνα 29. Σύστημα RFID.

13.2.1. Στοιχεία του Συστήματος Εφαρμογής

Το RFID σύστημα αποτελείται τις από ηλεκτρονικές ετικέτες, την κεραία και τον αναγνώστη. Η ετικέτα θα πρέπει να εφαρμοστεί στο αντικείμενο επιθυμίας. Αποτελείται από στοιχεία σύζευξης, τσιπ και ενσωματωμένες κεραίες για τη μετάδοση και τη λήψη σημάτων. Ο αναγνώστης μπορεί να στέλνει και να λαμβάνει εντολές, να επικοινωνεί με τον κεντρικό υπολογιστή, και να εκτελεί εντολές του διαχειριστή

13.2.1.1. Ηλεκτρονική ετικέτα

Η ηλεκτρονική ετικέτα είναι μια μικροσκοπική ταινία που αποτελείται από το chip και την ασύρματη κεραία επικοινωνίας, η οποία επικοινωνεί με τον αναγνώστη. Η κεραία είναι συντονισμένη να λαμβάνει τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που εκπέμπονται από τον αναγνώστη. Έτσι, όταν η ετικέτα λάβει ένα κατάλληλο κύμα διεγείρεται (λαμβάνει ενέργεια από το εν λόγω ηλεκτρομαγνητικό κύμα) και απαντά στέλνοντας ένα σήμα, το οποίο λαμβάνεται από τον αναγνώστη.



13.2.1.2. Αναγνώστης

Ο αναγνώστης είναι ο πυρήνας του συστήματος RFID και βασικός του ρόλος είναι η ραδιοεπικοινωνία μεταξύ των κεραιών, καθώς περνά την πληροφορία της ετικέτας στον εξωτερικό κόσμο.

Ο αναγνώστης επικοινωνεί με το σύστημα εφαρμογής, διαμορφώνει και αποκωδικοποιεί το σήμα που στέλνεται από την ετικέτα, και αποστέλλεται στο σύστημα εφαρμογής μέσω USB, σειριακής θύρας ή θύρας Ethernet. Το σύστημα εφαρμογής μπορεί να στείλει τις κατάλληλες εντολές για τον αναγνώστη και τον έλεγχο του αναγνώστη ώστε να ολοκληρωθεί το έργο. Ο αναγνώστης μπορεί να ενεργοποιήσει ένα αριθμό τυποποιημένων ετικετών εντός της περιοχής ραδιοσυχνότητας, να εντοπίσει πολλαπλές ετικέτες ταυτόχρονα χωρίς να δημιουργούνται προβλήματα επικάλυψης των συχνοτήτων.

13.2.1.3. Κεραία

Η κεραία είναι η συσκευή μέσω της οποίας γίνεται η συλλογή και μετάδοση της πληροφορίας από και προς την ετικέτα, με την εκπομπή ραδιοσυχνοτήτων. Οι κεραίες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στις ετικέτες και στους αναγνώστες. Χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους όπως το μέγεθός τους και τον τύπο τους [44].

13.2.2. Πλεονεκτήματα του RFID

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που προσφέρει το RFID είναι [43]:

- η αναγνώριση τους μπορεί να γίνει από απόσταση, καθώς υπάρχουν RFID ετικέτες που αντλούν ενέργεια από κάποια πηγή, συνήθως μια μπαταρία, ώστε να στείλουν τις πληροφορίες στον δέκτη.



- η δυνατότητα αποθήκευσης περισσότερων δεδομένων σε σχέση με τα Bar Code.
- μπορούν να μην είναι ορατά στο ανθρώπινο μάτι, οπότε και η αναγνώριση τους δεν απαιτεί κάποιο οπτικό μέσο.
- η δυνατότητα προγραμματισμού εξ αποστάσεως.
- η παροχή επιπρόσθετων λειτουργιών όπως παρακολούθηση της θερμοκρασίας και καταγραφής της.
- η μεγάλη τους αντοχή, είναι επαναχρησιμοποιήσιμες και έχουν δυνατότητα επανεγγραφής.
- η ικανότητα ανάγνωσης αντικειμένων, ενώ βρίσκονται σε κίνηση. Οι παθητικές ετικέτες δεν απαιτούν συντήρηση και ενέργεια.

14. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εργασία αυτή προσπαθεί να αναδείξει την χρησιμότητα και τη σημασία της σηματοδότησης, της σήμανσης και της διαχείρισης της κυκλοφορίας, όχι μόνο στο αστικό αλλά και στο βιομηχανικό περιβάλλον, αναλύοντας πλευρές της συγκοινωνιακής τεχνικής και παρουσιάζοντας τις νέες κυκλοφοριακές μεθόδους προσομοίωσης. Η σημασία της ασφαλούς μετακίνησης των οχημάτων είναι αρκετά μεγάλη, καθώς υπάρχει άμεση προσαρμογή της φωτεινής σηματοδότησης στις ανάλογες κυκλοφοριακές συνθήκες.

