



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

**Πίνακας Αυτοματισμού Μηχανικού Ανελκυστήρα με
Προγραμματιζόμενο Λογικό Ελεγκτή, Αντιστροφέα και
Ενσωματωμένο Απεγκλωβιστικό Σύστημα**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αθανάσιος ΑΝ. Βερβενιώτης

Παναγιώτης ΑΘ. Γκαδέζης

Επιβλέπων: Γεώργιος Κορρές
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2022



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ

**Πίνακας Αυτοματισμού Μηχανικού Ανελκυστήρα με
Προγραμματιζόμενο Λογικό Ελεγκτή, Αντιστροφέα και
Ενσωματωμένο Απεγκλωβιστικό Σύστημα**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Αθανάσιος ΑΝ. Βερβενιώτης

Παναγιώτης ΑΘ. Γκαδέζης

Επιβλέπων: Γεώργιος Κορρές
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 22 Σεπτεμβρίου 2022

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2022

.....

Γεώργιος Κορρές
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....

Πάυλος Γεωργιάκης
Αναπληρωτής Καθηγητής
Ε.Μ.Π.

.....

Ιωάννης Γκόνος
Αναπληρωτής Καθηγητής
Ε.Μ.Π.

.....

Αθανάσιος ΑΝ. Βερβενιώτης

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

.....

Παναγιώτης ΑΘ. Γκαδέζης

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Αθανάσιος ΑΝ. Βερβενιώτης

Copyright © Παναγιώτης ΑΘ. Γκαδέζης

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη

Ο σκοπός της παρούσης διπλωματικής εργασίας είναι η υλοποίηση ενός συστήματος ελέγχου ανελκυστήρων με τη χρήση PLC. Το σύστημα ελέγχου σχεδιάστηκε και προγραμματίστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε:

- Να είναι συμβατό με όλους τους τύπους ανελκυστήρα
- Να παρέχει ασφάλεια και αξιοπιστία μέσω της λειτουργίας αυτόματου απεγκλωβισμού και της παρακολούθησης βλαβών.
- Να παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα ρύθμισης πολλαπλών παραμέτρων, μέσω μιας φιλικής προς το χρήστη διεπαφής. ανθρώπου-μηχανής.

Η εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια.

Το πρώτο, παρόν κεφάλαιο, αποτελεί μία εισαγωγή στο σκοπό και τη δομή της εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρατίθενται τα ευρήματα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, τεχνικών κειμένων και καταλόγων, σε ό,τι αφορά στα βασικά χαρακτηριστικά των ανελκυστήρων. Γίνεται μία σύντομη ιστορική αναδρομή των ανελκυστήρων, παρουσιάζονται τα διάφορα είδη ανελκυστήρων και οι αρχές λειτουργίας, καταγράφονται ορισμένες εφαρμογές και καταγράφονται τα πρότυπα τα οποία εφαρμόζονται στη μελέτη, κατασκευή και λειτουργία των ανελκυστήρων.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η δομή και τα μηχανολογικά-ηλεκτρολογικά μέρη των διαφόρων εγκαταστάσεων ανελκυστήρων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο του περιφερειακού ηλεκτρομηχανολογικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού, καθώς και του ανεξάρτητου συστήματος ελέγχου απεγκλωβισμού και καταγράφονται οι τεχνικές προδιαγραφές.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η διεπαφή ανθρώπου-μηχανής, μέσω της οποίας ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει το σύστημα ελέγχου, καθώς και να διαγνώσει διάφορα σφάλματα κατά τη λειτουργία του ανελκυστήρα. Η διεπαφή γίνεται μέσω οθόνης αφής. Παρατίθενται σε εικόνες διάφορα στιγμιότυπα αυτής.

Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται μία βασική περιγραφή του PLC και των δυνατοτήτων του. Στη συνέχεια δίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του μοντέλου που χρησιμοποιήθηκε, καθώς και τα λογικά κυκλώματα που αναπτύχθηκαν για την προστασία και έλεγχο του συστήματος.

Λέξεις κλειδιά

Ηλεκτρικός πίνακας, απεγκλωβιστικό σύστημα, προγραμματιζόμενος λογικός ελεγκτής, αντιστροφέας, ανελκυστήρας, αυτοματισμός, οθόνη αφής, ηλεκτροκινητήρας, διεπαφή ανθρώπου – μηχανής, λογικά κυκλώματα, σύστημα ελέγχου.

Abstract

The purpose of this thesis is the implementation of an elevator control system, using PLC. The control system is designed and programmed to:

- Be compatible with all types of elevators
- Provide security and reliability via automatic release system and error monitoring.
- Provide users multiple adjustment options, via a user-friendly human-machine interface.

This thesis consists of 5 chapters.

The first chapter is an introduction, mentioning the thesis's purpose and structure.

The second chapter includes findings from different sources, such as bibliography, technical texts, and catalogs. Initially, the chronology of elevators is recorded, and then presented the principles, applications, and quality standards, regarding elevator design, construction, and operation. A brief reference is made on the historical background of elevators while the standards, which are applied to the study, construction, and operation of them, are recorded.

The third chapter presents the structure and the electromechanical parts of different elevator installations.

The fourth chapter presents the theoretical background of the peripheral electromechanical and electronic equipment and the independent release control system while it records technical specifications.

The fifth chapter presents the human-machine interface through which the user can configure the control system as well as diagnose various errors during the elevator's operation. The interface is made via touch screen. Various snapshots of it are presented in pictures.

The sixth chapter briefly describes PLC and its capabilities. The technical characteristics of the model used are presented as well as the logical circuits developed to protect and control the system.

Keywords

Electrical panel, release system, programmable logic controller, inverter, elevator, automation, touch screen, electrical motor, human machine interface, logical circuits, control system

Πίνακας περιεχομένων

Πίνακας περιεχομένων	III
Ευρετήριο εικόνων.....	VI
1 Εισαγωγή.....	1
2. Ανασκόπηση της τεχνολογίας ανελκυστήρων	3
2.1.Ιστορική αναδρομή.....	3
2.2.Υδραυλικοί Ανελκυστήρες	6
2.3.Μηχανικοί ανελκυστήρες.....	7
2.4.Γενική αρχή λειτουργίας μηχανικού ανελκυστήρα.....	9
2.5.Εφαρμογές Ανελκυστήρων	11
2.6.Πρότυπα ανελκυστήρων	12
3.Δομή ανελκυστήρων.....	13
3.1.Κοινά μέρη υδραυλικών και μηχανικών ανελκυστήρων	15
3.1.1.Φρεάτιο	16
3.1.2.Οδηγοί	18
3.1.3.Θάλαμος	18
3.1.4.Πόρτες.....	19
3.1.5.Πίνακας ελέγχου, ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά μέρη	19
3.2.Μέρη μηχανικών ανελκυστήρων.....	20
3.2.1.Μηχανή.....	20
3.2.2.Φρένα	21
3.2.3.Τροχαλία τριβής.....	22
3.2.4.Συρματόσχοινα	22
3.2.5.Αντίβαρα.....	23
3.2.6.Ρεγουλατόροι και αρπάγες.....	24
4.Περιφερειακός Ηλεκτρομηχανολογικός-Ηλεκτρονικός Εξοπλισμός	25

4.1.Inverter	25
4.1.1.Γενικές έννοιες	25
4.1.1.1 Αρχή λειτουργίας τριφασικού αντιστροφέα πηγής τάσης	26
4.1.1.2 Λειτουργία τριφασικού αντιστροφέα με τετραγωνικό παλμό τάσης ..	28
4.1.1.3 Λειτουργία τριφασικού αντιστροφέα ημιτονοειδής PWM	32
4.1.2.Μοντέλο της διάταξης	35
4.1.2.1 Καλωδίωση	36
4.1.2.2 Παράμετροι	38
4.2.Ηλεκτροκινητήρας	40
4.2.1.Γενικές έννοιες	40
4.2.1.1 Το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο και η ολίσθηση	40
4.2.1.2 Έλεγχος ταχύτητας κινητήρα	41
4.2.2.Μοντέλο της διάταξης	42
4.3.Πλακέτα Απεγκλωβισμού	42
4.3.1.Γενικές έννοιες	42
4.3.2.Μοντέλο της διάταξης	43
4.3.2.1 Καλωδίωση	44
4.3.2.2 Παράμετροι	47
4.3.3 Κώδικας Απεγκλωβισμού	50
4.4.Αυτόματος Φορτιστής ΡΒ	51
4.4.1.Γενικές έννοιες	51
4.4.2.Μοντέλο της διάταξης	53
4.4.2.1 Καλωδίωση	54
5.HMI.....	55
5.1.1.Γενικές έννοιες	55
5.1.2.Διασύνδεση μεταξύ PLC και HMI	56

5.2.Προσομοίωση	58
5.2.1.Μοντέλο της διάταξης	58
5.2.2.Στιγμιότυπα Οθόνης	58
6.Έλεγχος ανελκυστήρα με PLC.....	71
6.1.Γενικές έννοιες	71
6.1.1.Ιστορική αναδρομή	71
6.1.2.Εσωτερική αρχιτεκτονική PLC	72
6.1.3.Γλώσσες Προγραμματισμού	73
6.1.4.Πλεονεκτήματα PLC.....	79
6.1.5.Μειονεκτήματα PLC.....	79
6.2.Μοντέλο της διάταξης	80
6.2.1.Περιβάλλον Προγραμματισμού PLC.....	81
6.2.2.Η διεπαφή του λογισμικού ISP Soft	81
6.2.3.Καλωδίωση.....	82
6.3.Κώδικας	83
6.4 Αλυσίδα Ασφαλιστικών	85
6.4.1.Κώδικας Ασφαλιστικών	86
6.5 Κύκλωμα Οροφδιαλογέα	87
6.5.2.Κώδικας Οροφδιαλογέα	89
6.6 Κύκλωμα Κλήσεων , Οροφσενδείξεων και Συντήρησης	89
6.6.2.Κώδικας Κλήσεων, Οροφσενδείξεων και Συντήρησης	91
7. Συμπεράσματα	92
Βιβλιογραφία.....	95

Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 1: Η πρώτη αναφορά σε ανελκυστήρα (History of Elevators, 2021)	3
Εικόνα 2: Ορόσημα στην εξέλιξη των ανελκυστήρων από την εταιρεία	5
Εικόνα 3: Υδραυλικός ανελκυστήρας (Strakosch & Caporale, 2010)	6
Εικόνα 4: Μηχανικός ανελκυστήρας (Strakosch & Caporale, 2010)	6
Εικόνα 5: Μηχανικός ανελκυστήρας MR.....	7
Εικόνα 6: Εξέλιξη μηχανικών ανελκυστήρων	8
Εικόνα 7: Ανάρτηση 1:1 (GMV, 2018).....	10
Εικόνα 8: Ανάρτηση 2:1 (GMV, 2018).....	10
Εικόνα 9: Επισκόπηση μερών μηχανικού ανελκυστήρα με μηχανοστάσιο	14
Εικόνα 10: Επισκόπηση μερών υδραυλικού ανελκυστήρα	15
Εικόνα 11: Άποψη φρεατίου ανελκυστήρα τριβής χωρίς μηχανοστάσιο	16
Εικόνα 12: Θάλαμος S500 Mitsubishi (Mitsubishi Electric Corporation, 2019).....	18
Εικόνα 13: Ανάρτηση μηχανής στην άνω απόληξη και τροχαλία τριβής απέναντι από τη μηχανή (Kleemannlifts, 2020).....	21
Εικόνα 14: Ανάρτηση μηχανής στην άνω απόληξη και τροχαλία τριβής δίπλα στη μηχανή (προβολικό σασί) (Kleemannlifts, 2020).....	21
Εικόνα 15: Συνολική διατομή συρματόσχοινων ανάλογα με το πλήθος τους	23
Εικόνα 16: Εγκατάσταση και τρόπος λειτουργίας περιοριστή ταχύτητας (Wittur, 2021)	24
Εικόνα 17 Βασική αρχή του συστήματος inverter	26
Εικόνα 18 Τυπική τοπολογία τριφασικού αντιστροφέα πηγής τάσης δύο επιπέδων σε συνδεσμολογία γέφυρα	27
Εικόνα 19 Διανύσματα τάσης εξόδου τυπικού τριφασικού αντιστροφέα σε συνδεσμολογία γέφυρας.....	28

Εικόνα 20 Κυματομορφές εξόδου του τριφασικού αντιστροφέα πηγής τάσεως σε συνδεσμολογία γέφυρας για λειτουργία με τετραγωνικό παλμό τάσης	35
Εικόνα 21 Ισοδύναμο κύκλωμα τριφασικού αντιστροφέα και φορτίο σε αστέρα στο οποίο φαίνονται οι μελετώμενες τάσεις.....	35
Εικόνα 22 Κυματομορφές δημιουργίας των τάσεων εξόδου του αντιστροφέα για λειτουργία με την τεχνική ημιτονοειδούς διαμόρφωσης παλμών (SPWM).	35
Εικόνα 23 Αντιστροφέας DELTA MH300-L	35
Εικόνα 24 Διάγραμμα σύνδεσης κλεμοσειρών του DELTA MH300-L	37
Εικόνα 25 Συνολικό μήκος καλωδίου σύνδεσης inverter-κινητήρα	38
Εικόνα 26 Στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο κινητήρα	41
Εικόνα 27 Κινητήρας MS180L-4	42
Εικόνα 28 Πλακέτα Απεγκλωβισμού	43
Εικόνα 29 Πλακέτα απεγκλωβισμού στο πρόγραμμα ALTIUM DESIGNER	44
Εικόνα 30 Διάγραμμα σύνδεσης κλεμοσειρών πλακέτας απεγκλωβισμού	45
Εικόνα 31 Σχηματικό διάγραμμα πλακέτας απεγκλωβισμού	46
Εικόνα 32 συσσωρευτής μολύβδου-οξέως	52
Εικόνα 33 Πλακέτα Φόρτισης	53
Εικόνα 34 Πλακέτα φόρτισης σχεδιασμένη στο ALTIUM DESIGNER	54
Εικόνα 35 Ηλεκτρονικό Κύκλωμα Φορτιστή	55
Εικόνα 36 Διάγραμμα Διασύνδεσης μεταξύ PLC και HMI	57
Εικόνα 37 Panel Delta DOP-107EG	58
Εικόνα 38 Οθόνη Έναρξης PLC	59
Εικόνα 39 Οθόνη για Βασικές Είσοδους-Έξοδους PLC	60
Εικόνα 40 Οθόνη Εισαγωγής Κωδικού	61
Εικόνα 41 Οθόνη Αλλαγής Κωδικού	61
Εικόνα 42 Main meny HMI	62
Εικόνα 43 Menu Προγραμματισμού 1/8.....	63

Εικόνα 44 Menu Προγραμματισμού 2/8	64
Εικόνα 45 Menu Προγραμματισμού 3/8	65
Εικόνα 46 Menu Προγραμματισμού 4/8	65
Εικόνα 47 Menu Προγραμματισμού 5/8	66
Εικόνα 48 Menu Προγραμματισμού 6/8	66
Εικόνα 49 Menu Προγραμματισμού 7/8	67
Εικόνα 50 Menu Προγραμματισμού 8/8	67
Εικόνα 51 Οθόνη Κατάστασης Εισόδων 1/2	68
Εικόνα 52 Οθόνη Κατάστασης Εισόδων 2/2	68
Εικόνα 53 Οθόνη Κατάστασης Εξόδων 1/2	68
Εικόνα 54 Οθόνη Κατάστασης Εξόδων 2/2	69
Εικόνα 55 Οθόνη Βλάβης.....	70
Εικόνα 56 Οθόνη Μνήμης Βλαβών 1/4	70
Εικόνα 57 Οθόνη Μνήμης Βλαβών 2/4	70
Εικόνα 58 Οθόνη Μνήμης Βλαβών 3/4	71
Εικόνα 59 Οθόνη Μνήμης Βλαβών 4/4	71
Εικόνα 60 Εσωτερική Αρχιτεκτονική PLC.....	73
Εικόνα 61 Παράδειγμα κώδικα LADDER.	74
Εικόνα 62 Παράδειγμα κώδικα FBD.	75
Εικόνα 63 Παράδειγμα κώδικα Instruction List.	76
Εικόνα 64 Γενικό διάγραμμα SFC.....	77
Εικόνα 65 Παράδειγμα κώδικα SFC.	78
Εικόνα 66 Παράδειγμα κώδικα Structured Text	79
Εικόνα 67 PLC DELTA DVP60ES2	80
Εικόνα 68 Πακέτο λογισμικού IPSOFT της DELTA.....	81
Εικόνα 69 Τυπικό περιβάλλον λογισμικού ISP SOFT	82

Εικόνα 70 Διάγραμμα σύνδεσης κλεμοσειρών πλακέτας plc.....	83
Εικόνα 71 Τμήμα του κώδικα 1/3	84
Εικόνα 72 Τμήμα του κώδικα 2/3	84
Εικόνα 73 Τμήμα του κώδικα 3/3	85
Εικόνα 74 Διάγραμμα σύνδεσης κλεμοσειρών ασφαλιστικών	86
Εικόνα 75 Κώδικας Αλυσίδας Ασφαλιστικών 1/2	86
Εικόνα 76 Κώδικας Αλυσίδας Ασφαλιστικών 2/2	87
Εικόνα 77 Ηλεκτρονική Οροφοδιαλογή	87
Εικόνα 78 Διάγραμμα σύνδεσης κλεμοσειρών οροφοδιαλογέα	89
Εικόνα 79 Κώδικας οροφοδιαλογέα	89
Εικόνα 80 Συνδεσμολογία κλήσεων, οροφοδιαλογέα και συντήρησης στον πίνακα του ανελκυστήρα	90
Εικόνα 81 Κώδικας οροφοενδείξεων, κλήσεων και συντήρησης 1/3	91
Εικόνα 82 Κώδικας οροφοενδείξεων, κλήσεων και συντήρησης 2/3	91
Εικόνα 83 Κώδικας οροφοενδείξεων, κλήσεων και συντήρησης 3/3	92
Εικόνα 84 Πίνακας ελέγχου μηχανικού ανελκυστήρα με PLC, VVF και ενσωματωμένο απεγκλωβιστικό σύστημα	94

1.Εισαγωγή

Καθώς περισσότεροι άνθρωποι συγκεντρώνονται στα αστικά κέντρα και δεδομένου ότι οι ελεύθεροι χώροι σε αυτά είναι πεπερασμένοι, η ανάπτυξη των σύγχρονων πόλεων γίνεται καθ' ύψος. Επιπλέον, συχνά, οι πόλεις ανταγωνίζονται μεταξύ τους μέσα από την κατασκευή ψηλών κτηρίων, τα οποία αποτελούν δείγματα προόδου και ανάπτυξης. Έπειτα, σημειώνεται αλλαγή στον τρόπο ζωής, αλλά και αυξημένη ανάγκη μετακίνησης για ανθρώπους με κινητικές δυσκολίες. Όλοι αυτοί οι παράγοντες αυξάνουν τη ζήτηση αλλά και τη σημασία των ανελκυστήρων (Rodrigues, et al., 2013).

Έπειτα, όσο αυξάνει το ύψος των κτηρίων, τόσο αυξάνει η πυκνότητα των ανθρώπων που μετακινούνται με τους ανελκυστήρες, δημιουργώντας την ανάγκη για κατασκευή περισσότερων φρεατίων, μηχανοστασίων και άλλων βοηθητικών χώρων για την εγκατάσταση ανελκυστήρων. Καθώς η δυνατότητα ενός ανελκυστήρα να μετακινήσει επιβάτες είναι πεπερασμένη, εισάγονται περιορισμοί στη χρήση των ανελκυστήρων, καθώς ιδίως στα κατώτερα επίπεδα των κτηρίων συχνά δημιουργείται συνωστισμός και παρατηρούνται αναμονές (Jamaludin, et al., 2010), (Peryne & Cassandras, 1997).