Ταυτόχρονα, το διαρκώς αυξανόμενο κυκλοφοριακό πρόβλημα στα αστικά και βιομηχανικά περιβάλλοντα, δημιουργούν μία νέα προσέγγιση στη διαχείριση της σηματοδότησης, που ξεφεύγει από την κλασική αντιμετώπιση με τους στατικούς σηματοδότες, οδηγώντας στην εφαρμογή ολοκληρωμένων «έξυπνων» συστημάτων διαχείρισής της. Ο σκοπός αυτός ενισχύεται από την καθοριστική ώθηση που δίνει η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών, της τηλεματικής, των τηλεπικοινωνιών και των αυτοματισμών. Ωστόσο, κάποια από τα στοιχεία αυτά ενδεχομένως να



προκαλέσουν απροσδόκητα μεγάλες επιπτώσεις στο σύστημα (π.χ. ατυχήματα, διασταυρώσεις, στενώσεις κτλ.).

Η εφαρμογή εδώ αποτελεί ένα παράδειγμα έλεγχου κυκλοφορίας σε μια διασταύρωση και σκοπός της ανάλυσης είναι η ρύθμιση των σηματοδοτών με τέτοιο τρόπο, ώστε να ανταποκρίνεται στις κυκλοφοριακές συνθήκες που υπάρχουν σε ένα βιομηχανικό κόμβο. Η τήρηση του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας και των εσωτερικών κανονισμών Ασφαλείας, αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για την επίτευξη μείωσης των πιθανοτήτων ενός τροχαίο ατυχήματος.

Κατά τη διάρκεια της μελέτης του συστήματος δημιουργήθηκαν ερωτήματα σχετικά με υποθετικά σενάρια τροχαίου ατυχήματος ή βλάβης του ηλεκτρολογικού ή μηχανολογικού εξοπλισμού, τα οποία μπορούν να μεταβάλλουν δραματικά τη ροή των οχημάτων μέσα στον κόμβο. Έτσι η δημιουργία κατάλληλης σήμανσης και πληροφόρησης των οδηγών, οδήγησε στη δραματική μεταβολή του αρχικού σχεδιασμού του αυτοματισμού με την εισαγωγή νέων παραμέτρων και ασφαλιστικών δικλείδων.

Αυτό όμως, δεν σημαίνει πως τα αποτελέσματα της μελέτης μπορούν να φθάσουν μέχρι εκεί. Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας και της μηχανικής μάθησης, οδηγούν σε ασφαλέστερα συστήματα, με τη βελτιστοποίηση των διαφόρων υποσυστημάτων που τα συνθέτουν, όσο και με την ανάλυση μοντέλων δυναμικής προσομοίωσης σχετικά με τις κυκλοφοριακές συνθήκες που θα επικρατήσουν, μακροσκοπικά και μικροσκοπικά, μετά από επεμβάσεις στο δίκτυο.



15. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Καλογιάννης Ιωάννης, "Έξυπνοι Σηματοδότες", Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αν. Μακεδονίας και Θράκης, 2014.
- [2] Μάνιος Εμμανουήλ, "Έλεγχος Φωτεινής Σηματοδότησης Για Παροχή Προτεραιότητας Στα Οχήματα Έκτακτης Ανάγκης Με Χρήση Μικροελεγκτή", Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης Παράρτημα Χανίων, 2013.
- [3] Professor Philip M. Parker, Ph.D., Traffic Light: Webster's Timeline History, 1868 - 2007 Paperback – March 10, 2010.
- [4] U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, "Manual On Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways - Millenium Edition", December 2000.
- [5] Δημήτριος Τσανακτσίδης Δημήτριος Τσίτσουλας, "Σύγχρονα Συστήματα Εξοπλισμού Των Οδών", Θεσσαλονίκη, Ιούνιος 2003.
- [6] Υπουργείον Δημοσίων Έργων, Γενική Διεύθυνσις Δημοσίων Έργων, Τμήμα Κυκλοφορίας (Α6), «Πινακίδες Σημάνσεως Οδών», Ιανουάριος 1974.
- [7] Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών, «Σχέδιο του νέου Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας», Αθήνα 2001.
- [8] «Αντανακλάσεις», Περιοδική έκδοση 3Μ, Φύλλο 2/97, Μάιος-Ιούνιος 1997.
- [9] Χαρίλαος Α. Μουσουύλης, "Ασύρματη Συσκευή Ανίχνευσης Και Εύρεσης Μέσης Ταχύτητας Οχημάτων", Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2005.
- [10] Dr. P. Martin, Y. Feng, X. Wang, "Detector Technology Evaluation", University Of Utah Traffic Lab.
- [11] Rakesh V.S, Shaithya.V, "A Traffic Control System Using Inductive Loop Detector", International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering.
- [12] Ir. Jaap van den Top, Ir. Tom Heijer, A systemic analysis of the Dutch railway signalling system TRAIL Research School, Delft, October 2008.
- [13] Dong, H., Ning, B., Cai, B., Hou, Zh., "Automatic Train Control System Development and Simulation For High-Speed Railways", IEEE circuits and systems magazine, second quarter, Vol. 10, No. 2, pp. 6-18, 2010.