Οι ανελκυστήρες σήμερα έχουν καταστεί μεταφορικά μέσα, τα οποία χρησιμοποιούνται από ολόένα και περισσότερους ανθρώπους. Βρίσκουν εφαρμογή σε πολυκατοικίες, δημόσια κτήρια, ουρανοξύστες, εμπορικά κτήρια, βιομηχανίες, εστιατόρια, ξενοδοχεία, αλλά και σε δημόσιους ανοιχτούς χώρους, ιδίως για τη διευκόλυνση μετακίνησης ανθρώπων με κινητικές δυσκολίες (Ishii, 1994).

Καθώς αυξάνονται οι απαιτήσεις από τους ανελκυστήρες σημειώνονται προκλήσεις για την κάλυψη των σημερινών αναγκών. Βασικές προκλήσεις αποτελούν η ανάρτηση μεγαλύτερων φορτίων, ειδικά για χρήση σε βιομηχανίες και σε πολυώροφα κτήρια, η αύξηση της ταχύτητας κίνησης, ειδικά για χρήση σε πολυώροφα κτήρια, η βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης, η εγκατάσταση σε στενά φρεάτια, καθώς μειώνεται ο διαθέσιμος χώρος στα σύγχρονα κτήρια, και, προσφάτως, στα πλαίσια της τρέχουσας υγειονομικής κατάστασης, η δημιουργία ενός ασφαλούς περιβάλλοντος για τους επιβάτες (Luh, et al., 2008). Μάλιστα, όσο αυξάνεται το ύψος των κτηρίων, τόσο αυξάνεται το μήκος των συρματόσχοινων, συνεπώς, και το βάρος τους, οδηγώντας σε μεγάλη αύξηση της απαιτούμενης ισχύος των ανελκυστήρων που καλούνται να κινήσουν τόσο το ωφέλιμο βάθος όσο και το απόβαρο (θάλαμος, συρματόσχοινα κ.α.) (Zhu & Terpo, 2003).

Παράλληλα, οι απαιτήσεις που αφορούν στην ασφάλεια των επιβατών και των συντηρητών έναντι ξαφνικών και ανεξέλεγκτων κινήσεων εντείνονται, ενώ εισάγονται νέες απαιτήσεις ασφαλείας που σχετίζονται με την κίνηση των ανελκυστήρων σε συνθήκες πυρκαγιάς, σεισμού ή διακοπής της τροφοδοσίας τους (Kinaterder, et al., 2014), (Ronchi & Nilsson, 2014).

Έπειτα, σημειώνεται ερευνητικό, αλλά και κατασκευαστικό ενδιαφέρον για την ανάπτυξη αλγορίθμων ώστε να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα των ανελκυστήρων και να μειωθεί ο χρόνος αναμονής, ιδίως σε πολυώροφα κτήρια.

Η αρχή λειτουργίας των ανελκυστήρων, η οποία δεν έχει εξελιχθεί από την πρώτη τους εμφάνιση, περιλαμβάνει την κίνηση ενός θαλάμου κατακόρυφα προς τα πάνω ή προς τα κάτω, με τον θάλαμο να κινείται από ένα έμβολο ή μέσω ανάρτησης με συρματόσχοινα ή με έναν συνδυασμό των δύο. Όλα τα παραπάνω εξαρτήματα βρίσκονται

εγκατεστημένα στο φρεάτιο του ανελκυστήρα και κινούνται κατακόρυφα και παράλληλα με τον κάθετο άξονα του φρεατίου.

Οι ανελκυστήρες αποτελούν τεχνικά συστήματα τα οποία βρίσκουν εφαρμογή στην ανύψωση επιβατών ή φορτίων ή επιβατών και φορτίων σε κτήρια. Διακρίνονται δύο κύρια είδη ανελκυστήρων, οι υδραυλικοί ανελκυστήρες και οι μηχανικοί ανελκυστήρες ή ανελκυστήρες τριβής.

Οι υδραυλικοί ανελκυστήρες εγκαθίστανται σε κτήρια με μικρό ύψος, καθώς η διαδρομή τους περιορίζεται από το μέγιστο ύψος των εμβόλων, το οποίο με τη σειρά του περιορίζεται λόγω της μείωσης της μηχανικής τους αντοχής όσο αυξάνεται το ύψος τους. Το κινητήριο μέσο είναι μία ή περισσότερες αντλίες λαδιού, με το λάδι να διοχετεύεται σε ένα ή περισσότερα έμβολα. Οι δε μηχανικοί ανελκυστήρες εγκαθίστανται συνήθως σε κτήρια με μεγάλο ύψος και όπου δεν μπορούν να εγκατασταθούν λόγω ύψους υδραυλικοί ανελκυστήρες. Το κινητήριο μέσο των μηχανικών ανελκυστήρων είναι μία ηλεκτρική μηχανή η οποία κινεί μία ή περισσότερες τροχαλίες στις οποίες τυλίγονται τα συρματόσχοινα ανάρτησης.

Τόσο οι υδραυλικοί όσο και οι μηχανικοί ανελκυστήρες υπόκεινται σε κάποια κοινά και σε κάποια διαφορετικά πρότυπα τα οποία έχουν ως αντικείμενο την ασφαλή τους λειτουργία, την ασφάλεια των συντηρητών, τη συμπεριφορά των ανελκυστήρων σε περιπτώσεις πυρκαγιάς, σεισμού ή διακοπής της ηλεκτροδότησης. Επιπλέον, τόσο οι υδραυλικοί όσο και οι μηχανικοί ανελκυστήρες απαρτίζονται από κοινά μέρη ή υποσυστήματα, πλην των κινητήριων μέσων και των μέσων μεταφοράς της κίνησης, με τα βασικότερα αυτών να είναι το πλαίσιο ανάρτησης, ο θάλαμος, οι οδηγοί, οι πόρτες θαλάμου και ορόφου, τα ηλεκτρονικά και ηλεκτρικά μέρη, συμπεριλαμβανομένου του ελεγκτή του ανελκυστήρα και των κομβιοδόχων ορόφου και θαλάμου.

Τόσο οι υδραυλικοί όσο και οι μηχανικοί ανελκυστήρες λειτουργούν με ηλεκτρική ενέργεια, είτε για την τροφοδοσία της αντλίας λαδιού είτε για την τροφοδοσία του ηλεκτρικού κινητήρα, καθώς και για την τροφοδοσία όλων των υπολοίπων μερών. Ως εκ τούτου, οι ανελκυστήρες πρέπει να αντιμετωπίζονται ως ηλεκτρικά φορτία σε όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής τους, από την αρχική μελέτη, μέχρι την εγκατάσταση, τη θέση σε λειτουργία, τη λειτουργία και τη συντήρηση.

Δεδομένου ότι οι σύγχρονοι ανελκυστήρες αποτελούν σύνθετα και πολύπλοκα τεχνικά συστήματα απαιτείται η ενδελεχής και αναλυτική τους μελέτη προκειμένου να καλύπτουν τις ανάγκες των χρηστών των κτηρίων, να λειτουργούν με ασφάλεια και να συμμορφώνονται με τα εκάστοτε διεθνή και εθνικά πρότυπα, τα οποία συχνά ενέχουν νομοθετική ισχύ.

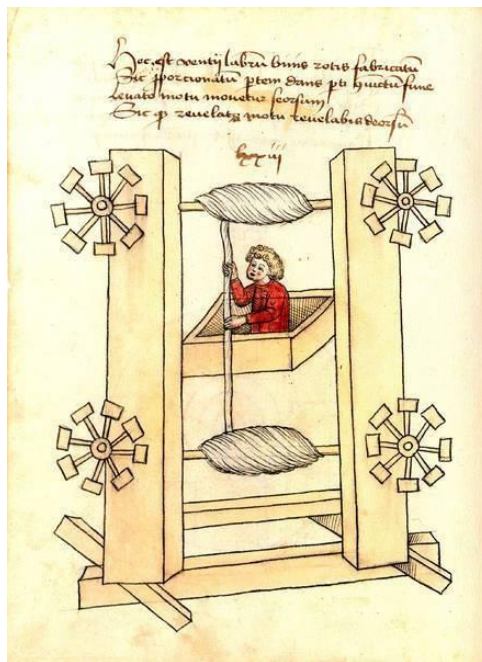
Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται τη χρήση PLC για τον έλεγχο ανελκυστήρων. Μολονότι κυριαρχεί στην αγορά ο έλεγχος των ανελκυστήρων με χρήση πλακετών, η χρήση PLC κρίνεται δόκιμη, με μόνο περιορισμό να εντοπίζεται στο κόστος, όπως καταλήγει η παρούσα. Από τη διεύθυνση των PLC για τον έλεγχο κινητήρων δεν θα μπορούσε σε καμία περίπτωση να εξαιρούνται οι ανελκυστήρες, ειδικά αν αυτοί λειτουργούν σε περιβάλλοντα που παρακολουθούνται σε πραγματικό χρόνο, όπως είναι κτήρια με συστήματα διαχείρισης (BMS) ή βιομηχανίες αντίστοιχα.

2.Ανασκόπηση της τεχνολογίας ανελκυστήρων

Σε αυτό το κεφάλαιο παρατίθενται τα ευρήματα από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, τεχνικών κειμένων και καταλόγων, σε ό,τι αφορά τα βασικά χαρακτηριστικά των ανελκυστήρων.

2.1. Ιστορική αναδρομή

Η πρώτη αναφορά σε ανελκυστήρα εντοπίζεται στην αρχαιότητα, και συγκεκριμένα, στην κατασκευή του πρώτου ανελκυστήρα από τον Αρχιμήδη το 236 π.Χ. (Nichols, 2017).



Εικόνα 1: Η πρώτη αναφορά σε ανελκυστήρα (History of Elevators, 2021)

Οι περισσότερες τεχνολογικές εξελίξεις γύρω από τους ανελκυστήρες ξεκίνησαν τον 18ο αιώνα. Αρχικά κατασκευάστηκαν υδραυλικοί ανελκυστήρες, οι οποίοι κινούνταν με τη βοήθεια εμβόλου το οποίο αναπτυσσόταν ή συμπτυσσόταν ανυψώνοντας ή κατεβάζοντας τον θάλαμο του ανελκυστήρα αντίστοιχα.

Οι πρώτοι εμβολοφόροι, υδραυλικοί ανελκυστήρες κινούνταν από έμβολα στα οποία διοχετεύονταν νερό μέσω αντλίας και μέσω της αύξησης της πίεσης εξόδου της αντλίας το έμβολο είτε αναπτυσσόταν είτε συμπτυσσόταν.

Έκτοτε υπήρχαν περιορισμοί στο ύψος στο οποίο μπορούσε να φτάσει ένας υδραυλικός ανελκυστήρας, το οποίο στην ουσία περιοριζόταν από το ύψος του εμβόλου όταν αυτό βρισκόταν σε πλήρη ανάπτυξη. Επιπλέον, στους πρώτους ανελκυστήρες, όσο αυξανόταν το ύψος του κτηρίου, άρα και του εμβόλου, τόσο βαθύτερος πυθμένας απαιτούνταν για να φιλοξενήσει το έμβολο. Οι πρώτοι αυτοί ανελκυστήρας είχαν βρει εφαρμογή για μεταφορά φορτίων σε βιομηχανίες και ορυχεία.

Στα μέσα του 19ου αιώνα, κατασκευάστηκε ο πρώτος μηχανικός ανελκυστήρας από τον Henry Waterman, ενώ το 1852, η Elisha Otis εφηύρε τον πρώτο μηχανικό ανελκυστήρα, ο οποίος ενσωμάτωνε ένα αυτόματο φρένο έκτακτης ανάγκης για τη συγκράτηση του θαλάμου σε περίπτωση που το συρματόσχοινο κοβόταν.

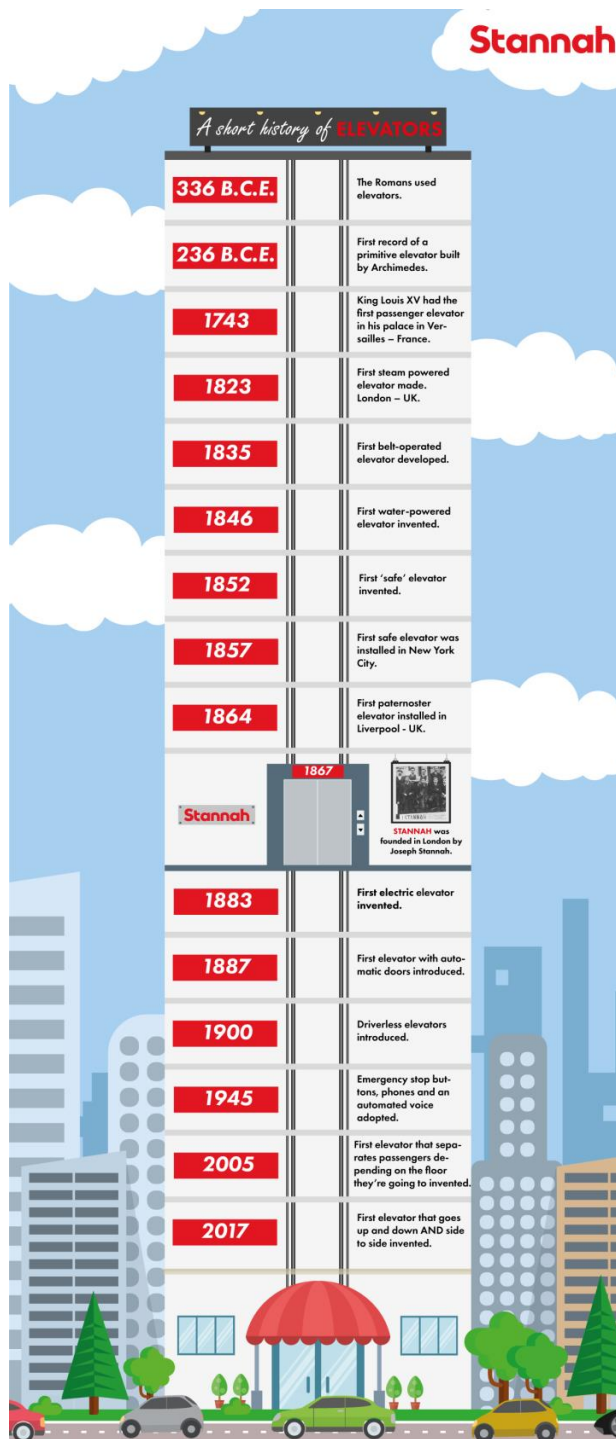
Πέντε χρόνια αργότερα, εγκαταστάθηκε ο πρώτος ανελκυστήρας επιβατών από την ομώνυμη με την εφευρέτρια, Elisha Otis, εταιρεία στις ΗΠΑ. Μάλιστα, χαρακτηριστικά αναφέρεται πως το φρεάτιο στο οποίο εγκαταστάθηκε ο πρώτος ανελκυστήρας ασφαλείας της Otis ήταν ήδη κατασκευασμένο τέσσερα χρόνια νωρίτερα, αποτέλεσμα της πεποίθησης των μηχανικών και κατασκευαστών κτηρίων της εποχής για την αναμενόμενη εξέλιξη των ανελκυστήρων.

Ο πρώτος μηχανικός ανελκυστήρας κατασκευάστηκε από τον Wener Von Siemens το 1880.

Το 1874, ο J. W. Meaker εφηύρε ένα σύστημα για τον έλεγχο του ανοίγματος και κλεισίματος των πορτών των ανελκυστήρων με ασφάλεια.

Το 1889 σημειώνεται η εγκατάσταση του πρώτου μηχανικού ανελκυστήρα, ενώ το 1929 εγκαταστάθηκε ο πρώτος οικιακός ανελκυστήρας στις ΗΠΑ, από τον Clarence Crispen και την εταιρεία Inclinator (CNN, 2019).

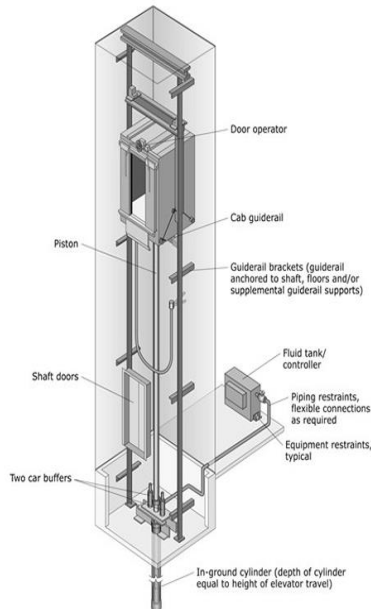
Παρακάτω, στην Εικόνα 2 παρατίθενται γραφικά τα σημαντικότερα ορόσημα στην ιστορία των ανελκυστήρων, από την εταιρεία Stannah, η οποία δραστηριοποιείται στην Αγγλία από το 1867 μέχρι και σήμερα (Stannah, 2018).



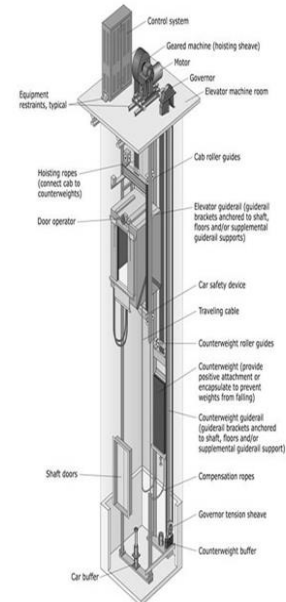
Εικόνα 2: Ορόσημα στην εξέλιξη των ανελκυστήρων από την εταιρεία Stannah (Stannah, 2018)

2.2. Υδραυλικοί Ανελκυστήρες

Οι υδραυλικοί ανελκυστήρες κυριάρχησαν κατά το δεύτερο ήμισυ του 20ου αιώνα. Η αρχή λειτουργίας τους είναι η ανύψωση του σασί του θαλάμου μέσω ενός εμβόλου, το οποίο είναι συνδεδεμένο μέσω ενός ελαστικού σωλήνα με μία αντλία λαδιού, η οποία διοχετεύει στο έμβολο λάδι υπό πίεση. Το έμβολο ανυψώνεται όσο διοχετεύεται λάδι και συμπύσσεται όσο μειώνεται η πίεση του λαδιού.



Εικόνα 3: Υδραυλικός ανελκυστήρας (Strakosch & Caporale, 2010)



Εικόνα 4: Μηχανικός ανελκυστήρας (Strakosch & Caporale, 2010)

Αν και οι υδραυλικοί ανελκυστήρες επιτρέπουν την ανύψωση μεγάλων φορτίων με αντλίες σχετικά μικρής ισχύος, ειδικά συγκρίνοντας την ισχύ ενός υδραυλικού με έναν μηχανικό ανελκυστήρα, έχουν δύο σημαντικά μειονεκτήματα: (Celik & Korbahti, 2006)

1. Το ύψος που μπορούν να εξυπηρετήσουν περιορίζεται από το ύψος του εμβόλου.

Το έμβολο, όταν αναπτύσσεται πλήρως, μπορεί να ανυψώσει τον θάλαμο στον υψηλότερο όροφο, ενώ σε κάθε άλλη περίπτωση βρίσκεται συμπυγμένο εντός του κυλίνδρου του εμβόλου. Ανάλογα με το είδος του σετ κυλίνδρου και εμβόλου, αυτό μπορεί να τοποθετείται στη βάση του πυθμένα του φρεατίου, είτε στο κέντρο, είτε σε έκκεντρα, είτε μπορεί να απαιτείται η διάνοιξη οπής στον πυθμένα, ειδικά για πολύ ψηλά έμβολα.

2. Δεν προσφέρουν τη δυνατότητα για αποθήκευση ενέργειας όταν ο ανελκυστήρας ακολουθεί καθοδική πορεία.

Η ενέργεια που δαπανάται για την ανύψωση του σασί του ανελκυστήρα επί της ουσίας αποθηκεύεται στο έμβολο με τη μορφή μηχανικής ενέργειας η οποία, όταν ο θάλαμος κατεβαίνει, μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια καθώς το λάδι επιστρέφει στο δοχείο της αντλίας. Συνήθως δεν υπάρχει η δυνατότητα για αποθήκευση και επαναχρησιμοποίηση αυτής της ενέργειας πέδησης. Σπάνια συναντώνται υδραυλικοί ανελκυστήρες στους οποίους οι αντλίες οδηγούνται από μετατροπείς συχνότητας (*inverter*) όπου

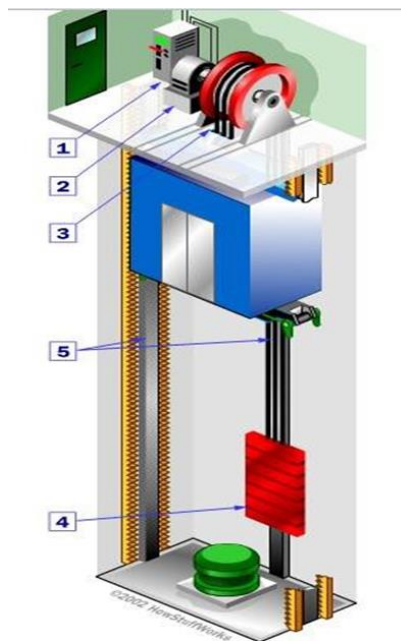
επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας μέσω οδήγησης της αντλίας, χωρίς να είναι εφικτή η ανάκτηση της ενέργειας πέδησης.

2.3. Μηχανικοί ανελκυστήρες

Οι μηχανικοί ανελκυστήρες κινούνται με τη χρήση μηχανής, η οποία κινεί το σασί του ανελκυστήρα μέσω συρματόσχοινων ή ταινιών, με τη μηχανή να τοποθετείται συννηθέστερα εντός του φρεατίου στο ανώτατό του τμήμα, είτε σε μηχανοστάσιο επάνω από το φρεάτιο ή κοντά στον πυθμένα του φρεατίου πιο σπάνια.

Σε σύγκριση με τους υδραυλικούς ανελκυστήρες προσφέρουν τη δυνατότητα εξυπηρέτησης κτηρίων με περισσότερους ορόφους, την επίτευξη μεγαλύτερων ταχυτήτων και τη μείωση τόσο του κόστους κτήσης, όσο και του κόστους χρήσης και συντήρησης.

Οι ανελκυστήρες μπορούν να λειτουργούν με ή χωρίς μηχανοστάσιο, ανάλογα με τις ανάγκες του κτηρίου, αλλά και ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των ανελκυστήρων. Συνήθως, κινούνται με μηχανές οι οποίες διαθέτουν μειωτήρα στροφών για την αυξομείωση της ροπής, ειδικά όταν απαιτείται ανύψωση μεγάλων φορτίων. Η τάση κατασκευής ψηλότερων κτηρίων οδηγεί στην ανάγκη ανύψωσης μεγάλων φορτίων, καθώς ενδεικτικά ο ψηλότερος ανελκυστήρας που έχει κατασκευαστεί μέχρι σήμερα είναι τύπου *MR*, στο κτήριο Burj Khalifa, ο οποίος εξυπηρετεί μία διαδρομή 504m, για ωφέλιμο βάρος 5.500kg, με τα αντίβαρα να ζυγίζουν περί τους 13tn, ενώ με τη χρήση καινοτόμων συρματόσχοινων κατέστη εφικτός ο περιορισμός του βάρους τους κάτω από τους 8tn. (Burj Khalifa, 2016).



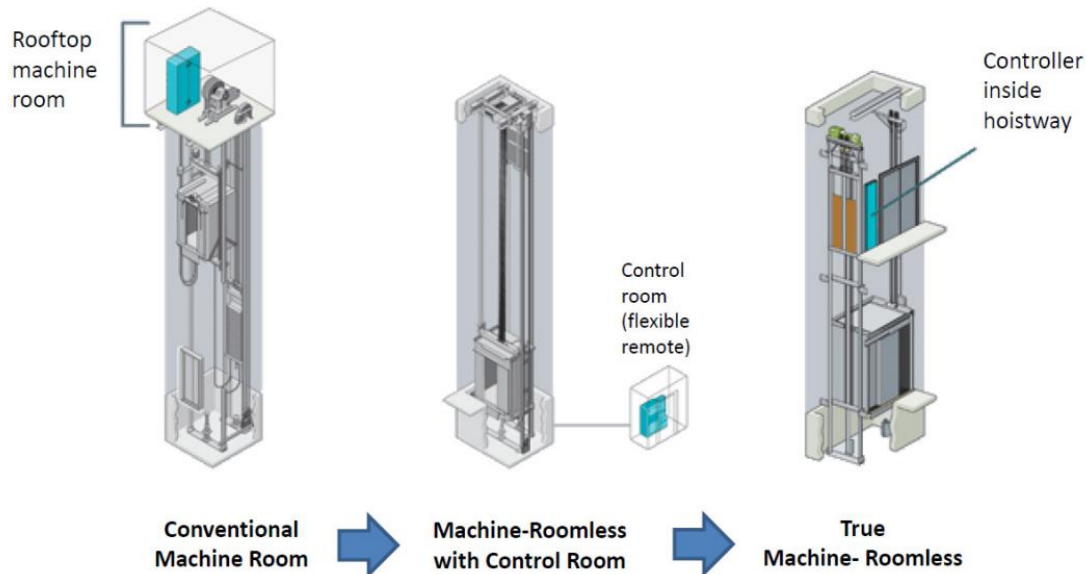
Εικόνα 5: Μηχανικός ανελκυστήρας *MR*

Παραπάνω, στην Εικόνα 5 παρατίθενται τα βασικά μέρη ενός ανελκυστήρα *MR*:

1: πίνακας ελέγχου, 2: κινητήρας, 3: τροχαλία, 4: αντίβαρο, 5: οδηγοί

Τα συρματόσχοινα είναι συνδεδεμένα με το σασί του ανελκυστήρα, και τυλίγονται σε μία τροχαλία με αυλακώσεις. Η τροχαλία είναι συνδεδεμένη με τον άξονα του κινητήρα και περιστρέφεται κινώντας το σασί του ανελκυστήρα. Η τροχαλία αυτή μπορεί να συνδέεται στον κινητήρα μέσω μειωτήρα μετασχηματίζοντας τις στροφές του κινητήρα σε άλλο πλήθος στροφών τροχαλίας, με το πηλίκο αυτών να ισούται με τη σχέση μετάδοσης του μειωτήρα.

Σε ανελκυστήρες με μηχανές χωρίς μειωτήρα, ο κινητήρας περιστρέφει την τροχαλία με σχέση μετάδοσης 1:1. Τα ίδια ισχύουν και για τους *MRL* ανελκυστήρες, με την τροχαλία, την μηχανή και τον μειωτήρα να τοποθετούνται εντός του φρεατίου αντί εντός μηχανοστασίου επάνω από το φρεάτιο του ανελκυστήρα.



Εικόνα 6: Εξέλιξη μηχανικών ανελκυστήρων

(αριστερά *MR*, μέσω *MRL* με τον πίνακα τοποθετημένο απομακρυσμένα και τη μηχανή στο φρεάτιο, δεξιά *MRL* με τον πίνακα τοποθετημένο στον ορθοστάτη της πόρτας και την μηχανή στο φρεάτιο) (Al-Kodmany, 2015)

Στα μέσα της δεκαετίας του 90' εισήχθησαν οι ανελκυστήρες χωρίς μηχανοστάσιο (*MRL*), εισαγωγή η οποία ήταν μία από τις μεγαλύτερες προόδους στον κλάδο των ανελκυστήρων. Στους *MRL* ανελκυστήρες, όλος ο κινητήριος εξοπλισμός εγκαθίσταται στο φρεάτιο επάνω από τον τελευταίο όροφο και στο χώρο που απομένει όταν ο θάλαμος βρεθεί στον τελευταίο όροφο. (Tetlow, 2007)

Η ανάγκη που καλύπτουν οι *MRL* ανελκυστήρες είναι ο διαρκώς μειούμενος χώρος που προσφέρεται στα νέα κτήρια για την εγκατάσταση των ανελκυστήρων, καθώς κατά μέσο όρο ένα μηχανοστάσιο απαιτεί χώρο από 10 έως 15 τετραγωνικά μέτρα, τα οποία εξοικονομούνται με την επιλογή *MRL* ανελκυστήρα. Βεβαίως, όσα αναφέρονται παραπάνω για τους *MR* ανελκυστήρες ισχύουν με αποτέλεσμα να υπάρχει περιορισμός στο ύψος των κτηρίων και επακόλουθα στο πλήθος των στάσεων που μπορούν να εξυπηρετηθούν από έναν *MRL* ανελκυστήρα.

Συνήθως, οι μηχανές που χρησιμοποιούνται στους *MRL* ανελκυστήρες δεν έχουν μειωτήρα και για το λόγο αυτό καλούνται *gearless* αν και η κατασκευή *MRL* ανελκυστήρα με μηχανή με μειωτήρα δεν είναι αδύνατη. Συνήθως οι χρησιμοποιούμενες μηχανές είναι σύγχρονες μόνιμης μαγνήτισης και οδηγούνται από μετατροπείς συχνότητας (*inverter*). Σπάνια πλέον συναντώνται μηχανικοί

ανελκυστήρες όπου δεν ενσωματώνεται σύστημα οδήγησης της μηχανής, οι παλαιότεροι δηλαδή μονοτάχυτοι ή διτάχυτοι ανελκυστήρες.

Η μηχανή, το inverter, η τροχαλία τριβής και άλλος εξοπλισμός απαραίτητος για την κίνηση τοποθετούνται στο ανώτερο τμήμα του φρεατίου σε οποιαδήποτε από τις πλευρές, συνηθέστερα σε μία από τις δύο πλάγιες πλευρές και σπανιότερα στην πίσω πλευρά του φρεατίου.

Σπανίως, οι μηχανές στους *MRL* ανελκυστήρες τοποθετούνται στο κατώτατο τμήμα του φρεατίου.

Επιπλέον, η οδήγηση των μηχανών με *inverter* αντικαθιστά την ανάγκη για τοποθέτηση μηχανής με μειωτήρα, καθώς η αυξομείωση της ροπής καθίσταται εφικτή μέσω ηλεκτρικού ελέγχου. Οι περιπτώσεις όπου συναντώνται *MRL* ανελκυστήρες με μηχανές με μειωτήρα είναι αυτές όπου καλούνται να ανυψώσουν μεγάλα βάρη, ενώ συχνά σε τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να καταστεί απαραίτητη η εγκατάσταση ανελκυστήρα *MR*.

Η εισαγωγή της οδήγησης προσφέρει αυξημένη ποιότητα κύλισης και μεγαλύτερες ταχύτητες, καθώς ο θάλαμος επιταχύνει και επιβραδύνει, καθώς γνωρίζει ανά πάσα στιγμή τη θέση του και μπορεί, εκ των προτέρων, μέσω ρύθμισης του ρεύματος, το οποίο διοχετεύεται στη μηχανή να επιβραδύνει ή να επιταχύνει ξεκινώντας από μία στάση ή απομακρυνόμενος από μία στάση.

Επιπλέον, οι *MRL* ανελκυστήρες αυξάνουν την αισθητική των κτηρίων, ειδικά όταν οι πίνακες ελέγχου ενσωματώνονται στους ορθοστάτες των πορτών, με αποτέλεσμα να μην είναι ορατό στους επιβάτες τίποτα παραπάνω από τον θάλαμο και τις πόρτες αυτού.

Έπειτα, οι *MRL* ανελκυστήρες είναι ενεργειακά πιο αποδοτικοί από τους *MR* ανελκυστήρες με μηχανές με μειωτήρα, με αναφορές της βιβλιογραφίας να προσδιορίζουν το όφελος στην ενεργειακή απόδοση στην τάξη του 30% έως 40% (Gifford, 2010), (Sachs, 2005).

Όταν ο θάλαμος ενός *MRL* ανελκυστήρα εκτελεί κάθοδο ή άνοδο με τα αντίβαρα να υπερτερούν του ωφέλιμου βάρους η μηχανή φρενάρει με αποτέλεσμα λόγω τριβής να αναπτύσσεται θερμότητα με τη μορφή ρεύματος. Τυπικά, το ρεύμα αυτό διοχετεύεται σε μία ή περισσότερες αντιστάσεις όπου καταναλώνεται ως θερμότητα.

Ωστόσο, οι *MRL* ανελκυστήρες μπορούν να γίνουν ακόμη πιο αποδοτικοί ενεργειακά όταν συνδυάζονται με διατάξεις αναγέννησης, αποθήκευσης και επαναχρησιμοποίησης της ενέργειας, οι οποίες στην αγγλική βιβλιογραφία αναφέρονται ως *regenerative devices*. Η χρήση αυτών των διατάξεων υποκαθιστά τη χρήση της προαναφερόμενης αντίστασης πέδησης. Οι διατάξεις αυτές συγκεντρώνουν το ρεύμα πέδησης, το μετατρέπουν σε DC ρεύμα, αποθηκεύουν την ενέργεια σε διατάξεις μπαταριών και το αποδίδουν εκ νέου στο AC κύκλωμα μέσω μετατροπέα όταν ζητηθεί ενέργεια. Η ενσωμάτωση τέτοιων διατάξεων μπορεί να οδηγήσει σε περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας έως και 30%. (De Almeida, et al., 2012)

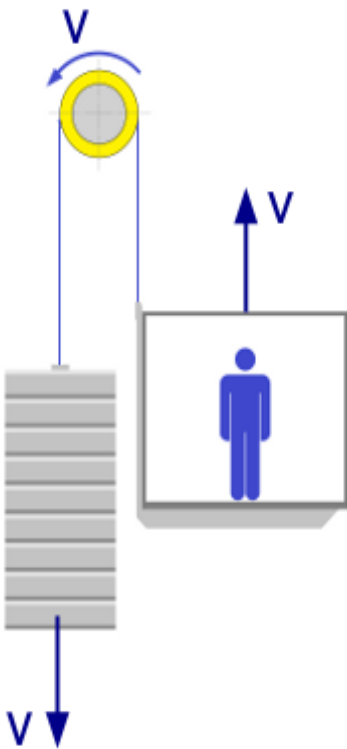
2.4. Γενική αρχή λειτουργίας μηχανικού ανελκυστήρα

Ο θάλαμος κινείται από μία μηχανή η οποία κινεί συρματόσχοινα. Τα συρματόσχοινα είτε τυλίγονται σε ένα τύμπανο με αυλακώσεις, το οποίο περιστρέφεται με ταχύτητα ίση με αυτή με την ταχύτητα περιστροφής της μηχανής, είτε σε μία τροχαλία τριβής, η οποία μπορεί να συνδέεται με τον άξονα της μηχανής, είτε απευθείας είτε μέσω

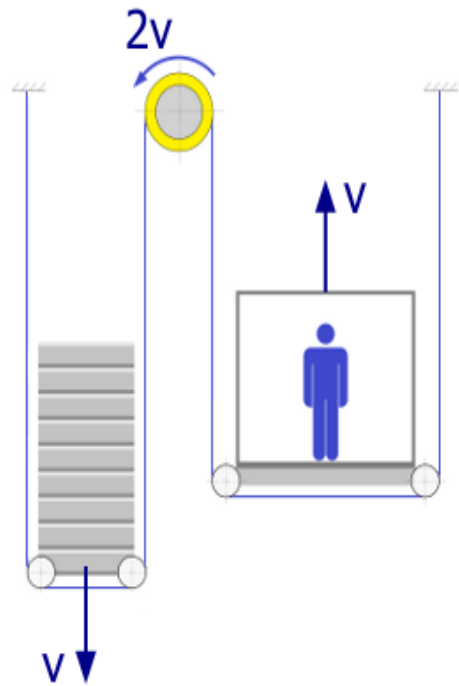
μειωτήρα. Στην πρώτη περίπτωση, η τροχαλία περιστρέφεται με ταχύτητα ίση με αυτή της μηχανής, ενώ στη δεύτερη περίπτωση, η τροχαλία περιστρέφεται με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή της μηχανής, με λόγο καλούμενο και ως σχέση μετάδοσης. Η πρώτη περίπτωση αναφέρεται σε ανελκυστήρες *gearless*, ενώ η δεύτερη αναφέρεται σε ανελκυστήρες *geared*, ενώ όπως προαναφέρεται, οι *MRL* ανελκυστήρες είναι συνηθέστερα *gearless*.

Στην περίπτωση ανελκυστήρων με τροχαλία τριβής, τα συρματόσχοινα τυλίγονται στην τροχαλία τριβής και η άκρη τους στερεώνεται σε αντίβαρα, τα οποία κινούνται κάθετα καθ' ύψος του φρεατίου. Ο σκοπός τοποθέτησης των αντιβάρων είναι η άσκηση δύναμης στο σασί του θαλάμου, καθώς αν απουσίαζαν τα αντίβαρα, το συρματόσχοινο θα ολίσθαινε στην τροχαλία τριβής.

Επιπλέον, με την προσθήκη δεύτερης τροχαλίας στο φρεάτιο μπορεί να αλλάξει η σχέση ανάρτησης του θαλάμου, με τη συνηθέστερη περίπτωση να είναι η ανάρτηση 2:1, όπου τα συρματόσχοινα τυλίγονται σε δύο τροχαλίες. Ανάλογα με τη σχέση ανάρτησης υπολογίζεται το βάρος των αντιβάρων. Στην περίπτωση ανάρτησης 1:1, τα αντίβαρα έχουν βάρος ίσο με το μικτό βάρος του θαλάμου, ενώ σε περίπτωση ανάρτησης 2:1, τα αντίβαρα έχουν βάρος ίσο με το ήμισυ του μικτού βάρους του θαλάμου.



Εικόνα 7: Ανάρτηση 1:1 (GMV, 2018)



Εικόνα 8: Ανάρτηση 2:1 (GMV, 2018)

Στο σασί του θαλάμου τοποθετούνται ολισθητήρες, στα πλαϊνά του πλαισίου ανάρτησης, οι οποίοι ολισθαίνουν εντός δύο οδηγών, οι οποίοι εγκαθίσταται στους δύο πλευρικούς τοίχους του φρεατίου, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η σταθερή κύλιση του θαλάμου. Σε περιπτώσεις ανελκυστήρων με μεγάλη ταχύτητα κίνησης, οι ολισθητήρες

αντικαθίστανται από ρόδες που εξασφαλίζουν την απαιτούμενη ποιότητα κύλισης παρά την μεγάλη ταχύτητα του ανελκυστήρα.

Για τον έλεγχο της κίνησης της μηχανής και ως εκ τούτου για τον έλεγχο της κίνησης του ανελκυστήρα, χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνολογίες ηλεκτρικού ελέγχου, όπως PLC, ηλεκτρονικοί ελεγκτές, ρελέ κ.ά..

Συνήθως, τα ηλεκτρονικά μέρη ενός ανελκυστήρα αποτελούνται από έναν πίνακα ισχύος, έναν πίνακα ελέγχου ή αυτοματισμού, τον μετατροπέα συχνότητας, όταν αυτός χρησιμοποιείται, τις κομβιοδόχους ορόφων και θαλάμου και τις καλωδιώσεις, ισχυρών και ασθενών ρευμάτων, για τη σύνδεση όλων των μερών τα οποία τροφοδοτούνται με ισχύ και/ή ελέγχονται ηλεκτρικά από τον πίνακα ελέγχου.