- [14] Robert Charles Williams "The Maintainers Of Safety And Efficiency: The Brotherhood Of Railroad Signalmen", 1900-1940 Faculty of the Graduate School of the University of Maryland, College Park 2008.
- [15] Leach M., et.al., "Railway Controls Systems", the Institution of Railway Signal Engineers, A&CBlack, 1991.
- [16] Μιχαλακόπουλος Μιχαήλ, "Το Σιδηροδρομικό Γαλλικό Δίκτυο Και Συστήματα Μεταφορών Στην Ε.Ε.", Πανεπιστήμιο Πειραιά.
- [17] Cribbens, A.H., "Solid State Interlocking (SSI): an integrated electronic signalling system for mainline railways", *Proc. IEE*, Vol. 134, No. 3, pg. 148-158, 1987.
- [18] Cydney Minkowitz, James Atkiss "An object-oriented formal specification of a configuration language for railway interlockings", 3rd Northern Formal Methods Workshop, ALSTOM Signalling Ltd, United Kingdom, 1998.
- [19] Papageorgiou, M. a. (2003). 'Review of road traffic control strategies.', 91 (12). pp. 2043-2067. *Proceedings of the IEEE.*, 91 (12), σσ. 2043-2067.
- [20] Ηλίας Κ. Αλκίδης, "Έλεγχος της οδικής κυκλοφορίας με χρήση αλγορίθμων ενισχυτικής μάθησης (Reinforcement Learning)", Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2015.
- [21] Δημήτρης Παππάς, "Έκπομπές Από Οχήματα Και Διαχείριση Κυκλοφορίας", Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2006.
- [22] Φραντζεσκακης Ι. Μ., Πιτσιάβα Α, Λατινοπούλου Μ. Χ., Τσαμπούλας Δ. Α. "Διαχείριση Κυκλοφορίας", Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Παπασωτηρίου.
- [23] Χαρίλαος Α. Μουσούλης "Ασύρματη Συσκευή Ανίχνευσης Και Εύρεσης Μέσης Ταχύτητας Οχημάτων" Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2005.
- [24] Dr. P. Martin, Y. Feng, X. Wang, "Detector Technology Evaluation", University Of Utah Traffic Lab, November 2003.
- [25] Rakesh V.S, Shaithya.V "A Traffic Control System Using Inductive Loop Detector", *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, Vol. 4, Issue 5, May 2015.
- [26] Γιαμουρίδης Νικόλαος, "Τηλεματική Στα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς Σύστημα Διαχείρισης Στόλου Οχημάτων", Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά, 2014.
- [27] Νικολάου Γκατζίκη, "Μοντελοποίηση και Έλεγχος με Υπολογιστή του Συστήματος Πέδησης του Αυτοκινήτου", Πανεπιστήμιο Πατρών, 2010.
- [28] J.L. Adler and V.J. Blue. , "Toward the design of intelligent traveler information systems", *Transp. Res. C* 6, 157–172 (1998).