Πλέον, επικρατεί ο έλεγχος με χρήση ελεγκτών σε πλακέτες. Σε όλο το ύψος του φρεατίου, στο θάλαμο, στις πόρτες, στον πυθμένα και στο ανώτατο τμήμα του φρεατίου τοποθετούνται πολλά αισθητήρια τα οποία αποσκοπούν στην ανάγνωση της θέσης του θαλάμου του ανελκυστήρα σε πραγματικό χρόνο έτσι ώστε να ελέγχεται η ταχύτητά του, μέσα από τη ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής της μηχανής, για την οποία, όπως προαναφέρεται, συνήθως χρησιμοποιείται μετατροπέας συχνότητας (*inverter*).

Για την ανάγνωση της θέσης του θαλάμου χρησιμοποιούνται είτε μαγνητικοί διακόπτες οι οποίοι τοποθετούνται σε σταθερά σημεία στο φρεάτιο και επί του θαλάμου ώστε κάθε φορά που ο θάλαμος περνά από το σταθερό σημείο στήριξης του μαγνητικού διακόπτη να μεταδίδεται κατάλληλο σήμα στον πίνακα ελέγχου. Εναλλακτικά, η πιο συνηθισμένη μέθοδος για την ανάγνωση της θέσης του θαλάμου γίνεται με τη χρήση μαγνητικής ταινίας, η οποία εγκαθίσταται καθ' ύψος του φρεατίου και η οποία περνά μέσα από έναν αναγνώστη, ο οποίος στερεώνεται στο θάλαμο μεταδίδοντας διαρκώς σήμα στον πίνακα ελέγχου, ο οποίος, στην περίπτωση αυτή, μπορεί να επιτηρεί τη θέση του θαλάμου με ακρίβεια κάποιων δεκάδων χιλιοστών. Ανάλογα με τη μέθοδο που χρησιμοποιείται για την ανάγνωση της θέσης του θαλάμου καθορίζεται και περιορίζεται και η μέγιστη ταχύτητα ενός ανελκυστήρα.

Τα υπόλοιπα αισθητήρια, τα οποία εγκαθίστανται, χρησιμοποιούνται για το άνοιγμα και το κλείσιμο των πορτών του ανελκυστήρα όταν αυτός φτάνει σε μία στάση ή αντίστροφα ξεκινά να κινείται από μία στάση προς κάποια άλλη στάση. Επιπλέον, αισθητήρια τοποθετούνται στα συρματόσχοινα για την επιτήρηση της ταχύτητας με την οποία κινείται ο θάλαμος και ειδικά για λόγους ασφαλείας, έτσι ώστε, όταν ο θάλαμος επιταχύνει ανεξέλεγκτα να διακόπτεται η κίνησή του με χρήση μηχανικής αρπάγης, η οποία μπλοκάρει την ανεξέλεγκτη κίνηση του θαλάμου.

Επιπλέον, στον πυθμένα και στην οροφή του θαλάμου, τοποθετούνται χειριστήρια, τα οποία αποσκοπούν στη χρήση του ανελκυστήρα από τον συντηρητή, καθώς και διατάξεις ασφαλείας, όπως κάγκελα, για την αποτροπή πτώσης στο φρεάτιο, όταν η απόσταση του θαλάμου από τον τοίχο του φρεατίου είναι μεγάλη, όπως κοιλοδοκοί για την αποτροπή σύνθλιψης του συντηρητή, σε περίπτωση ανεξέλεγκτης κίνησης του θαλάμου κ.α..

2.5. Εφαρμογές Ανελκυστήρων

Εντοπίζονται διάφοροι τύποι ανελκυστήρων, ανάλογα με την εφαρμογή την οποία βρίσκουν. Επιγραμματικά εντοπίζονται οι παρακάτω τύποι ανελκυστήρων:

- Επιβατικοί ανελκυστήρες

- Ανελκυστήρες φορτίων
- Ανελκυστήρες πλοίων
- Επικλινείς ανελκυστήρες
- Ανελκυστήρες μεταφοράς μικρών φορτίων (υπηρέτες) ή *dumbwaiters*
- Ανελκυστήρες αυτοκινήτων
- Ανελκυστήρες υψηλών ταχυτήτων (2-10m/s)

2.6. Πρότυπα ανελκυστήρων

Για τη θέση των ανελκυστήρων σε λειτουργία αυτοί ελέγχονται από τους κατά τόπους φορείς πιστοποίησης, έτσι ώστε, πρωτίστως, να βεβαιώνεται η ασφαλής λειτουργία τους και, επιπλέον, να πιστοποιείται ότι πληρούν τις απαιτήσεις των διεθνών προτύπων τα οποία διέπουν τη μελέτη, κατασκευή και εγκατάσταση των ανελκυστήρων. Τα παρακάτω πρότυπα δεν είναι υποχρεωτικά από σκοπού, αλλά σε κάθε χώρα ορίζονται οι απαιτήσεις από τον κάθε εθνικό φορέα πιστοποίησης έτσι ώστε να λειτουργεί κάθε ανελκυστήρας.

Στην παράγραφο αυτή αναφέρονται συνοπτικά τα πιο διαδεδομένα πρότυπα τα οποία ορίζουν τις απαιτήσεις για ανελκυστήρες:

- EN81.1 και EN81.2

Τα πρότυπα αυτά ορίζουν τις βασικές απαιτήσεις ασφαλείας για τους ανελκυστήρες, με το EN81.1 να αφορά στους μηχανικούς ανελκυστήρες, είτε τριβής είτε τυμπάνου, και το EN81.2 τους υδραυλικούς ανελκυστήρες.

- EN81.20

Ορίζει τις απαιτήσεις για τον έλεγχο των ανεξέλεγκτων κινήσεων των ανελκυστήρων και γενικώς για την αποφυγή καταστάσεων οι οποίες μπορούν να δημιουργήσουν κίνδυνο για τους επιβάτες και τους συντηρητές.

- EN81.21

Ορίζει τις απαιτήσεις για την προστασία των συντηρητών και των επιβατών σε ανελκυστήρες όπου το βάθος του πυθμένα και το ύψος του τελευταίου ορόφου είναι μικρά, σε βαθμό που να δημιουργείται κίνδυνος για την ασφάλεια των συντηρητών και των επιβατών.

- EN81.70

Ορίζει τις απαιτήσεις για τη διευκόλυνση της πρόσβασης και χρήσης των ανελκυστήρων από επιβάτες με ειδικές ανάγκες. Πιο συγκεκριμένα, θέτει μέτρα για τη διευκόλυνση της καταχώρησης κλήσεων, της αναγνώρισης της θέσης στην οποία βρίσκεται ο θάλαμος, τον απεγκλωβισμό κ.ά..

- EN81.72

Ορίζει τις απαιτήσεις για ανελκυστήρες οι οποίοι προορίζονται να χρησιμοποιηθούν για την κατάσβεση πυρκαγιάς στο κτήριο όπου εγκαθίστανται οι ανελκυστήρες.

•EN81.73

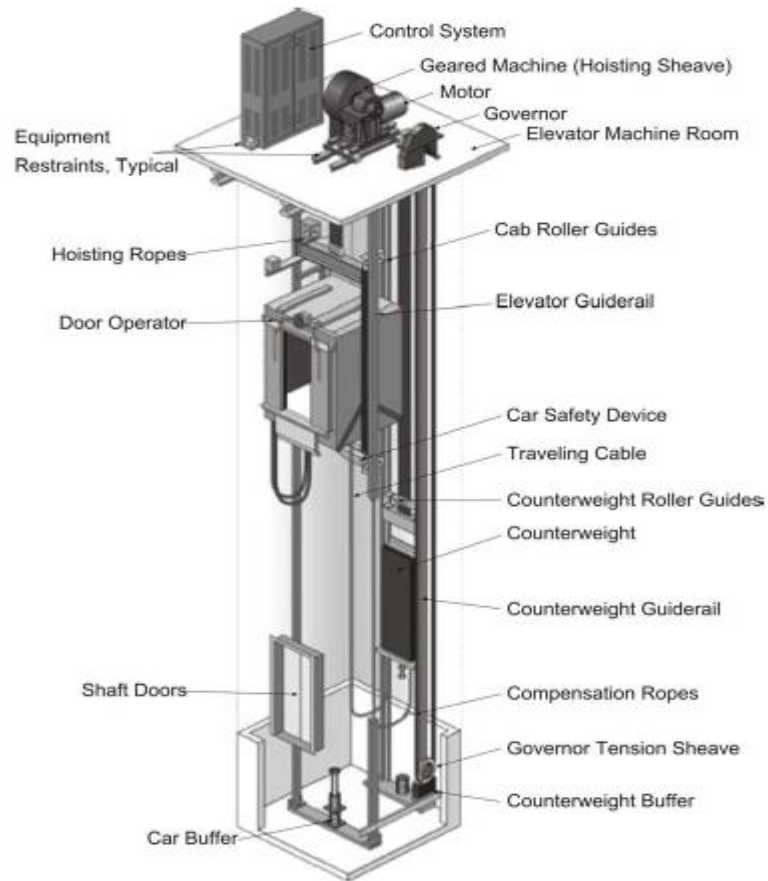
Ορίζει τις απαιτήσεις για τον απεγκλωβισμό των επιβατών σε περίπτωση φωτιάς ή για τον έλεγχο του ανελκυστήρα για την εκκένωση του κτηρίου από κάποιον αρμόδιο σε περίπτωση φωτιάς.

Στην Ελλάδα, τα παραπάνω πρότυπα έχουν μεταφραστεί και προσαρμοστεί από τον ΕΛΟΤ, ο οποίος είναι ο υπεύθυνος φορέας για την εφαρμογή τους.

3.Δομή ανελκυστήρων

Σε αυτό το κεφάλαιο, παρουσιάζονται και αναλύονται συνοπτικά τα επιμέρους μέρη από τα οποία αποτελείται ένας ανελκυστήρας, όπως αυτά προκύπτουν από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και από τεχνικά εγχειρίδια και κανονισμούς. Αρχικά, αναφέρονται τα μέρη εκείνα τα οποία συναντώνται τόσο μηχανικούς όσο και σε υδραυλικούς ανελκυστήρες και, στο τέλος του κεφαλαίου, αναφέρονται τα μέρη εκείνα τα οποία διαφέρουν μεταξύ υδραυλικών και μηχανικών ανελκυστήρων. Σκοπός του κεφαλαίου αυτού είναι να αναδειχθούν τα μέρη εκείνα του ανελκυστήρα τα οποία πρέπει να ελέγχονται ηλεκτρικά, καθώς και να εμπεδωθεί ο τρόπος λειτουργίας τους.

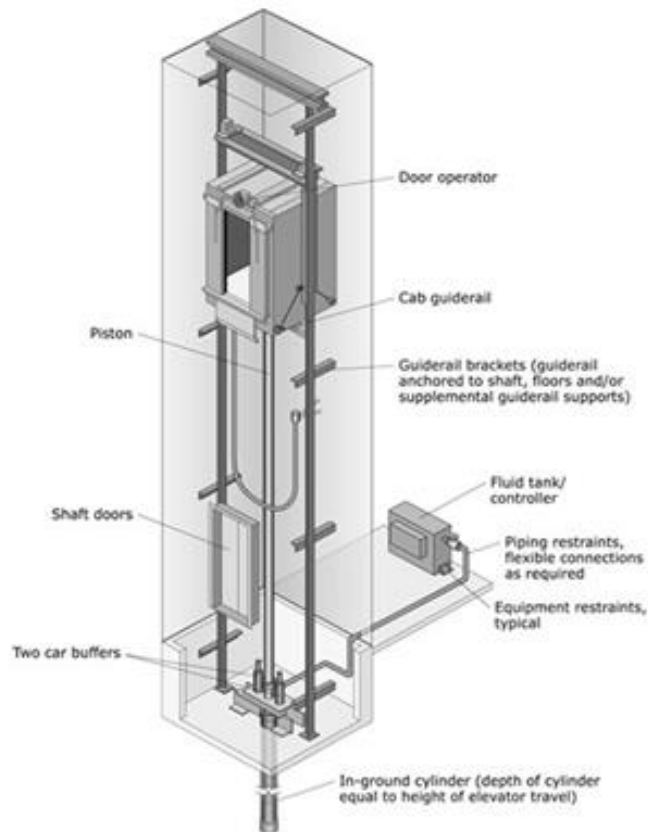
Παρακάτω, στην Εικόνα 9, παρατίθενται τα υποσυστήματα ενός MR ανελκυστήρα. Τα υποσυστήματα τα οποία βρίσκονται εντός του φρεατίου είναι κοινά για MR και MRL ανελκυστήρες, με τις διαφορές να έχουν ήδη συζητηθεί παραπάνω.



Εικόνα 9: Επισκόπηση μερών μηχανικού ανελκυστήρα με μηχανοστάσιο

Τα υποσυστήματα ή επιμέρους μέρη του ανελκυστήρα χωρίζονται σε μηχανικά και ηλεκτρικά, με τα ηλεκτρικά να συμπεριλαμβάνουν και όλα τα ηλεκτρονικά μέρη για τον έλεγχο, την επιτήρηση, την οδήγηση και εν γένει τη δημιουργία των απαραίτητων συνθηκών ασφαλούς λειτουργίας του ανελκυστήρα.

Παραπάνω, στην Εικόνα 9, παρατίθενται συνοπτικά τα επιμέρους μέρη ενός μηχανικού ανελκυστήρα MR. Ο σκοπός της συνοπτικής παρουσίασης είναι η εισαγωγή στα επιμέρους μέρη των ανελκυστήρων καθώς και η αντιπαραβολή με τα μέρη των υδραυλικών ανελκυστήρων, τα οποία ακολουθούν.



Εικόνα 10: Επισκόπηση μερών υδραυλικού ανελκυστήρα

Αντίστοιχα, παραπάνω, στην Εικόνα 10, παρατίθενται τα μέρη τα οποία συνθέτουν έναν υδραυλικό ανελκυστήρα. Γίνεται εύκολα κατανοητό πως τα μέρη τα οποία διαφέρουν μεταξύ μηχανικών και υδραυλικών ανελκυστήρων είναι εκείνα που αφορούν στην κίνηση, με τους μηχανικούς ανελκυστήρες να κινούνται μέσω ηλεκτρικού κινητήρα και τους υδραυλικούς να κινούνται μέσω αντλίας λαδιού. Κάνοντας την αντιπαραβολή των δύο παραπάνω εικόνων, παρατηρείται και διαφορά στον τρόπο μετάδοσης της κίνησης στο πλαίσιο ανάρτησης, όπου στον μηχανικό ανελκυστήρα, το πλαίσιο ανάρτησης κινείται μέσω συρματόσχοινων και αντιβάρων, ενώ στον υδραυλικό το πλαίσιο ανάρτησης κινείται μέσα από την ανύψωση ενός εμβόλου. Εντούτοις, σε υδραυλικούς ανελκυστήρες μπορεί να συναντώνται και αναρτήσεις με συρματόσχοινα και αντίβαρα, ιδίως σε περιπτώσεις όπου το αναρτώμενο φορτίο είναι μεγάλο.

Άλλα μέρη, όπως το φρεάτιο, οι οδηγοί, ο θάλαμος, οι πόρτες θαλάμου και ορόφου και ο πίνακας ελέγχου με τον λοιπό ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό, όπως και οι διατάξεις ασφαλείας, είναι κοινά μεταξύ υδραυλικών και μηχανικών ανελκυστήρων.

3.1. Κοινά μέρη υδραυλικών και μηχανικών ανελκυστήρων

Αρχικά, παρουσιάζονται τα μέρη των ανελκυστήρων τα οποία είναι κοινά μεταξύ υδραυλικών και μηχανικών ανελκυστήρων.

3.1.1.Φρεάτιο

Το φρεάτιο αποτελεί τον χώρο εγκατάστασης του ανελκυστήρα MRL, στο οποίο τοποθετούνται οι οδηγοί, το πλαίσιο ανάρτησης, η μηχανή, τυχόν υποπίνακες ελέγχου, inverter, συρματόσχοινα, μηχανολογικός εξοπλισμός για την ασφάλεια των επιβατών και του συντηρητή κ.ά..

Το φρεάτιο συνήθως κατασκευάζεται από οπλισμένο σκυρόδεμα, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η μηχανική του αντοχή αλλά να έχει και αντοχή σε περιπτώσεις πυρκαγιάς, και διαθέτει οροφή και δάπεδο στον πυθμένα του. Εναλλακτικά, τα φρεάτια μπορεί να είναι γυάλινα ή μεταλλικά, ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες κάθε εγκατάστασης. Στους δύο πλαϊνούς τοίχους του φρεατίου, εγκαθίστανται οι οδηγοί του ανελκυστήρα επί των οποίων ολισθαίνει το πλαίσιο ανάρτησης, τόσο για την εξασφάλιση της ομαλής κύλισης, άρα και της άνεσης των επιβατών, όσο και για την μείωση των κραδασμών, οι οποίοι μπορεί να μεταφέρονται στο κτήριο κατά την κίνηση του ανελκυστήρα.

Ειδικά στους ανελκυστήρες MRL τριβής, όπως αναφέρεται παραπάνω, εντός του φρεατίου τοποθετείται ο κινητήριος μηχανισμός και τυχόν υποπίνακες ελέγχου και οδήγησης (inverter), ενώ ο κύριος πίνακας ισχύος τοποθετείται σε σημείο του κτηρίου το οποίο είναι προσβάσιμο, έτσι ώστε ο συντηρητής να μπορεί να θέσει τον ανελκυστήρα εκτός λειτουργίας προτού εισέλθει στο φρεάτιο, αλλά και έτσι ώστε να είναι εφικτή η συντήρηση και ο έλεγχος της καλής λειτουργίας του ανελκυστήρα χωρίς την είσοδο του συντηρητή στο φρεάτιο.



Εικόνα 11: Άποψη φρεατίου ανελκυστήρα τριβής χωρίς μηχανοστάσιο

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στον κεντρικό πίνακα ισχύος τοποθετούνται χειριστήρια τόσο του ελεγκτή του ανελκυστήρα όσο και του inverter, ώστε ο συντηρητής να μπορεί να μετακινήσει τον ανελκυστήρα στην επιθυμητή στάση και να τον θέσει εκτός λειτουργίας ή σε κατάσταση συντήρησης.

Επανερχόμενοι στα φρεάτια, διακρίνονται τρία χαρακτηριστικά μεγέθη τα οποία επηρεάζουν σημαντικά τη διαδικασία μελέτης του ανελκυστήρα:

- διαδρομή θαλάμου
- κάτω απόληξη και βάθος πυθμένα
- άνω απόληξη και ύψος τελευταίου ορόφου

Δεδομένου ότι, η συντήρηση των ανελκυστήρων εκτελείται είτε από τον πυθμένα είτε από την οροφή του θαλάμου, τόσο στον πυθμένα όσο και στην οροφή του θαλάμου και στην οροφή του φρεατίου τοποθετείται εξοπλισμός ο οποίος αφενός επιτρέπει την εκτέλεση της συντήρησης, όπως χειριστήρια, σκάλες, ρευματοδότες, φωτισμός, όσο και εξοπλισμός ο οποίος αποτρέπει την ανεξέλεγκτη κίνηση του ανελκυστήρα και τον τραυματισμό του συντηρητή, όπως τερματικοί διακόπτες, δοκοί, κάγκελα κ.α..

Επιπλέον, βάσει προτύπου (EN81.2 και EN81.20) τα φρεάτια φωτίζονται κατά ύψος, στον πυθμένα και στο χώρο που δημιουργείται όταν ο θάλαμος βρίσκεται στον τελευταίο όροφο μεταξύ οροφής θαλάμου και οροφής φρεατίου, με τον φωτισμό να είναι ανεξάρτητος από την ηλεκτρική παροχή του ανελκυστήρα έτσι ώστε το φρεάτιο να παραμένει φωτισμένο ακόμη και όταν ο ανελκυστήρας τίθεται εκτός λειτουργίας και εκτός παροχής.

Επιπλέον, το πλαίσιο ανάρτησης αναρτάται με συρματόσχοινα, τα οποία συνδέονται στην τροχαλία τριβής του ανελκυστήρα, η οποία βρίσκεται κοντά στην οροφή του φρεατίου και η οποία συνδέεται με την μηχανή του ανελκυστήρα.

Η ταχύτητα και η τάνυση των συρματόσχοινων επιτηρούνται και εξασφαλίζονται μέσα από τον περιοριστή ταχύτητας ή ρεγυλατόρο, ο οποίος τοποθετείται στην άνω απόληξη του φρεατίου. Στους σύγχρονους ανελκυστήρες, η τάνυση των συρματόσχοινων και η ταχύτητα του θαλάμου επιτηρούνται ηλεκτρικά.

Ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο εκτελείται η οροφοδιαλογή, τοποθετούνται κατά ύψος του φρεατίου αισθητήρια οροφοδιαλογής, όπως μαγνήτες, οι οποίοι ενεργοποιούνται και μεταφέρουν σήμα στον πίνακα ελέγχου όταν περάσει από αυτούς ο θάλαμος, στον οποίο τοποθετείται το δεύτερο μέρος του μαγνήτη. Εναλλακτικά μπορεί να τοποθετηθεί στον πυθμένα του φρεατίου μαγνητική ταινία οροφοδιαλογής, με το άλλο άκρο της να στερεώνεται στην οροφή του φρεατίου, και η οποία περνά μέσα από αναγνώστη ο οποίος τοποθετείται στο πλαϊνό μέρος του θαλάμου για την ανάγνωση της θέσης του θαλάμου με μεγαλύτερη ακρίβεια από ότι προσφέρουν οι μαγνήτες οροφοδιαλογής οι οποίοι αναφέρονται παραπάνω.

Τα φρεάτια, εκτός από τα ανοίγματα για τις πόρτες ορόφου, μπορούν να διαθέτουν ενδιάμεσα ανοίγματα, σε περίπτωση όπου δύο ή περισσότεροι ανελκυστήρες λειτουργούν ταυτόχρονα στο ίδιο κτήριο.

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του φρεατίου τα οποία λαμβάνονται υπόψη κατά την εκπόνηση της μελέτης του ανελκυστήρα είναι τα παρακάτω:

- βάθος φρεατίου
- πλάτος φρεατίου
- βάθος κάτω απόληξης
- ύψος άνω απόληξης
- ύψος φρεατίου

3.1.2.Οδηγοί

Οι οδηγοί αποτελούνται από χαλύβδινες κοιλοδοκούς τύπου T, με την πλατύτερη πλευρά τους να στερεώνεται στον τοίχο του φρεατίου. Επί των οδηγών τοποθετούνται ολισθητήρες, οι οποίοι κινούνται κατά μήκος της διαδρομής του θαλάμου καθώς κινείται και εξασφαλίζουν ότι η πλευρική κίνησή του είναι η κατά το δυνατόν ελάχιστη, ώστε να εξασφαλίζεται υψηλή ποιότητα κύλισης και μειωμένος θόρυβος τόσο στον θάλαμο όσο και στο κτήριο. Χωρίς τους οδηγούς, ο θάλαμος θα κινούνταν ανεξέλεγκτα κατά πλάτος, χτυπώντας στους τοίχους του φρεατίου.

Οι οδηγοί εγκαθίστανται στους κάθετους άξονες, οι οποίοι συμπίπτουν με το κέντρο βάρους του συνόλου θαλάμου και αντιβάρου. Η δε απόσταση των οδηγών από τον τοίχο του φρεατίου είναι ελάχιστη, περί τα 15mm, ενώ η απόσταση του θαλάμου από τη μύτη των οδηγών μπορεί να φτάνει στα 5mm, ανάλογα με τον τύπο και τις διαστάσεις των χρησιμοποιούμενων ολισθητήρων (Γκολώνης & Ζωγόπουλος, 2014).

3.1.3.Θάλαμος

Στην παράγραφο 2.9 αναφέρθηκε εκτενώς το πλαίσιο ανάρτησης του ανελκυστήρα. Επί του πλαισίου ανάρτησης στερεώνεται ο θάλαμος ο οποίος χρησιμοποιείται για την μεταφορά των επιβατών. Ο θάλαμος αποτελείται από το πάτωμα, τους πλευρικούς τοίχους, την πόρτα θαλάμου και την οροφή του θαλάμου.



Εικόνα 12: Θάλαμος S500 Mitsubishi (Mitsubishi Electric Corporation, 2019)

Ανάλογα με το υπολογιζόμενο ωφέλιμο βάρος του θαλάμου σχεδιάζεται η ωφέλιμή του επιφάνεια, όπως αυτή ορίζεται σε απόσταση ενός μέτρου από το πάτωμα του θαλάμου. Στον θάλαμο τοποθετούνται η κομβιοδόχος θαλάμου για την καταχώρηση των κλήσεων θαλάμου, χειρολαβές, φωτισμός, κ.ά., σύμφωνα με τα πρότυπα βάσει των οποίων σχεδιάζεται ο εκάστοτε ανελκυστήρας.

Άλλα σημαντικά μέρη του θαλάμου, πλην της καμπίνας, είναι:

- το αντίβαρο του θαλάμου, το οποίο αναφέρεται αναλυτικά σε επόμενη παράγραφο

- ο σταθμός συντήρησης στην οροφή του θαλάμου, όπου τοποθετούνται χειριστήρια συντήρησης κ.ά.

3.1.4. Πόρτες

Διακρίνονται σε πόρτες θαλάμου και πόρτες ορόφου. Για κάθε άνοιγμα του φρεατίου τοποθετείται μία πόρτα θαλάμου, με συνηθέστερες περιπτώσεις τους θαλάμους με ένα άνοιγμα και τους διαμπερείς θαλάμους. Επιπλέον, σε κάθε όροφο όπου κάνει στάση ο ανελκυστήρας, τοποθετείται μία πόρτα ορόφου. Παρακάτω τα επιμέρους μέρη των πορτών:

- οδηγίο πόρτας θαλάμου, εντός των οποίων κινείται το κάτω μέρος της πόρτας για να περιορίζεται η κατά πλάτος κίνησή της και να μην δημιουργούνται έντονοι κραδασμοί κατά το άνοιγμα και κατά το κλείσιμο της πόρτας.
- αγκίστρωση πόρτας θαλάμου, η οποία τοποθετείται στο άνω μέρος της πόρτας θαλάμου για να περιορίζεται η κατά πλάτος κίνησή της και να μην δημιουργούνται έντονοι κραδασμοί κατά το άνοιγμα και κατά το κλείσιμο της πόρτας.
- κλειδαριές και μηχανισμοί συνεργασίας με τις πόρτες ορόφου, οι οποίες χρησιμοποιούνται αφενός για την ελευθέρωση των πορτών μόνον όταν ο θάλαμος βρίσκεται στο ύψος μιας στάσης, καθώς και για να ελευθερώνουν ή να σπρώχνουν τις πόρτες ορόφου, με το δεύτερο να βρίσκει εφαρμογή σε ημιαυτόματες πόρτες, οι οποίες δεν διαθέτουν δικό τους κινητήρα
- φύλλα πορτών, από τα οποία κατασκευάζεται η πόρτα και κλείνει το άνοιγμα του θαλάμου προς το φρεάτιο.
- κατώφλι πόρτας (sill), το οποίο τοποθετείται στο άκρο του δαπέδου του θαλάμου και στο οποίο τοποθετούνται οι οδηγίοι ολίσθησης των πορτών.

3.1.5. Πίνακας ελέγχου, ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά μέρη

Η κίνηση του ανελκυστήρα καθώς και συνολικά ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί ελέγχεται από έναν πίνακα ελέγχου, ο οποίος με τη σειρά του μπορεί να αποτελείται από διατάξεις ρελέ, PLC ή ηλεκτρονικές πλακέτες. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστο ανελκυστήρες με τον πίνακα ελέγχου τους να αποτελείται από πλακέτες, για λόγους κόστους, εργονομίας, επεκτασιμότητας κ.ο.κ..

Ο πίνακας ελέγχου μπορεί να εγκαθίσταται είτε σε κάποιον χώρο μηχανοστασίου είτε σε θέση όπου να εφάπτεται με το φρεάτιο. Συνήθως, σε έναν ανελκυστήρα υπάρχει ένας πίνακας ισχύος και ένας πίνακας ελέγχου, με τον πίνακα ισχύος να τροφοδοτεί τόσο τον πίνακα ελέγχου όσο και όλα τα υπόλοιπα μέρη τα οποία απαιτούν ηλεκτρική ισχύ. Στον πίνακα ελέγχου συνδέονται όλα τα μέρη του ανελκυστήρα τα οποία ελέγχονται και επιτηρούνται ηλεκτρικά, ενώ συχνά οι δύο παραπάνω πίνακες μπορεί να τοποθετούνται σε έναν κοινό μεγαλύτερο, γεωμετρικά, πίνακα.

Έπειτα, αν ο κινητήρας ή η αντλία λαδιού του μηχανικού ή υδραυλικού αντίστοιχα ανελκυστήρα ελέγχεται από μετατροπέα συχνότητας, τότε συναντάται ένας ακόμη πίνακας, στον οποίο εγκαθίσταται ο μετατροπέας συχνότητας ή τυχόν άλλη διάταξη

εκκίνησης και ελέγχου του κινητήριου μέσου. Ομοίως, ο πίνακας αυτός μπορεί να τοποθετείται ενιαία μαζί με τους προηγούμενους δύο πίνακες κατά περίπτωση.

Συνήθως οι πίνακες ενός ανελκυστήρα τοποθετούνται στη στάση και στο σημείο το οποίο είναι πλησιέστερο στο κινητήριο μέσο, προκειμένου να μειώνονται οι οδεύσεις καλωδίων ισχύος και ελέγχου, για λόγους οικονομίας, εργονομίας. Επίσης, η επιλογή αυτή αυξάνει την αξιοπιστία και μειώνει την πτώση τάσης κατά μήκος της γραμμής.

Επιπλέον, σημαντικός είναι ο έλεγχος των ασφαλιστικών διατάξεων των ανελκυστήρων, οι οποίες πρέπει να ενσωματώνονται ανάλογα με τα διεθνή πρότυπα τα οποία πληροί κάθε ανελκυστήρας. Οι ασφαλιστικές διατάξεις εξασφαλίζουν ότι ο ανελκυστήρας παραμένει σε κίνηση μόνον όταν αυτό είναι ασφαλές, προκειμένου να μη δημιουργούνται επικίνδυνες για τον χρήστη ή και για τον εγκαταστάτη καταστάσεις. Ενδεικτικά, ασφαλιστικές διατάξεις εντοπίζονται:

- στις πόρτες θαλάμου και ορόφου, όπου, ενόσω οι πόρτες είναι ανοιχτές, δεν επιτρέπεται η κίνηση του ανελκυστήρα, στις διατάξεις προστασίας του συντηρητή στον τυθμένα
- στην οροφή του θαλάμου, όπου ενόσω οι διατάξεις αυτές βρίσκονται σε θέση «συντήρηση» δεν επιτρέπεται η κίνηση του ανελκυστήρα, στους ρεγουλατόρους, στις αρπάγες, στα φρένα, στα κυκλώματα θερμικής προστασίας των κινητήριων μέσων κ.ο.κ..

Οι ασφαλιστικές διατάξεις συνδέονται σε ομάδες επιμέρους διατάξεων σε σειρά, προκειμένου να μην επιτρέπεται η κίνηση του ανελκυστήρα αν οποιαδήποτε ασφαλιστική διάταξη είναι ανοιχτή και αποτελούν ξεχωριστό μέρος του προγραμματισμού, που πραγματοποιείται σε επόμενο κεφάλαιο, καθώς είναι μείζονος σημασίας για την ορθή λειτουργία των ανελκυστήρων.

Τέλος, στον ηλεκτρονικό εξοπλισμό συμπεριλαμβάνονται οι κομβιοδίοχοι ορόφου και θαλάμου για την καταχώρηση των κλήσεων ορόφου και θαλάμου καθώς και τυχόν οθόνες για την αναπαραγωγή του ορόφου στον οποίο βρίσκεται ο θάλαμος αλλά και την κατεύθυνση στην οποία κινείται.

3.2. Μέρη μηχανικών ανελκυστήρων

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα μέρη από τα οποία αποτελούνται οι μηχανικοί ανελκυστήρες.

3.2.1.Μηχανή

Αποτελεί τον κινητήριο μηχανισμό του ανελκυστήρα. Ειδικά στους MRL ανελκυστήρες, είναι ασύγχρονος επαγωγικός κινητήρας και οδηγείται είτε από μετατροπέα συχνότητας, είτε από διάταξη εκκίνησης αστέρα - τριγώνου, ειδικά για κινητήρες μικρής ισχύος (<9kW).

Η μηχανή τοποθετείται σε ειδικές κοιλοδοκούς στην άνω απόληξη ενός ανελκυστήρα τριβής χωρίς μηχανοστάσιο, όπως φαίνεται στις παρακάτω δύο εικόνες:



Εικόνα 13: Ανάρτηση μηχανής στην άνω απόληξη και τροχαλία τριβής απέναντι από τη μηχανή (Kleemannlifts, 2020)



Εικόνα 14: Ανάρτηση μηχανής στην άνω απόληξη και τροχαλία τριβής δίπλα στη μηχανή (προβολικό σασί) (Kleemannlifts, 2020)

3.2.2.Φρένα

Τα φρένα εγκαθίστανται για την πέδηση και ακινητοποίηση του θαλάμου όταν αυτός φτάνει σε μία στάση ή όταν πλησιάζει σε μία στάση, ενώ στους ανελκυστήρες τριβής χωρίς μηχανοστάσιο με οδήγηση με μετατροπέα συχνότητας, στην πέδηση συνεισφέρει και ο μετατροπέας συχνότητας, ο οποίος επιβραδύνει τον ανελκυστήρα μειώνοντας το ρεύμα του κινητήρα καθώς αυτό πλησιάζει σε μία στάση.

Τα φρένα είναι συνήθως συνδυασμός μηχανικών και ηλεκτρικών, με τα μηχανικά φρένα να αποτελούνται από ένα τύμπανο, το οποίο εγκαθίσταται παράλληλα με τον άξονα της μηχανής και επενεργεί σε αυτόν για να επιβραδύνει την ταχύτητά του. Επιπλέον, για την επιβράδυνση του τυμπάνου του φρένου, χρησιμοποιείται ένα

παπούτσι, το οποίο,, όταν το φρένο δεν ενεργεί, βρίσκεται σε απόσταση από το τύμπανο, και, όταν το φρένο ενεργοποιείται, το παπούτσι πλησιάζει και ασκεί πίεση στο τύμπανο του φρένου.

3.2.3.Τροχαλία τριβής

Η τροχαλία τριβής, η οποία απεικονίζεται και στις δύο παραπάνω εικόνες, χρησιμοποιείται για την κύλιση των συρματόσχοινων και αποτελείται από δύο τροχαλίες, οι οποίες τοποθετούνται σε έναν άξονα και στερεώνονται στην άνω απόληξη του φρεατίου, είτε δίπλα στη μηχανή είτε απέναντι από τη μηχανή. Στις περιπτώσεις όπου η ανάρτηση είναι 2:1, μία επιπλέον τροχαλία τριβής τοποθετείται στο άνω σημείο του πλαισίου ανάρτησης, έτσι ώστε να μειώνει κατά το ήμισυ το απαιτούμενο έργο του κινητήρα.

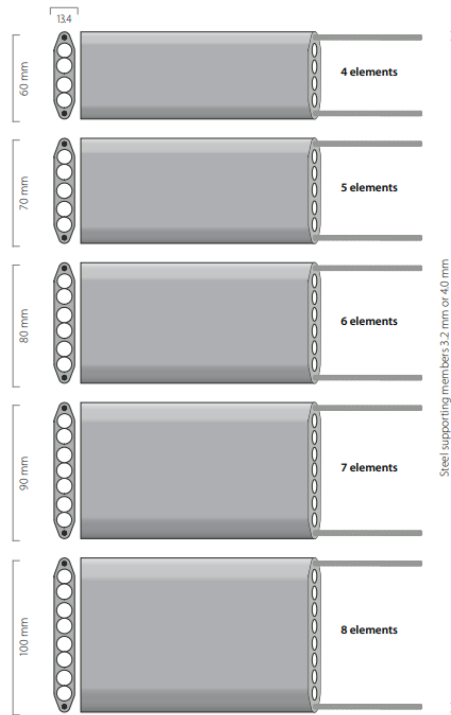
Η επιφάνεια των τροχαλιών τριβής επί της οποίας ολισθαίνουν τα συρματόσχοινα λιπαίνεται αυτόματα για να εξασφαλίζεται η ποιοτική κύλιση του ανελκυστήρα χωρίς να απαιτείται ιδιαίτερα επεμβατική συντήρηση. Ανάλογα με τη διάμετρο των συρματόσχοινων αυξομειώνεται και η διάμετρος της τροχαλίας τριβής και επακόλουθα αυξάνεται και το βάρος της ώστε να μπορεί να υποστηρίξει το βάρος των συρματόσχοινων.

3.2.4.Συρματόσχοινα

Τα συρματόσχοινα χρησιμοποιούνται για την ανάρτηση του πλαισίου ανάρτησης και των αντιβάρων ανάλογα με τον τρόπο ανάρτησης. Ανάλογα με τα στοιχεία του ανελκυστήρα επιλέγεται το πλήθος και η διάμετρος των συρματόσχοινων.

Ανάλογα με τη διάμετρο και το πλήθος των συρματόσχοινων επιτυγχάνεται το επιθυμητό όριο θραύσης και η ανοχή των συρματόσχοινων, ανάλογα με το αναρτώμενο βάρος.

Συνήθως, εγκαθίστανται τέσσερα έως έξι συρματόσχοινα, τα οποία στερεώνονται στο πλαίσιο ανάρτησης προκειμένου για άμεση ανάρτηση 1:1 ή τυλίγονται σε μία δεύτερη τροχαλία τριβής προκειμένου για άμεση ή έμμεση ανάρτηση 2:1. Συνήθως, εγκαθίστανται τέσσερα έως οκτώ συρματόσχοινα:



Εικόνα 15: Συνολική διατομή συρματόσχοινων ανάλογα με το πλήθος τους

(Datwyler, 2013)

Τέλος, όπως προαναφέρεται στο κεφάλαιο δύο, σε περιπτώσεις κτηρίων με πολύ μεγάλο ύψος, αλλά και κατά περίπτωση σε κτήρια μικρού και μέσου ύψους, δεν χρησιμοποιούνται συρματόσχοινα, αλλά ιμάντες ανάρτησης, καθώς όσο αυξάνει η διαδρομή θαλάμου, αυξάνεται το βάρος των συρματόσχοινων θέτοντας περιορισμό στις κατασκευαστικές δυνατότητες των ανελκυστήρων. Οι ιμάντες ανάρτησης προσφέρουν εκτός από μειωμένο βάρος και καλύτερη ποιότητα κύλισης, οδηγώντας σε βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των ανελκυστήρων.