- [29] Y. Asakura and E. Hato. "Analysis of travel behaviour using positioning function of mobile communication devices. In: 9th Int. Assoc. of Travel Beh. Res. Conf. IATBR'00, Golden Coast, Queensland (2000).
- [30] H. Dia. Towards "Sustainable transportation - the intelligent transportation systems approach. In: Proc. Shaping the Sustainable Millenniums", Queensland University of Technology (2000).
- [31] H. H. Evers and Kasties (eds.). "Kompendium der Verkehrstelematik", TUV-Verlag (1999).
- [32] U. Fastenrath. "Floating car data on a larger scale", Technical report. DDG, <http://www.ddg.de/pdf-dat/cldgfc.pdf>, (2000).
- [33] T. Mast, "Introduction to ITS. In: Human Factors in Intelligent Transportation Systems", Lawrence Erlbaum Associates Inc., Mahwah, New Jersey (1998).
- [34] L. Neubert, "Statistische Analyse von Verkehrsdaten und die Modellierung von Verkehrsfluß mittels zellularer Automaten", PhD thesis, Universität Duisburg, Duisburg (2000).
- [35] Joachim Wahle "Information in Intelligent Transportation Systems", Vom Fachbereich Physik, Technologie der Universität, Gesamthochschule, 2002.
- [36] Πανταζής Νικ. Α. PLC Προγραμματισμένοι Λογικοί ελεγκτές, 3η Έκδοση Εκδόσεις Ιων, 2001.
- [37] Ρουμπής Σταύρος, "Αυτοματισμός με προγραμματιζόμενους ελεγκτές Siemens", Εκδόσεις Συμεών, 1989.
- [38] David Beymer, Philip McLauchlan, Beim Coifnian, and Jitendra Malik, "A Real-time Computer Vision System for Measuring Traffic Parameters", Dept. of Electrical Engineering and Computer Sciences University of California Berkeley, California.
- [39] S. Sivaraman. and M.M. Trivedi. "Looking at vehicles on the road: A survey of vision-based vehicle detection, tracking, and behavior analysis", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 14. no. 4. pp. 1773-1795, 2013.
- [40] Benjamin Coifman, David Beymer, Philip McLauchlan, Jitendra Malik, "A real-time computer vision system for vehicle tracking and traffic surveillance", *Institute of Transportation Studies. University of California, Berkeley, CA, Department of Electrical Engineering and Computer Sciences, University of California, Berkeley, CA 94720-1776. USA*, 1998.
- [41] Xuehua Jiang, "Design And Realization Of Vehicle Intelligent Management System", Electric Vehicle & New Energy Technology Research Institute, Linyi University, 2013
- [42] Yang Bifeng, Zhan Yanjun, "Design of RFID-based Intelligent Vehicle Management System", Computer Measurement & Control, vol. 18, no.1, 2010, pp. 97-99.
- [43] Αυγέρης Γεώργιος, "Σχεδιασμός και υλοποίηση συστήματος ελέγχου πρόσβασης με RFID", Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας.



[44]Li Yi, Li, Hongbo, “System Design Based on RFID Technology for vehicle automatic management”, Microcomputer Information, vol. 21, no.10-2, 2005, pp. 153-154.



16. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 - Πρόταση



Πρόταση Μεταπτυχιακής Διατριβής

1. Όνομα Φοιτητή:

Σπανός Ιωάννης Παναγιώτης

2. Όνομα Επιβλέποντα:

Παπουτσιδάκης Μιχάλης

3. Τίτλος Διατριβής:

Αυτοματοποιημένο σύστημα διαχείρισης κυκλοφορίας οχημάτων σε βιομηχανικό περιβάλλον με σκοπό την αύξηση της ασφάλειας

Automated traffic management system in industrial environments for safety increase

4. Περίληψη Διατριβής

Η αύξηση του πληθυσμού οδηγεί στην αύξηση του αριθμού των οχημάτων και επιβατών στους δρόμους και τις εθνικές οδούς των χωρών και κατά συνέπεια αύξηση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και μειωμένα περιθώρια ασφαλείας, ιδιαίτερα στις μητροπολιτικές περιοχές. Αναπόσπαστο τμήμα των μεταφορικών συστημάτων που εξυπηρετούν τις απαιτήσεις και ανάγκες για μεταφορά προσώπων και αγαθών είναι τα οδικά δίκτυα. Οι μείζονος κρισιμότητας θέσεις των οδικών δικτύων είναι αδιαμφισβήτητα οι κυκλοφοριακοί κόμβοι, ισόπεδοι και ανισόπεδοι. Κυρίαρχο κριτήριο στον σχεδιασμό τους είναι η ασφαλής, ταχεία και ομαλή διακίνηση των διάφορων κυκλοφοριακών ρευμάτων που διεκδικούν την προτεραιότητα στα σημεία αυτά. Επιπλέον, δεν είναι σκόπιμο να περιοριστούν οι μετακινήσεις και η εμπορική κίνηση, με διαμοιρασμό