3.2.5. Αντίβαρα

Τα αντίβαρα εγκαθίστανται στην ίδια πλευρά με τη μηχανή και σε αυτά αναρτάται το πλαίσιο ανάρτησης ώστε να μειώνεται το απαιτούμενο έργο της μηχανής για την ανύψωση του θαλάμου. Το βάρος των αντιβάρων υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{βάρος αντιβάρων} = \text{απόβαρο θαλάμου} + \frac{\omega\text{φέλιμο φορτίο}}{2}$$

Τα αντίβαρα κινούνται εντός προκαθορισμένου χώρου κατακόρυφα, παράλληλα με τον τοίχο του φρεατίου, ο οποίος χώρος περιορίζεται με ειδικά προστατευτικά, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ότι δεν μπορεί να δημιουργηθεί κίνδυνος για τον συντηρητή ή για τους επιβάτες από τυχόν ανεξέλεγκτη κίνηση των αντιβάρων.

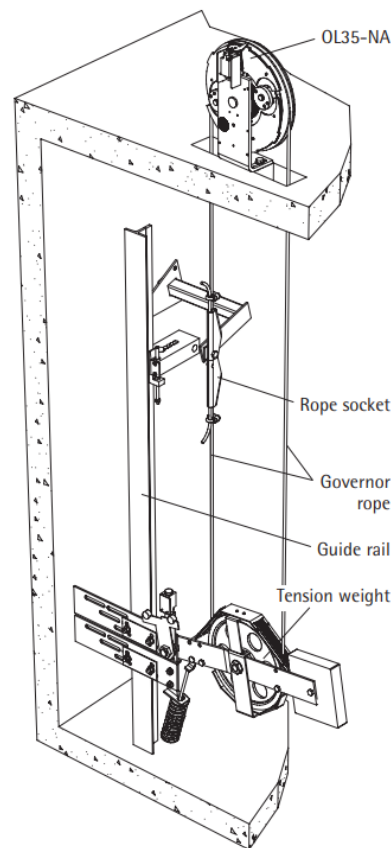
Ειδικά σε περιπτώσεις όπου κάτω από την κάτω απόληξη του φρεατίου υπάρχει άλλος χώρος στον οποίο αναπτύσσεται οποιαδήποτε ανθρωπογενής δραστηριότητα, τα

συρματόσχοινα ανάρτησης των αντιβάρων επιτηρούνται από ρεγυλατόρο για να εξασφαλιστεί η ομαλή ταχύτητά τους καθώς και ασφαλίζονται με αρπάγη, έτσι ώστε να διακόπτεται τυχόν ανεξέλεγκτη κίνησή τους.

3.2.6.Ρεγυλατόροι και αρπάγες

Οι ρεγυλατόροι ή περιοριστές ταχύτητας είναι συσκευές οι οποίες εγκαθίστανται για την επιτήρηση της ταχύτητας του θαλάμου και την αποφυγή δημιουργίας επικίνδυνων καταστάσεων για τους επιβάτες. Ρεγυλατόροι χρησιμοποιούνται για την επιτήρηση της ταχύτητας του θαλάμου και κατά περίπτωση για την επιτήρηση της ταχύτητας των αντιβάρων.

Ο ρεγυλατόρος αποτελείται από δύο τροχαλίες οι οποίες εγκαθίστανται στην άνω και στην κάτω απόληξη του φρεατίου. Από τις τροχαλίες περνά ένα συρματόσχοινο το οποίο δένεται και στον θάλαμο και επιτηρείται η ταχύτητά του. Η κάτω τροχαλία του ρεγυλατόρου σκοπεύει στην τάνυση του συρματόσχοινου ώστε αυτό να παραμένει διαρκώς τεντωμένο, καθώς τα συρματόσχοινα, παρόλο που είναι μεταλλικά, μπορούν να διαστέλλονται, οδηγώντας σε κακή ποιότητα κύλισης.



Εικόνα 16: Εγκατάσταση και τρόπος λειτουργίας περιοριστή ταχύτητας (Wittur, 2021)

Όταν η ταχύτητα του συρματόσχοινου υπερβεί το προκαθορισμένο όριο της κατά 15%, τότε, ενεργοποιείται ο ρεγυλατόρος και φρενάρει τον θάλαμο ώστε να μειωθεί η ταχύτητά του σε επιτρεπόμενο εύρος. Κατά την ενεργοποίηση του ρεγυλατόρου συνήθως διακόπτεται η λειτουργία του κινητήρα. Αντίστοιχα, μπορεί να εγκαθίσταται και ρεγυλατόρος για την επιτήρηση της ταχύτητας κίνησης των αντιβάρων.

Επιπλέον, για την αποφυγή επικίνδυνων για τους επιβάτες καταστάσεων, τοποθετείται στο κάτω μέρος του θαλάμου μία αρπάγη, η οποία λαμβάνει σήμα από τον περιοριστή ταχύτητας όταν αυτός ενεργοποιείται και διακόπτει απότομα την κίνηση του συρματόσχοινου.

4.Περιφερειακός Ηλεκτρομηχανολογικός-Ηλεκτρονικός

Εξοπλισμός

Στο κεφάλαιο αυτό εξετάζεται ο περιφερειακός ηλεκτρομηχανολογικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός. Σε πρώτη φάση παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο αυτών και στη συνέχεια καταγράφονται οι τεχνικές πληροφορίες του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε.

Ο εξοπλισμός με τον οποίο ασχολούμαστε στο κεφάλαιο είναι:

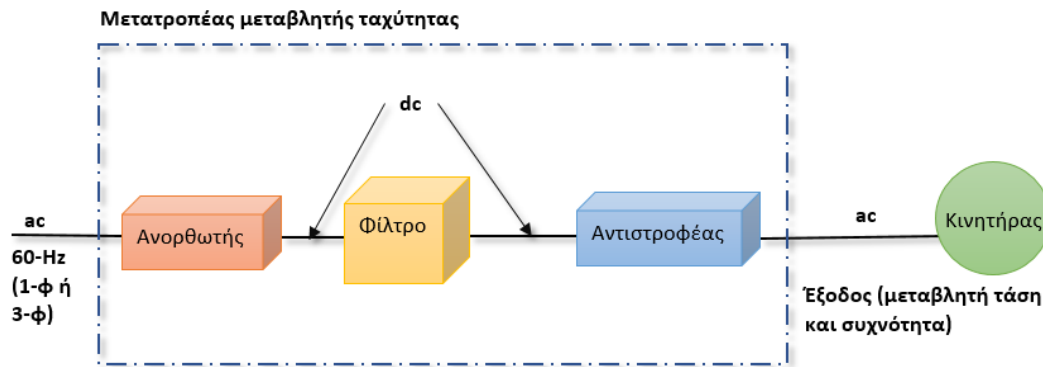
- το inverter
- ο ηλεκτροκινητήρας
- η ηλεκτρονική πλακέτα του απεγκλωβισμού
- οι πλακέτες φόρτισης των συσσωρευτών

4.1.Inverter

4.1.1.Γενικές έννοιες

Ο μετατροπέας συχνότητας (inverter) είναι μία διάταξη ισχύος με σκοπό τη μετατροπή μιας συνεχούς τάσης (DC) σε ημιτονοειδή AC τάση εξόδου, με ελεγχόμενα τόσο το πλάτος της όσο και τη συχνότητά της.

Ο μετατροπέας μεταβλητής συχνότητας τροφοδοτείται από πηγή συνεχούς τάσης. Πιο συγκεκριμένα, με τη βοήθεια ενός ελεγχόμενου ή μη ελεγχόμενου ανορθωτή, η τάση του δικτύου μετατρέπεται σε DC τάση. Κατόπιν, ως έξοδοι του inverter παράγονται τριφασικές τάσεις ή ρεύματα με ελεγχόμενη τάση μεταβλητής RMS τιμής και συχνότητας και παρέχονται στον κινητήρα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 17.



Εικόνα 17 Βασική αρχή του συστήματος inverter

Ένας αντιστροφέας (inverter) μπορεί να είναι μονοφασικός σε συνδεσμολογία ημιγέφυρας, μονοφασικός σε συνδεσμολογία γέφυρας ή τριφασικός σε συνδεσμολογία γέφυρας. Για την οδήγηση ενός AC τριφασικού κινητήρα χρησιμοποιείται τριφασικός σε συνδεσμολογία γέφυρας. Επίσης, διαίρουνται σε αυτούς που τροφοδοτούνται από πηγή συνεχούς τάσης (VSI), και σε αυτούς που τροφοδοτούνται από πηγή συνεχούς ρεύματος (CSI), με τους δεύτερους να μην συναντώνται τόσο συχνά σε εφαρμογές. Μια ακόμα διάκριση είναι σε αντιστροφείς τετραγωνικής κυματομορφής, που ελέγχουν μόνο τη συχνότητα της τάσης εξόδου, και αντιστροφείς με την τεχνική Διαμόρφωσης Εύρους Παλμών (PWM), οι οποίοι ελέγχουν το πλάτος και την συχνότητα της εναλλασσόμενης τάσης εξόδου, μέσω της διαμόρφωσης του εύρους των παλμών των διακοπτικών στοιχείων του αντιστροφέα. (Μέρμηγκας, 2017)

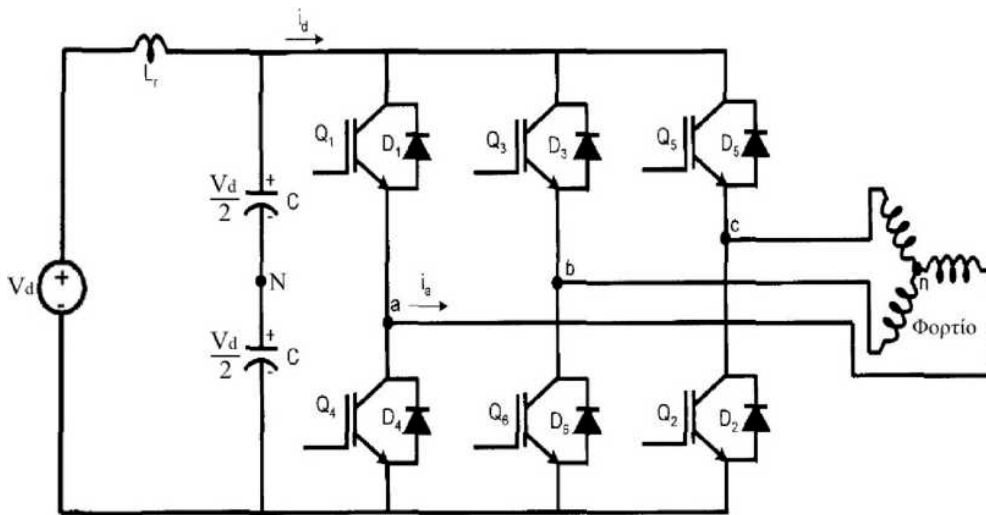
4.1.1.1 Αρχή λειτουργίας τριφασικού αντιστροφέα πηγής τάσης

Οι τοπολογίες αντιστροφέων πηγής τάσης που έχουν προταθεί είναι πολλές και διαφορετικές και σε κάθε εφαρμογή θα πρέπει να επιλέγεται η κατάλληλη. Η τυπική και απλούστερη τοπολογία αντιστροφέα που αφορά τα συστήματα ηλεκτρικής κίνησης είναι ο τριφασικός αντιστροφέας πηγής τάσης δύο επιπέδων σε συνδεσμολογία γέφυρας που παράγει έξι επίπεδα (πέντε διακριτά) τάσης εξόδου στα άκρα του φορτίου. Αμέσως παρακάτω φαίνεται η συνδεσμολογία ενός τέτοιου αντιστροφέα (εικόνα 19).

Όπως βλέπουμε και στο σχήμα ο αντιστροφέας αυτός αποτελείται από έξι ημιαγωγικούς διακόπτες (που συμβολίζονται με Q_i , $i=1,2,\dots,6$) αντιπαράλληλα με τους οποίους συνδέονται οι αντίστοιχες δίοδοι ελεύθερης διέλευσης (που συμβολίζονται με D_i , $i=1,2,\dots,6$).

Παρατηρούμε ότι στην είσοδο παράλληλα με την πηγή συνεχούς τάσης υπάρχει ένας χωρητικός καταμεριστής τάσης που αποτελείται από δύο όμοιους πυκνωτές και στα άκρα του καθενός υπάρχει τάση ίση με το μισό της τάσης της πηγής. Σκοπός του καταμεριστή είναι να δημιουργηθεί ένας κόμβος αναφοράς ανάμεσα στους δύο πυκνωτές (συμβολίζεται με το N) για τη μέτρηση των τάσεων εξόδου του αντιστροφέα πάνω στο φορτίο που συνδέεται σε τρίγωνο (ο κόμβος αυτός θα μπορούσε να είναι και νοητός χωρίς να απαιτείται η φυσική ύπαρξη του καταμεριστή). Η συνεχής τάση εισόδου μπορεί να προέλθει είτε από μια πηγή συνεχούς τάσης (λ.χ. συσσωρευτές, φωτοβολταϊκές συστοιχίες, κυψέλες καυσίμου κλπ.) είτε από ανόρθωση της μονοφασικής ή της τριφασικής εναλλασσόμενης τάσης του δικτύου.

Το κύκλωμα του αντιστροφέα αποτελείται από τρεις κλάδους (ημιγέφυρες) με δύο ημιαγωγικά στοιχεία η κάθε μια. Οι ημιγέφυρες παρουσιάζουν μεταξύ τους διαφορά φάσης 120° , ώστε να δημιουργηθούν οι τριφασικές κυματομορφές τάσης. Στην έξοδο του αντιστροφέα λαμβάνουμε τριφασική εναλλασσόμενη τάση, η μορφή της οποίας εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο χειριζόμαστε (ανοίγουμε και κλείνουμε) τους ημιαγωγικούς διακόπτες όπου στην περίπτωση μας είναι IGBT's.



Εικόνα 18 Τυπική τοπολογία τριφασικού αντιστροφέα πηγής τάσης δύο επιπέδων σε συνδεσμολογία γέφυρας

Ο χειρισμός των ημιαγωγικών διακοπών γίνεται μέσω κατάλληλης παλμοδότησης στην πύλη τους. Για τους περισσότερους τύπους των χρησιμοποιούμενων διακοπών (όπως λ.χ. IGBTs) το ημιαγωγικό στοιχείο χρειάζεται να λαμβάνει έναν παλμό τάσης στην πύλη του καθ' όλη τη χρονική διάρκεια που άγει, με εξαίρεση τα θυρίστορς, τα οποία αρκεί να λάβουν έναν παλμό πυροδότησης μικρής χρονικής διάρκειας.

Ο αντιστροφέας του παραπάνω σχήματος διαθέτει οκτώ διαφορετικούς συνδυασμούς έναυσης των διακοπτικών στοιχείων του. Θα πρέπει να έχουμε υπόψη μας κατά τη μέτρηση των δυνατών συνδυασμών ότι δεν είναι δυνατόν να είναι κλειστοί ταυτοχρόνως αμφοτέροι οι διακόπτες ενός κλάδου της γέφυρας (λ.χ. ο Q1 και ο Q4) καθώς τότε θα έχουμε βραχυκύκλωμα στα άκρα της πηγής συνεχούς τάσης). Επομένως υπάρχουν οκτώ διαφορετικά διανύσματα τάσης εξόδου τα οποία φαίνονται στο παρακάτω σχήμα (εικόνα 19).

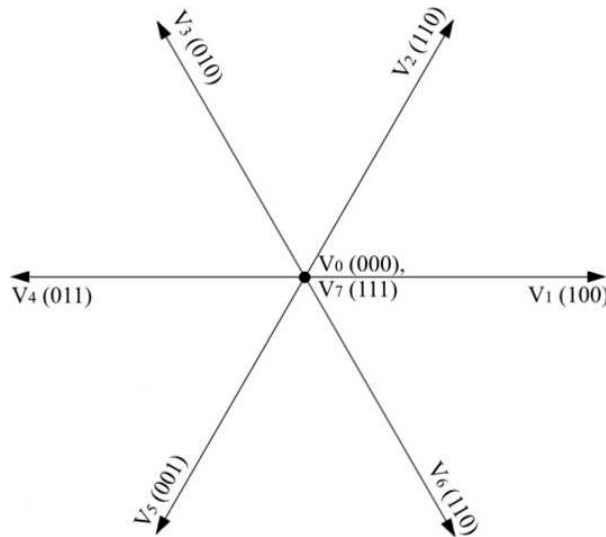
Η αρχή λειτουργίας του αντιστροφέα στηρίζεται στην ιδέα ότι επιλέγουμε κάθε φορά και για κατάλληλο χρόνο εκείνο το διάνυσμα τάσης (μέσω του χειρισμού των κατάλληλων διακοπών) που θα επιτρέψει στην τάση εξόδου του αντιστροφέα να προσεγγίζει όσο το δυνατόν περισσότερο την επιθυμητή. Ο χειρισμός αυτός των διακοπών για την επιλογή του κατάλληλου διανύσματος τάσης γίνεται με κατάλληλο αλγόριθμο ελέγχου.

Στο σχήμα 3.11 φαίνονται τα διανύσματα της τάσης εξόδου ενός τυπικού τριφασικού αντιστροφέα σε συνδεσμολογία γέφυρας και εντός παρενθέσεως φαίνονται οι χειρισμοί

που πρέπει να γίνουν στους τρεις άνω διακόπτες των τριών κλάδων του, ώστε να πάρουμε το εκάστοτε διάνυσμα, η κωδικοποίηση έχει ως εξής:

1→Διακόπτης κλειστός 0→Διακόπτης ανοιχτός

ενώ οι εντολές προς τους τρεις κάτω διακόπτες είναι οι συζυγείς των εντολών για τους άνω, διότι όπως προαναφέρθηκε δεν επιτρέπεται δύο διακόπτες του ίδιου κλάδου να είναι ταυτόχρονα κλειστοί).



Εικόνα 19 Διανύσματα τάσης εξόδου τυπικού τριφασικού αντιστροφέα σε συνδεσμολογία γέφυρας

Διακρίνουμε δύο κύριες μεθόδους ελέγχου των ημιαγωγικών στοιχείων του αντιστροφέα που καθορίζουν τις δύο καταστάσεις λειτουργίας του :

- Τη λειτουργία με Τετραγωνικό Παλμό Τάσης και
- Τη λειτουργία Διαμόρφωσης Εύρους Παλμών (Pulse Width Modulation-PWM).

Στη συνέχεια θα αναλύσουμε τις δύο αυτές καταστάσεις λειτουργίας.

4.1.1.2 Λειτουργία τριφασικού αντιστροφέα με τετραγωνικό παλμό τάσης

Στη λειτουργία με τετραγωνικό παλμό, η φασική τάση εξόδου του αντιστροφέα έχει τη μορφή τετραγωνικού παλμού (εξ' ου και η ονομασία). Ο τετραγωνικός αυτός παλμός απέχει παρασάγγας από την ιδανική ημιτονοειδή κυματομορφή τάσεως.

Από την ανάλυση της κυματομορφής του τετραγωνικού παλμού κατά Fourier βλέπουμε ότι έχει πλούσιο αρμονικό περιεχόμενο. Η θεμελιώδης αρμονική συνιστώσα του τετραγωνικού παλμού που είναι ημιτονοειδής προσεγγίζει απλώς την επιθυμητή ημιτονοειδή τάση εξόδου. Η πραγματική τάση εξόδου όμως, που είναι τετραγωνικός παλμός, φέρει πέραν της θεμελιώδους αρμονικής συνιστώσας και όλο εκείνο το ανώτερο αρμονικό περιεχόμενο που συνεπάγεται κάθε τετραγωνικός παλμός.

Οι κυματομορφές εξόδου του αντιστροφέα της εικόνας 18 για λειτουργία με τετραγωνικό παλμό τάσης φαίνονται στην εικόνα 20. Από την ανάλυση κατά Fourier

των κυματομορφών αυτών τόσο για τις φασικές όσο και για τις πολικές τάσεις εξόδου του αντιστροφέα έχουμε τις παρακάτω αναλυτικές εκφράσεις:

$$V_{aN} = \frac{2V_d}{\pi} \left[\cos \omega t - \frac{1}{3} \cos 3\omega t + \frac{1}{5} \cos 5\omega t - \dots \right] \quad (4.1)$$

$$V_{bN} = \frac{2V_d}{\pi} \left[\cos \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) - \frac{1}{3} \cos 3 \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) + \frac{1}{5} \cos 5 \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) - \dots \right] \quad (4.2)$$

$$V_{cN} = \frac{2V_d}{\pi} \left[\cos \left(\omega t + \frac{2\pi}{3} \right) - \frac{1}{3} \cos 3 \left(\omega t + \frac{2\pi}{3} \right) + \frac{1}{5} \cos 5 \left(\omega t + \frac{2\pi}{3} \right) - \dots \right] \quad (4.3)$$

$$\begin{aligned} V_{ab} &= V_{aN} - V_{bN} \\ &= \frac{2\sqrt{3}V_d}{\pi} \left[\cos \left(\omega t + \frac{\pi}{6} \right) + 0 - \frac{1}{5} \cos 5 \left(\omega t + \frac{\pi}{6} \right) - \frac{1}{7} \cos 7 \left(\omega t + \frac{\pi}{6} \right) + \dots \right] \end{aligned} \quad (4.4)$$

$$\begin{aligned} V_{bc} &= V_{bN} - V_{cN} \\ &= \frac{2\sqrt{3}V_d}{\pi} \left[\cos \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) + 0 - \frac{1}{5} \cos 5 \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) - \frac{1}{7} \cos 7 \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) + \dots \right] \end{aligned} \quad (4.5)$$

$$\begin{aligned} V_{ca} &= V_{cN} - V_{aN} \\ &= \frac{2\sqrt{3}V_d}{\pi} \left[\cos \left(\omega t + \frac{5\pi}{6} \right) + 0 - \frac{1}{5} \cos 5 \left(\omega t + \frac{5\pi}{6} \right) - \frac{1}{7} \cos 7 \left(\omega t + \frac{5\pi}{6} \right) + \dots \right] \end{aligned} \quad (4.6)$$

όπου V_d η συνεχής τάση εισόδου.

Σημειώνεται ότι στις πολικές τάσεις, όπως ήταν αναμενόμενο, το πλάτος είναι $\sqrt{3}$ φορές το πλάτος της φασικής τάσης, ενώ η πολική τάση προηγείται κατά 30° της αντίστοιχης φασικής. Οι τάσεις στα άκρα του συνδεδεμένου σε αστέρα φορτίου θα είναι ίσες με τη διαφορά δυναμικού μεταξύ της εκάστοτε φάσης εξόδου του αντιστροφέα (a,b,c) και του κοινού μη γειωμένου κόμβου του αστέρα του φορτίου (n). Αξίζει στο σημείο αυτό να σημειωθεί ότι η τιμή της τάσης σε κάθε μια από τις φάσεις εξόδου του αντιστροφέα (a,b,c) αναφέρεται στον κόμβο αναφοράς (N), ο οποίος δεν έχει το ίδιο δυναμικό με τον κοινό κόμβο του αστέρα του φορτίου (n) (εικόνα 21). Έτσι από το ισοδύναμο κύκλωμα της εικόνας 21 βλέπουμε ότι η τάση στα άκρα του φορτίου προκύπτει από έναν νόμο τάσεων Kirchhoff (για την κάθε φάση) και δίνεται από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$V_{aN} = V_{an} + V_{nN} \quad (4.7)$$

$$V_{bN} = V_{bn} + V_{nN} \quad (4.8)$$

$$V_{cN} = V_{cn} + V_{nN} \quad (4.9)$$

Από την πρόσθεση των παραπάνω εξισώσεων (4.7-4.9) κατά μέλη και γνωρίζοντας ότι για το συμμετρικό τριφασικό σύστημα τάσεων του φορτίου ισχύει $V_{an} + V_{bn} + V_{cn} = 0$ λαμβάνουμε τη σχέση:

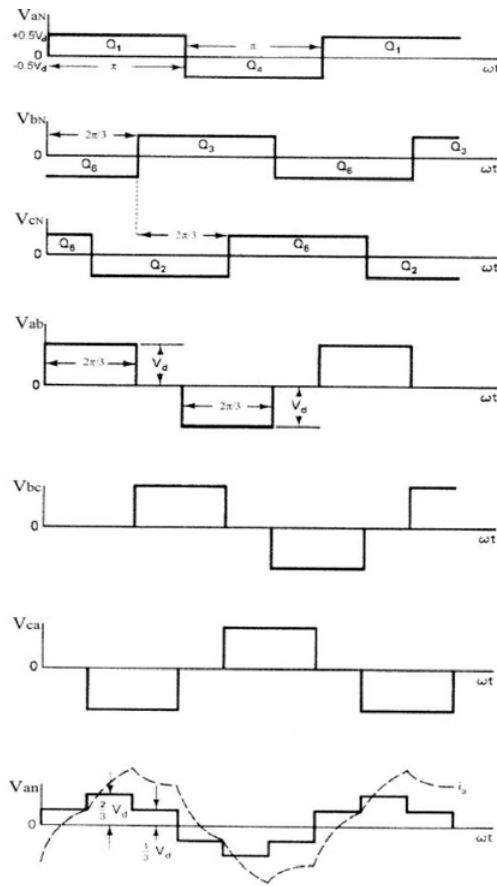
$$V_{aN} + V_{bN} + V_{cN} = 3 \cdot V_{mN} \rightarrow V_{mN} = \frac{1}{3}(V_{aN} + V_{bN} + V_{cN}) \quad (4.10)$$

Επομένως αντικαθιστώντας την σχέση 4.10 στις σχέσεις 4.7-4.9 και γνωρίζοντας τις τάσεις εξόδου του αντιστροφέα ως προς τον κόμβο αναφοράς N από τις σχέσεις 4.1-4.2 (οι οποίες παριστάνονται και γραφικά στα τρία πρώτα διαγράμματα της εικόνας 20) μπορούμε να υπολογίσουμε τόσο αναλυτικά όσο και γραφικά την τάση στα άκρα του φορτίου. Έχουμε:

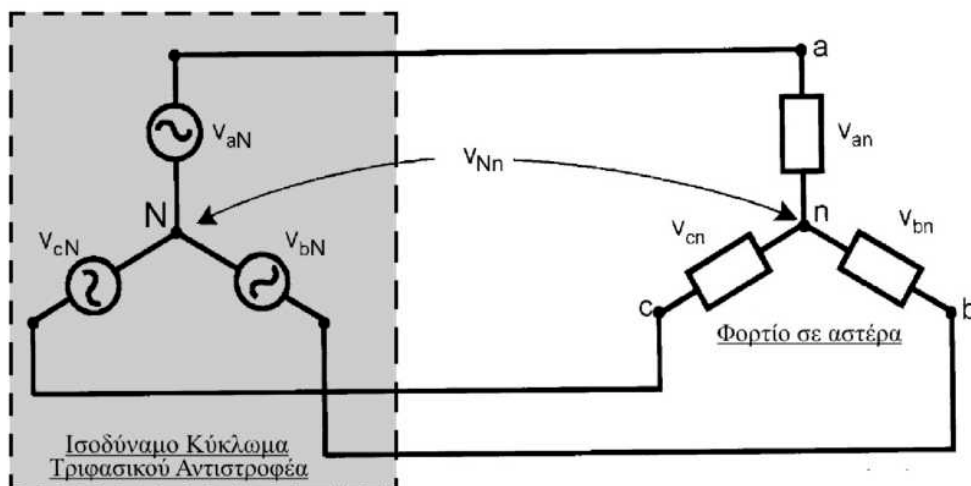
$$V_{am} = \frac{2}{3} \cdot V_{aN} - \frac{1}{3} \cdot V_{bN} - \frac{1}{3} \cdot V_{cN} \quad (4.11)$$

και από το τελευταίο διάγραμμα της εικόνας 20 βλέπουμε την μορφή της V_{an} .

Αν παρατηρήσουμε πιο προσεκτικά τη μορφή της παρατηρούμε ότι προκύπτει από την υπέρθεση τριών τάσεων με τους κατάλληλους συντελεστές, όπως φαίνεται από τη σχέση 4.11. Ομοίως προκύπτουν και οι δύο άλλες τάσεις στα άκρα του φορτίου. Η θεμελιώδης της τάσης στα άκρα του φορτίου εμφανίζει διαφορά φάσης 30° από την αντίστοιχη θεμελιώδη της φασικής τάσης εξόδου του αντιστροφέα. Επειδή οι φασικές και οι πολικές τάσεις εξόδου του αντιστροφέα είναι τετραγωνικοί παλμοί και η τάση στα άκρα του φορτίου παρουσιάζει έξι (πέντε διακριτές) στάθμες, ο αντιστροφέας αυτός, σε αυτή την κατάσταση λειτουργίας, ονομάζεται αντιστροφέας με τετραγωνικό παλμό τάσης ή αντιστροφέας έξι επιπέδων τάση. Για γραμμικό και συμμετρικό τριφασικό φορτίο, οι κυματομορφές του ρεύματος είναι επίσης συμμετρικές.



Εικόνα 20 Κυματομορφές εξόδου του τριφασικού αντιστροφέα πηγής τάσεως σε συνδεσμολογία γέφυρας για λειτουργία με τετραγωνικό παλμό τάσης



Εικόνα 21 Ισοδύναμο κύκλωμα τριφασικού αντιστροφέα και φορτίο σε αστέρα στο οποίο φαίνονται οι μελετώμενες τάσεις

Η λειτουργία του αντιστροφέα με τετραγωνικό παλμό τάσης είναι ιδιαίτερα απλή, επιτρέπει τον εύκολο έλεγχο του και παρουσιάζει πολύ μικρές διακοπτικές απώλειες, καθώς γίνονται μόνο έξι μεταγωγές των ημιαγωγικών διακοπών ανά περίοδο. Ταυτόχρονα αποτελεί μια ουσιαστική και συνάμα απλή προσέγγιση για την κατανόηση της λειτουργίας του αντιστροφέα. Η λειτουργία αυτή, όμως, στην πράξη συνήθως δεν χρησιμοποιείται καθώς παρουσιάζει ορισμένα σημαντικά μειονεκτήματα και κυρίως μεγάλες αρμονικές συνιστώσες στο ρεύμα και στην τάση, χαμηλών γενικά συχνοτήτων (μικρής τάξης). Συνεπώς προκαλεί μεγάλη αρμονική παραμόρφωση στην τάση και στο ρεύμα, η οποία για να μειωθεί απαιτεί τη χρήση ογκωδέστατων και ακριβών βαθυπερατών φίλτρων.

Στην πράξη έχει επικρατήσει η λειτουργία του αντιστροφέα με την τεχνική Διαμόρφωσης Εύρους Παλμών (Pulse Width Modulation-PWM), που αναλύεται στην επόμενη παράγραφο.

4.1.1.3 Λειτουργία τριφασικού αντιστροφέα ημιτονοειδής PWM

Η τεχνική της Ημιτονοειδούς Διαμόρφωσης Εύρους Παλμών (SPWM) είναι ιδιαίτερα δημοφιλής και κατά κόρον χρησιμοποιούμενη σε βιομηχανική κλίμακα, ενώ συναντάται σε ολόκληρη τη σχετική με το αντικείμενο βιβλιογραφία.

Η βασική αρχή της τεχνικής αυτής φαίνεται στο σχήμα 3.14. Όπως βλέπουμε το εύρος των παλμών των τάσεων για τις τρεις φάσεις διαμορφώνεται μέσα από τη σύγκριση μιας τριγωνικής κυματομορφής (φορέας-carrier) με τρεις ημιτονοειδείς κυματομορφές, μιας για την κάθε φάση.

Η τριγωνική κυματομορφή που ονομάζεται φορέας έχει συχνότητα f_c την

οποία επιλέγουμε κατάλληλα, ενώ οι τρεις ημιτονοειδείς κυματομορφές διαμόρφωσης ή αναφοράς συνιστούν ένα τριφασικό συμμετρικό σύστημα με συχνότητα f ίση με τη θεμελιώδη. Τα σημεία τομής των δύο κυματομορφών καθορίζουν τα σημεία μεταγωγής των ημιαγωγικών διακοπών.

Συγκεκριμένα στο δεύτερο διάγραμμα της εικόνας 22 φαίνεται η τάση εξόδου στη φάση a του αντιστροφέα, V_{aN} (βλέπε εικόνα 21), η οποία όπως βλέπουμε εμφανίζει παλμούς το εύρος των οποίων μεταβάλλεται σύμφωνα με το ημίτονο αναφοράς (αρχικά μικρό εύρος θετικών παλμών που σταδιακά μεγαλώνει, γίνεται μέγιστο, στη συνέχεια μικραίνει συνεχώς και αρχίζει να αυξάνεται το εύρος των αρνητικών παλμών που εν συνεχεία γίνεται μέγιστο και τέλος το εύρος των αρνητικών παλμών μικραίνει και πάλι). Η τάση αυτή προκύπτει στην έξοδο από τον κατάλληλο χειρισμό των ημιαγωγικών διακοπών $Q1$ και $Q4$ της ημιγέφυρας της φάσης a .

Συγκεκριμένα στην πύλη του ημιαγωγικού διακόπτη $Q1$ εφαρμόζεται μια κυματομορφή ίδια με την δεύτερη κυματομορφή της εικόνας 22 χωρίς όμως τους αρνητικούς παλμούς και με το οριζόμενο από τον κατασκευαστή του ημιαγωγικού στοιχείου πλάτος. Στον $Q4$ εφαρμόζεται η συμπληρωματική κυματομορφή αυτής του $Q1$, επειδή οι δύο αυτοί διακόπτες βρίσκονται στον ίδιο κλάδο και δεν πρέπει να άγουν ταυτόχρονα διότι σε αυτή την περίπτωση βραχυκυκλώνουν την πηγή συνεχούς τάσης. Με αντίστοιχο τρόπο δημιουργούνται οι τάσεις εξόδου και για τις δύο άλλες φάσεις, ενώ σημειώνεται ότι ο ίδιος φορέας μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τις τρεις φάσεις εξόδου.

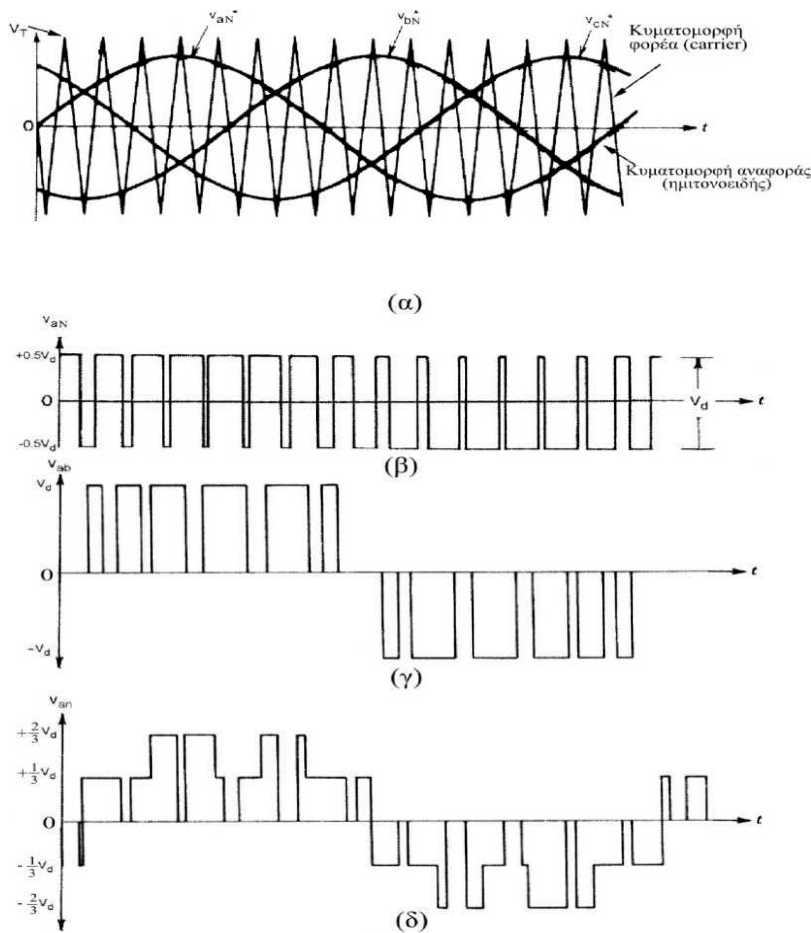
Η παρουσίαση της τάσης εξόδου του αντιστροφέα V_{aN} ως σειρά Fourier έχει την ακόλουθη μορφή:

$$V_{aN} = 0,5 m_f V_d \text{SIN}(a > t + \varphi) + \{ \text{Ανώτερες σε Συχνότητα (M a > c \pm N \omega) } \} \quad (4.12)$$

όπου m_f είναι ο δείκτης διαμόρφωσης, ω η θεμελιώδης κυκλική συχνότητα σε rad/s και φ η φασική μετατόπιση της εξόδου που προκύπτει από τη σχετική θέση του φορέα και της κυματομορφής αναφοράς για την εκάστοτε φάση. Ο δείκτης διαμόρφωσης είναι ένα σημαντικό μέγεθος που ορίζεται ως ο λόγος της μέγιστης τιμής της κυματομορφής αναφοράς (πλάτος) προς τη μέγιστη τιμή V_T (πλάτος) της τριγωνικής κυματομορφής του φορέα και δίνεται από τη σχέση

$$m_f = \frac{V_{an}}{V_t} \quad (4.13)$$

ενώ η ίδια σχέση ισχύει και για όλες τις φάσεις. Γενικά ο δείκτης διαμόρφωσης μπορεί να πάρει τιμές από 0 έως 1 δίνοντας μια γραμμική σχέση μεταξύ της κυματομορφής αναφοράς και της κυματομορφής της τάσης εξόδου. Στην περιοχή αυτή γραμμικής λειτουργίας ο αντιστροφέας μπορεί να θεωρηθεί ως γραμμικός ενισχυτής τάσης. Για $m_f = 1$ η μέγιστη τιμή (πλάτος) της θεμελιώδους συνιστώσας της τάσης εξόδου του αντιστροφέα μεταξύ μιας φάσεως και του κόμβου αναφοράς N είναι $0,5 \cdot V_d$ που είναι ίση με το 78,55% του πλάτους της θεμελιώδους συνιστώσας της αντίστοιχης τάσης για λειτουργία τετραγωνικού παλμού ($4v_n 2\pi$). Στην πράξη η μέγιστη τάση εξόδου στη γραμμική περιοχή μπορεί να ανέλθει στο 90,7% της μέγιστης τάσης για λειτουργία με τετραγωνικό παλμό τάσης, αν στις κυματομορφές αναφοράς υπερθέσουμε κατάλληλες κυματομορφές τρίτων αρμονικών. Για $m_f = 0$ η τάση εξόδου του αντιστροφέα είναι ένας τετραγωνικός παλμός με συντελεστή χρησιμοποίησης 0,5 και συχνότητα ίση με τη συχνότητα του τριγωνικού φορέα.



Εικόνα 22 Κυματομορφές δημιουργίας των τάσεων εξόδου του αντιστροφέα για λειτουργία με την τεχνική ημιτονοειδούς διαμόρφωσης παλμών (SPWM).