αυτοκινήτων προς μια κοινή κατεύθυνση ή με τον περιορισμό της πρόσβασης ορισμένων τύπων οχημάτων σε ειδικούς δρόμους ή λωρίδες. Σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις ή σε εργοτάξια η ύπαρξη κάθετης σηματοδότηση, φωτεινών σηματοδοτών, ισόπεδων και ανισόπεδων στις διασταυρώσεις δρόμων ή σιδηροδρομικών ραγών είναι αρκετά συχνή και διαδραματίζει ένα σημαντικό ρόλο στην ασφάλεια των οδικών μεταφορών, στον τομέα της αποτροπής τροχαίου ατυχήματος, αλλά και στη σωστή ενημέρωση του οδηγού σχετικά με τον σκοπό της κατεύθυνσης του. Στην παρούσα διατριβή θα παρουσιαστεί η μελέτη και η λειτουργία μιας αυτοματοποιημένης διαδικασίας σε διασταύρωση δρόμων βιομηχανικής ζώνης με διακοπή της κυκλοφορίας του κυρίως δρόμου και με κύριο σκοπό την ασφαλή διέλευση βαρέων οχημάτων και των χρηστών της διασταύρωσης. Το αντικείμενο της μελέτης, το οποίο εμπίπτει με το Π.Μ.Σ, θα προσπαθήσει να καλύψει αναπάντητα ερωτήματα για τη χρήση του συγκεκριμένου αυτοματισμού προς όφελος της ασφάλειας του εργατικού προσωπικού και του εξοπλισμού, με σκοπό τη βελτιστοποίηση των συνθηκών εργασίας.. Σκοπός της διατριβής, είναι να γίνει κατανοητή η χρησιμότητα των αυτοματισμών σηματοδότησης και να γίνουν κατανοητά και προσιτά στους περισσότερους ανθρώπους. Το κυρίως μέρος της μελέτης θα εξηγήσει τα κριτήρια σχεδιασμού ενός τέτοιου συστήματος, τα εξαρτήματα και τα αισθητήρια που θα χρησιμοποιηθούν καθώς και όλους τους ενεργοποιητές που εκτελούν τα σενάρια λειτουργίας του συγκεκριμένου αυτοματισμού. Ο προγραμματισμός του PLC θα παρουσιαστεί αναλυτικά και ταυτόχρονα θα προταθούν βελτιστοποιήσεις έτσι ώστε να επεκταθούν περαιτέρω τα οφέλη από την λειτουργία του συστήματος. Ως πιθανά αποτελέσματα της χρήσης του συγκριμένου αυτοματισμού, αναμένεται να είναι η ασφαλέστερη διέλευση των οχημάτων και των εμπορευμάτων. Κατ' αυτόν τον τρόπο η μεταφορά των υλικών, που γίνεται σε συχνή και καθημερινή βάση, θα γίνει απλούστερη, ασφαλέστερη και αποδοτικότερη. Υπολογίζεται ότι η μελέτη θα ολοκληρωθεί εντός 3 μηνών, δεδομένου ότι η συλλογή βιβλιογραφίας θα γίνει από το διαδίκτυο και θα συνοδευτεί από επιτόπου επισκέψεις σε χώρους διάφορων αντίστοιχων συστημάτων για την συλλογή πληροφοριών, όπου θα βοηθούσαν στη συγγραφή της διατριβής. Κατά τον τελευταίο (τρίτο) μήνα θα πραγματοποιηθεί η συγγραφή της διατριβής και οι διορθώσεις αυτής σε συνεργασία με τον επιβλέποντα καθηγητή.

5. Σχέδιο Βαθμολόγησης

- | | |
|---------------------------------------|-----|
| • Εισαγωγή | 10% |
| • Βιβλιογραφική Έρευνα | 5% |
| • Σχεδιασμός Ερευνητικής Μεθοδολογίας | 10% |
| • Σχεδίαση Συστήματος | 10% |
| • Ανάπτυξη Συστήματος | 15% |
| • Έλεγχος Λειτουργίας (testing) | 15% |
| • Παρουσίαση Αποτελεσμάτων | 15% |



- Συμπεράσματα 5%
- Αυτοαξιολόγηση 5%
- Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα 10%

6. Επιτροπή Έγκρισης & Βαθμολόγησης

Δρ.Δ.Τσελές
Καθηγητής
Διευθυντής Π.Μ.Σ

Δρ.Κ.Αλαφοδήμος
Καθηγητής
Πρόεδρος Τμ.Μηχ.
Αυτοματισμού

Μ.Παπουτσιδάκης
Επιβλέπων-Εισηγητής



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 - Πίνακες και Εικόνες

ΓΕΝΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ						
ΘΕΣΗ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΟΔΟ	ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡ.		ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΗ ΟΔΟΣ		ΑΣΤΙΚΗ ΟΔΟΣ	
	Υψηλή περιφ. όγληση	Χαμηλή περιφ. όγληση	Υψηλή περιφ. όγληση	Χαμηλή περιφ. όγληση	Υψηλή περιφ. όγληση	Χαμηλή περιφ. όγληση
Δεξιά	II	II	II	I	II ή III	I ή II
Αριστερά	III	II ή III	II ή III	II	III	II
Υπεράνω	III	III	II ή III	II	III	II
ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΙ						
ΘΕΣΗ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΟΔΟ	ΑΝΑΓΓ. ΚΙΝΔΥΝΟΥ		ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ		ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΗ	
	Υψηλή περιφ. όγληση	Χαμηλή περιφ. όγληση	Υψηλή περιφ. όγληση	Χαμηλή περιφ. όγληση	Υψηλή περιφ. όγληση	Χαμηλή περιφ. όγληση
Δεξιά	III	II	II	II	II	II
Αριστερά	III	II	III	II	III	III
Υπεράνω	(III)	(III)	(III)	(III)	III	III
ΚΥΡΙΟ ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ						
ΘΕΣΗ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΟΔΟ	ΑΝΑΓΓ. ΚΙΝΔΥΝΟΥ		ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ		ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΗ	
	Υψηλή περιφ. όγληση	Χαμηλή περιφ. όγληση	Υψηλή περιφ. όγληση	Χαμηλή περιφ. όγληση	Υψηλή περιφ. όγληση	Χαμηλή περιφ. όγληση
Δεξιά	II	II	II	I	II	II
Αριστερά	III	II	II	II	II	II
Υπεράνω	(III)	(II)	(II)	(II)	II	II
ΛΟΙΠΟ ΥΠΕΡΑΣΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ						
ΘΕΣΗ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΟΔΟ	ΑΝΑΓΓ. ΚΙΝΔΥΝΟΥ		ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ		ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΗ	
	Υψηλή περιφ. όγληση	Χαμηλή περιφ. όγληση	Υψηλή περιφ. όγληση	Χαμηλή περιφ. όγληση	Υψηλή περιφ. όγληση	Χαμηλή περιφ. όγληση
Δεξιά	II	I	I ή II	I	II	I
Αριστερά	(II ή III)	(II)	(II)	(I ή II)	II	I ή II

Πίνακας 1. Χρήση πινακίδων ανάλογα με τη θέση τοποθέτησής τους επί της οδού

Περίμετρος βρόχου (m)	Αριθμός τυλιγμάτων
3	5
6	4
9	3
12	3
15 και πάνω	2

Πίνακας 2. Μήκος περιμέτρου βρόχου ανάλογα με τον αριθμό των τυλιγμάτων



Είσοδοι	Τοποθεσία στο πρόγραμμα					Περιγραφή λειτουργίας
I1	20/1	38/3	44/1	59/3		Ανατολική μπάρα πάνω
I2	21/1	40/3	44/2	59/4		Δυτική μπάρα πάνω
I3	7/1	9/1	30/3	78/2		Βόρεια μπάρα πάνω
I4	7/2	9/2	32/3	78/2		Νότια μπάρα πάνω
I5	1/1	42/1				Επαγωγικός βρόχος Νο1
I6	5/1	4/1	51/1			Επαγωγικός βρόχος Νο2
I7	9/3	36/3	48/1			Ανατολική μπάρα κάτω
I8	9/4	34/3	48/2			Δυτική μπάρα κάτω
I9	3/1	18/1	28/3	59/1		Βόρεια μπάρα κάτω
IA	3/2	19/1	26/3	59/2		Νότια μπάρα κάτω
IB	2/1	43/1				Επαγωγικός βρόχος Νο3
IC	6/1	47/1	52/1			Επαγωγικός βρόχος Νο4
ID	38/1					Μπουτόν ανατολική μπάρα πάνω
IE	40/1					Μπουτόν δυτική μπάρα πάνω
IF	30/1					Μπουτόν βόρεια μπάρα πάνω
IG	32/1					Μπουτόν νότια μπάρα πάνω
IΗ	103/1					Έλεγχος λαμπτήρων
IJ	4/1	8/1	10/4	22/1	26/2	Διακόπτης αυτόματο - χειροκίνητο
	28/2	30/2	32/2	34/2	36/2	
	38/2	40/2	45/1	49/1	53/1	
	58/1	60/2	67/1	86/1	95/1	
	102/1	103/2				
IK	3/1					Μπουτόν ανατολική μπάρα κάτω
IL	34/1					Μπουτόν δυτική μπάρα κάτω
IN	28/1					Μπουτόν βόρεια μπάρα κάτω
IP	26/1					Μπουτόν νότια μπάρα κάτω

Πίνακας 3. Είσοδοι του PLC και περιγραφή τους



Έξοδοι	Τοποθεσία στο πρόγραμμα	Περιγραφή λειτουργίας
Q1	20/3 61/6 34/6 50/1 58/6	Κεντρικός δρόμος φανάρια κόκκινα
Q2	21/3 29/6 33/6 47/1 59/6	Βαρύ όχημα φανάρια κόκκινα
Q3	42/6	Ανατολική μπάρα πάνω
Q4	49/6	Δυτική μπάρα πάνω
Q5	9/6 66/1	Βόρεια μπάρα πάνω
Q6	11/6 67/1	Νότια μπάρα πάνω
Q7	21/6 49/1 53/4	Κεντρικός δρόμος φανάρια πορτοκαλί
Q8	17/6 46/1 54/1	Βαρύ όχημα φανάρια πράσινο
Q9	37/6 39/6 42/1 60/6	Ανατολική μπάρα κάτω
QA	46/6	Δυτική μπάρα κάτω
QB	7/6 29/1 55/1 61/1	Βόρεια μπάρα κάτω
QC	5/6 31/1 56/1 62/1	Νότια μπάρα κάτω
QD	16/6 33/1	Κεντρικός δρόμος φανάρια πράσινα
QE	15/6 33/2	Κεντρικός δρόμος μπάρες κόκκινες
QF	53/6 55/6	Σειρήνα

Πίνακας 4. Έξοδοι του PLC και περιγραφή τους

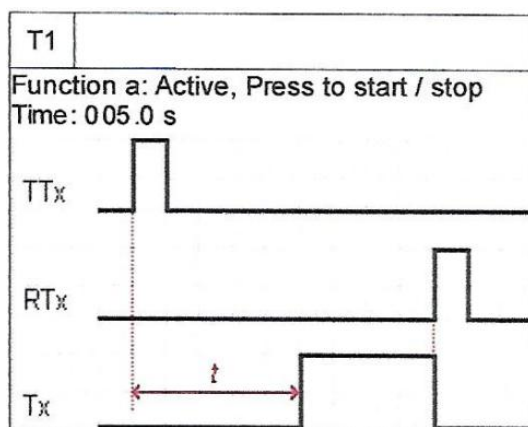
Βοηθητικοί καταχωρητές	Τοποθεσία στο πρόγραμμα
M1	1/6 3/6 5/2 10/1 12/1
M2	1/2 5/6 7/6 31/1 33/1
M3	9/6 10/2 62/1 101/1
M4	55/1 59/6 60/1 84/1 94/1
M5	42/2 42/6 44/6
M6	35/1 37/1 46/2 46/6 48/6
M7	11/1 15/1 17/1 23/2 61/1
	62/2 69/1 75/1 87/1 103/6

Πίνακας 5. Βοηθητικών καταχωρητών του PLC

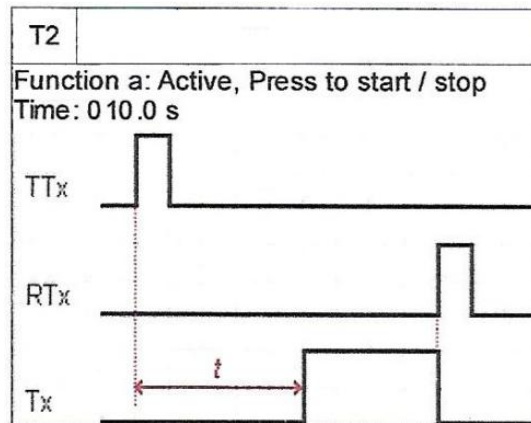
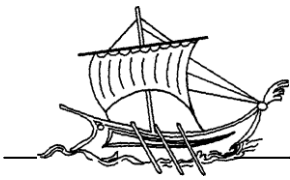


Χρονικά	Τοποθεσία στο πρόγραμμα				
T1	27/1	29/1	39/1	41/1	54/6
	55/6				
T2	12/2	16/2	24/1	26/4	28/4
	34/4	36/4	56/1	63/1	68/2
	76/1	78/4	79/2	89/6	93/1
	94/6				
T3	13/1	70/1	93/6	95/6	
T4	10/3	12/3	16/3	25/1	30/4
	32/4	38/4	40/4	57/1	60/3
	64/1	68/3	77/1	78/5	79/3
	96/6	100/1	101/6		
T6	16/1	50/6	51/6		

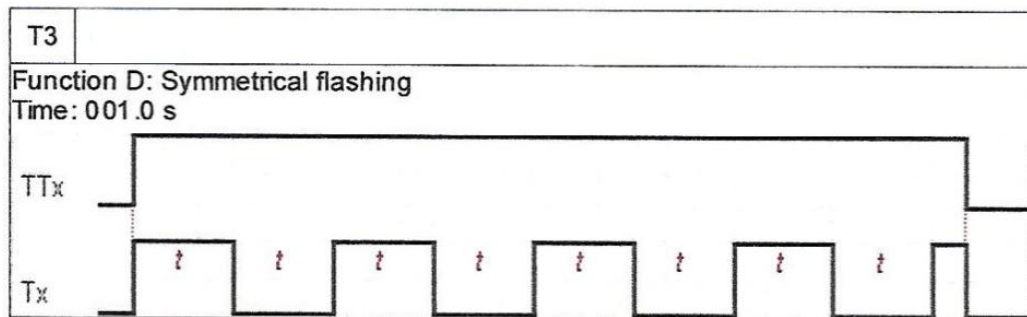
Πίνακας 6. Χρονικά του PLC



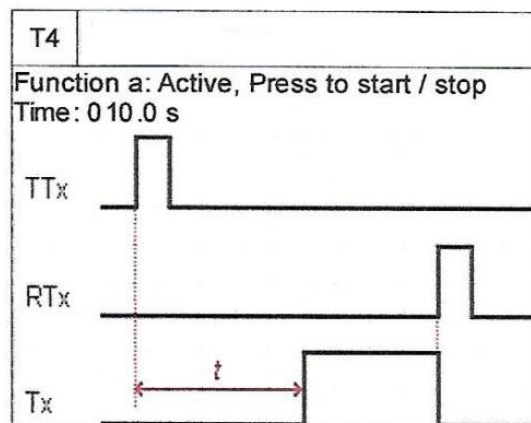
Εικόνα 30. Ρύθμιση χρονικού T1



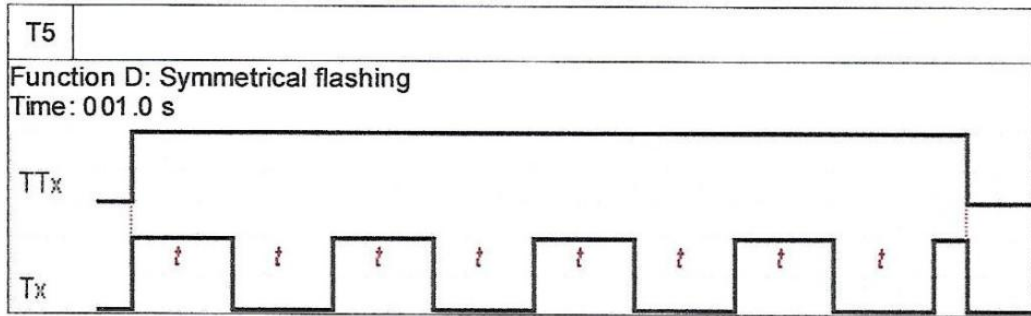
Εικόνα 31. Ρύθμιση χρονικού T2



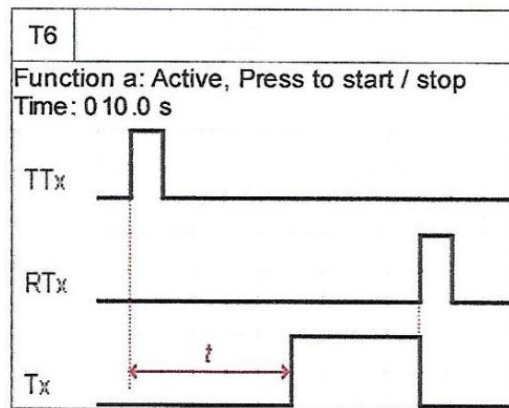
Εικόνα 32. Ρύθμιση χρονικού T3



Εικόνα 33. Ρύθμιση χρονικού T4



Εικόνα 34. Ρύθμιση χρονικού T5



Εικόνα 35. Ρύθμιση χρονικού T6

<p>K-31 Κίνδυνος λόγω ισόπεδης σιδηροδρομικής διάβασης ή διάβασης τροchioδρόμου με κινητά φράγματα.</p>	<p>K-32 Κίνδυνος λόγω ισόπεδης σιδηροδρομικής διάβασης χωρίς κινητά φράγματα.</p>	<p>K-33, K-34, K-35 Πρόσθετες επαναληπτικές πινακίδες στις προσβάσεις ισόπεδων σιδηροδρομικών διαβάσεων ή κινητών γεφυρών, οι οποίες δηλώνουν την προσέγγιση σ'αυτές.</p>	<p>K-36 Κίνδυνος λόγω άμεσης γεπονίας ισόπεδης σιδηροδρομικής διάβασης ή διάβασης τροchioδρόμου, χωρίς κινητά φράγματα, μονής σιδηροδρομικής γραμμής.</p>	<p>K-37 Κίνδυνος λόγω άμεσης γεπονίας ισόπεδης σιδηροδρομικής διάβασης ή διάβασης τροchioδρόμου, χωρίς κινητά φράγματα, διπλής ή πολλαπλής σιδηροδρομικής γραμμής.</p>	<p>P-2 Υποχρεωτική διακοπή πορείας. υποχρεωτική διακοπή πορείας.</p>
--	--	--	--	---	---

Εικόνα 36. Πινακίδες αναγγελίας κινδύνου K-31, K-32, K-33, K-34, K-35, K-36, K-37 και Ρυθμιστική πινακίδα P-2