Διαδοχικά φαίνονται (α) οι συγκρινόμενες κυματομορφές, (β) η τάση εξόδου του αντιστροφέα ως προς τον κόμβο αναφοράς N, (γ) η πολική τάση εξόδου του αντιστροφέα μεταξύ των φάσεων a και b και (δ) η τάση στα άκρα του φορτίου.

Όπως και στην λειτουργία με τετραγωνικό παλμό τάσης, βλέπουμε (εικόνα 22) ότι και στην τεχνική της ημιτονοειδούς διαμόρφωσης του εύρους των παλμών (SPWM) εμφανίζεται αρμονική παραμόρφωση στην τάση εξόδου του αντιστροφέα. Η αρμονική αυτή παραμόρφωση είναι αναπόφευκτη και οφείλεται στη μη γραμμικότητα των ημιαγωγικών στοιχείων. Από μια ανάλυση όμως κατά Fourier της τάσης εξόδου του αντιστροφέα που έχει προκύψει με εφαρμογή της τεχνικής SPWM διακρίνουμε ότι η τεχνική αυτή παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα. Οι ανώτερες αρμονικές συνιστώσες βρίσκονται στις κυκλικές συχνότητες $(M \cdot \omega_c \pm N \cdot \omega)$, όπου M και N ακέραιοι και $M+N = \text{άρτιος ακέραιος αριθμός}$. Αυτό σημαίνει ότι οι συχνότητες στις οποίες βρίσκονται οι αρμονικές αυτές καθορίζονται από την συχνότητα του φορέα (ω_c) και ως εκ τούτου είναι ελέγξιμες. Επιλέγοντας λοιπόν μια υψηλή συχνότητα φορέα, εφόσον το επιτρέπει και η διακοπτική συχνότητα λειτουργίας των ημιαγωγικών στοιχείων, μπορούμε να μετατοπίσουμε τις ανώτερες αρμονικές συνιστώσες σε υψηλές συχνότητες, μειώνοντας το μέγεθος και το κόστος των φίλτρων που απαιτούνται για την καταστολή τους. Πολλές φορές μάλιστα δεν απαιτείται η χρήση φίλτρων αφού η κυματομορφή του ρεύματος προσεγγίζει πρακτικά ένα ημίτονο. Στο σημείο αυτό θα ορίσουμε ένα νέο μέγεθος που ονομάζεται ανηγμένη συχνότητα φορέα και δίνεται από τη σχέση:

$$F_{nc} = \frac{Fc}{F} = \frac{\omega c}{\omega} \quad (4.14)$$

όπου ο δείκτης c αναφέρεται στον φορέα και στον παρονομαστή βρίσκεται η θεμελιώδης συχνότητα. Με χρήση του ορισμού αυτού βλέπουμε ότι οι ανώτερες αρμονικές βρίσκονται σε συχνότητες $\omega (M \cdot F_{nc} \pm N)$. Τέλος μπορεί να δειχτεί ότι το πλάτος των ανώτερων αρμονικών είναι ανεξάρτητο της ανηγμένης συχνότητας φορέα και μειώνεται για μεγαλύτερες τιμές των M και N .

4.1.2. Μοντέλο της διάταξης



Εικόνα 23 Αντιστροφέας DELTA MH300-L

Στην παρούσα εργασία, το inverter που θα χρησιμοποιήσουμε είναι το DELTA MH 300-L (Εικόνα 23). Πρόκειται για inverter τριφασικής τροφοδοσίας (3Φ) στα 400V.

Το MH300-L της Delta είναι ένα inverter που διαθέτει πολλές ειδικές λειτουργίες ανελκυστήρα, όπως έλεγχος κινητήρα IM ανοιχτού βρόχου και EPS/ARD. Άλλες ενσωματωμένες λειτουργίες περιλαμβάνουν φίλτρο EMC, καταμητικό φρένο, υποδοχή επέκτασης I/O, θύρα USB και χωρητικότητα PLC 5k step.

Με το μέγεθος του δίσκου μειωμένο έως και 40%, η σειρά MH300-L είναι συμπαγής, εύκολη στη ρύθμιση και την καλωδίωση, και αποτελεσματική και σταθερή.

Μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματά του είναι:

- Ονομαστική ισχύς εξόδου : 3.7 KW
- Ονομαστικό ρεύμα εξόδου : 9.0 A
- Ονομαστικό ρεύμα εισόδου : 9.9 A
- Μέγιστη ισχύς εξόδου : 11.4 KW
- Αναγεννητική ροπή πέδησης : 3,7 Kg/m

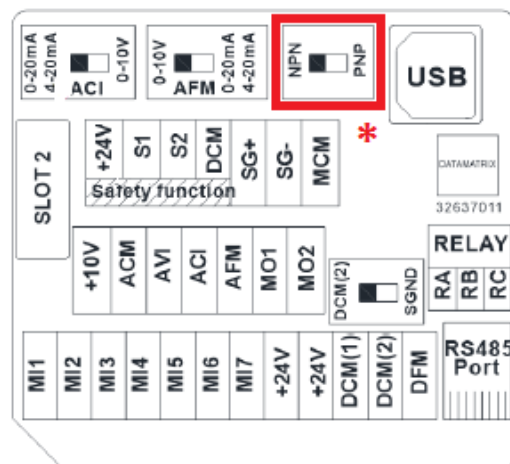
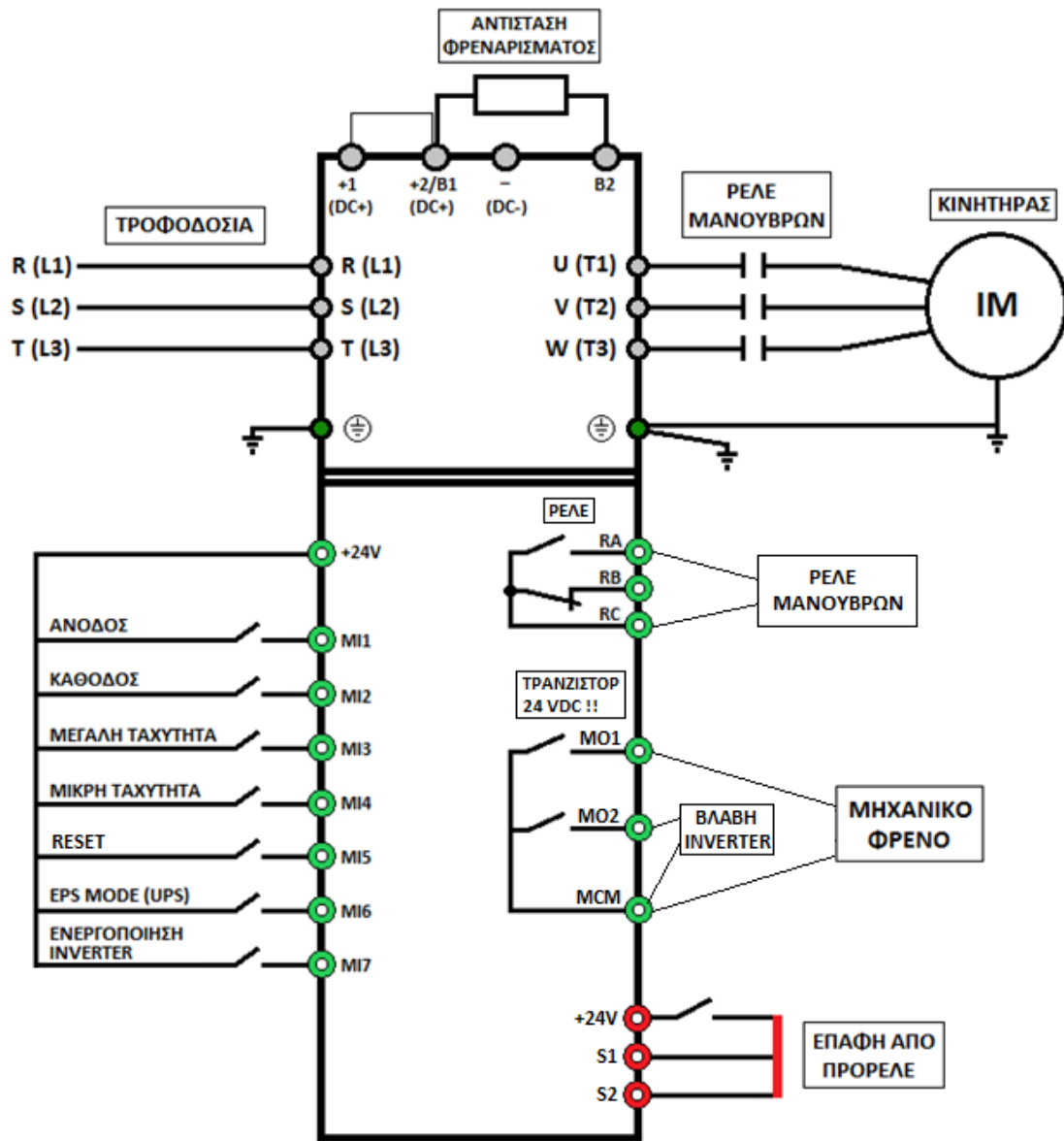
- Ονομαστική τάση εισόδου : τριφασική AC 460 V
- Ρεύμα φρεναρίσματος : 5.1 A
- Βαθμός προστασίας κατασκευής : IP20
- Μέθοδος ελέγχου : τεχνική PWM
- Συχνότητα εξόδου : 0.1-400 Hz
- Ροπή εκκίνησης : 125%
- Αντίσταση φρεναρίσματος : 150Ω
- Ένδειξη (πραγματικού χρόνου) συχνότητας, ρεύματος, τάσης, ισχύος εξόδου
- Ένδειξη χρόνου λειτουργίας
- Με ενσωματωμένο φίλτρο EMC
- Ρύθμιση συχνότητας εκκίνησης
- Αυτόματη επανεκκίνηση μετά από στιγμιαία διακοπή ρεύματος

4.1.2.1 Καλωδίωση

Στον Πίνακα 1 Καλωδίωση Αντιστροφέα περιγράφονται οι ακροδέκτες του κύριου κυκλώματος του inverter. Επίσης, για τη συνδεσμολογία και την καλωδίωση του inverter με τον κινητήρα και την τροφοδοσία, ακολουθεί στην επόμενη σελίδα επεξηγηματικό διάγραμμα σύνδεσης των κλεμοσειρών, στην Εικόνα 24.

Πίνακας 1 Καλωδίωση Αντιστροφέα

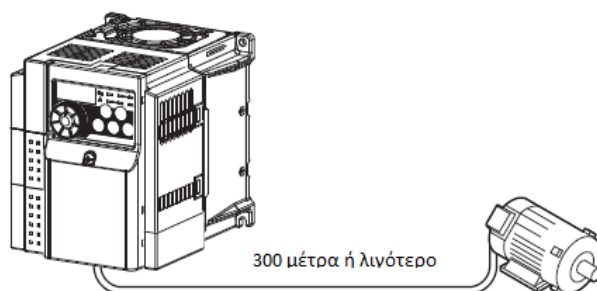
Σύμβολο	Όνομα	Περιγραφή
R/L1 S/L2 T/L3 N	AC τροφοδοσία	Σύνδεση με την εξωτερική τροφοδοσία
U, V, W	Έξοδος αντιστροφέα	Σύνδεση με τριφασικό κινητήρα
+1, +2	Σύνδεση αντιδραστικού πηνίου Σ.Ρ.	Σύνδεση πηνίου εξομάλυνσης (για βελτίωση του συντελεστή ισχύος καθώς και των αρμονικών) ανάμεσα στους ακροδέκτες +1 και +2 με ταυτόχρονη αφαίρεση της γέφυρας.
DC+, DC-	Μονάδα φρένου, Ακροδέκτες DC BUS	Σύνδεση μονάδας VFDB.
B1, B2	Αντίσταση Φρεναρίσματος	Σύνδεση αντίστασης ανάμεσα στους ακροδέκτες B1 και B2.
	Γείωση	Το σασσί πρέπει να είναι γειωμένο.



Εικόνα 24 Διάγραμμα σύνδεσης κλεμοσειρών του DELTA MH300-L

Κατά την επιλογή του καλωδίου, θα πρέπει να διασφαλίσουμε ότι η πτώση τάσης δεν θα υπερβαίνει το 2%. Το μέγιστο επιτρεπτό μήκος των καλωδίων του κινητήρα εξαρτάται από τις προδιαγραφές του inverter και τη συχνότητα του φορέα.

$$\text{Πτώση τάσης γραμμής (V)} = \frac{\sqrt{3} * \text{αντίσταση καλωδίου} \left(\frac{\mu\Omega}{\mu}\right) * \text{απόσταση καλωδίωσης} (\mu) * \text{ρεύμα (A)}}{1000}$$



Εικόνα 25 Συνολικό μήκος καλωδίου σύνδεσης inverter-κινητήρα

Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειώσουμε ότι, στις περιελίξεις του κινητήρα, υπάρχει μεγαλύτερη καταπόνηση σε λειτουργία μέσω inverter, σε σχέση με τη λειτουργία από κεντρικούς αγωγούς.

4.1.2.2 Παράμετροι

Για απλή λειτουργία του αντιστροφέα, οι εργοστασιακές ρυθμίσεις των παραμέτρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έχουν. Αναφέρονται κάποιες από τις βασικές παραμέτρους στον Πίνακα 2, οι οποίες μπορούν να αλλαχτούν από το χειριστήριο του inverter. Μερικές παράμετροι μπορούν να αλλαχτούν και κατά τη διάρκεια λειτουργίας του inverter.

Πίνακας 2 Ρυθμιστικές παράμετροι αντιστροφέα

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΡΥΘΜΙΣΗ
00-02	Επαναφορά των εργοστασιακών ρυθμίσεων	9
00-11	Επιλογή VECTOR MODE	2
00-20	Εισαγωγή Επιθυμητής Συχνότητας από Keypad	0
00-21	RUN από εξωτερικές επαφές	1
01-09	Συχνότητα Εκκίνησης (Hz)	0.50
01-10	Ανώτατο Όριο Συχνότητας Εξόδου (Hz)	50.00
01-11	Κατώτατο Όριο Συχνότητας Εξόδου (Hz)	0.00
01-12	Χρόνος Επιτάχυνσης (sec)	1.50

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	ΡΥΘΜΙΣΗ
01-13	Χρόνος Επιβράδυνσης (sec)	1.00
01-24	S1-καμπύλη (sec)	1.00
01-25	S2-καμπύλη (sec)	1.00
01-26	S3-καμπύλη (sec)	1.00
01-27	S4-καμπύλη (sec)	1.00
01-71	Συχνότητα Εναλλαγής της Καμπύλης S3/S4 στην S5 (Hz)	5.00
01-72	S5-καμπύλη (sec)	1.00
01-73	Χρόνος Επιβράδυνσης κατά την λειτουργία χωρίς εντολή FWD (άνοδος) ή REV (κάθοδος) (sec)	0.30
02-03	MI3 = Εντολή Πολυταχύτητας No 1	1
02-04	MI4 = Εντολή Πολυταχύτητας No 2	2
02-05	MI5 = Εντολή Reset	3
02-06	MI6 = Εντολή Απεγκλωβισμού (EPS)	5
02-07	MI7 = Ενεργοποίηση λειτουργίας inverter (ENABLE)	58
02-13	Πολυλειτουργική Έξοδος_RA, RB, RC (Relay) = ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΜΑΝΟΥΒΡΩΝ	11
02-16	Πολυλειτουργική Έξοδος_MO1 (Transistor 1) = ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΦΡΕΝΟΥ	12
02-17	Πολυλειτουργική Έξοδος_MO2 (Transistor 2) = ΕΝΔΕΙΞΗ ΒΛΑΒΗΣ	75
07-04	Σημείο εκκίνησης του ηλεκτρικού φρένου (Hz)	0.50
07-27	Κέρδος αντιστάθμισης ολίσθησης	1.00
07-34	Κέρδος αντιστάθμισης ολίσθησης σε Regenerative mode (%)	100
07-35	Κέρδος αντιστάθμισης ολίσθησης σε Motoring mode (%)	100
07-36	Μέγιστο όριο αντιστάθμισης ολίσθησης (Hz)	1.00

SOS ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ !

-Το ENABLE πρέπει να δίνεται **ΠΡΩΤΑ** και **META** το **FWD** (ή **έστω ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΑ!**), δεν υπάρχει άλλος τρόπος.

-Για να γίνεται **Αυτόματο RESET** στα **STO** πρέπει η 06-44=1.

4.2. Ηλεκτροκινητήρας

4.2.1. Γενικές έννοιες

Οι ηλεκτρικές μηχανές είναι συσκευές που μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική, και αντιστρόφως, και αποτελούν το βασικότερο συστατικό ενός συστήματος ηλεκτρικής κίνησης. Οι μηχανές χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με την τροφοδοσία τους: τις μηχανές συνεχούς ρεύματος και τις μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος.

Οι μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα συγκριτικά με αυτές συνεχούς ρεύματος (π.χ. υψηλή αξιοπιστία, χαμηλό κόστος κατασκευής, απλή κατασκευή, λιγότερη συντήρηση) κι έτσι προτιμώνται και χρησιμοποιούνται ευρέως στο χώρο της βιομηχανικής παραγωγής. Διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

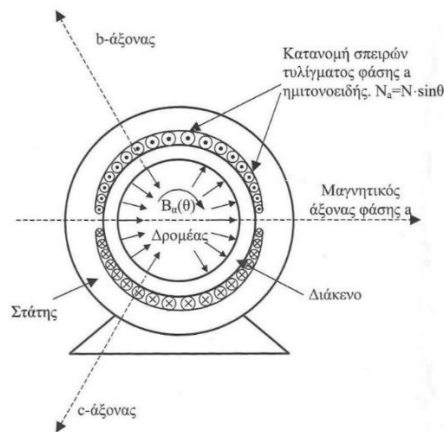
- σύγχρονες μηχανές, στις οποίες η ταχύτητα του δρομέα ισούται με την ταχύτητα που στρέφεται το πεδίο του στάτη (χρησιμοποιούνται κυρίως ως γεννήτριες),
- οι ασύγχρονες μηχανές ή επαγωγικές, όπου η ταχύτητα του δρομέα εξαρτάται από το μέγεθος του φορτίου και είναι μικρότερη από την ταχύτητα που στρέφεται το πεδίο του στάτη (χρησιμοποιούνται κυρίως ως κινητήρες).

4.2.1.1 Το στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο και η ολίσθηση

Ο επαγωγικός κινητήρας αποτελείται από δύο τυλίγματα εναλλασσόμενου ρεύματος, ένα στο στάτη και ένα στο δρομέα. Τα τρία τυλίγματα του στάτη είναι μεταξύ τους μετατοπισμένα στο χώρο κατά 120°. Όταν τα τυλίγματα αυτά τροφοδοτηθούν με ένα τριφασικό σύστημα τάσεων, δημιουργούν ένα ομοιόμορφα περιστρεφόμενο και ημιτονοειδώς κατανομημένο στο στάτη μαγνητικό πεδίο (Εικόνα 6). Η ταχύτητα περιστροφής του πεδίου εξαρτάται από τον αριθμό των πόλων των τυλιγμάτων p και την ηλεκτρική συχνότητα τροφοδοσίας f .

$$n_s = \frac{120 * f}{p}$$

Το στρεφόμενο πεδίο επάγει τάσεις και ρεύματα στο τριφασικό τύλιγμα του δρομέα αλλά και του ίδιου του στάτη. Τα επαγόμενα ρεύματα δημιουργούν μια μαγνητική ροή στο δρομέα, η οποία ακολουθεί τη ροή του στάτη με μια καθυστέρηση. Η αλληλεπίδραση των δύο μαγνητικών πεδίων και η διαφορά φάσης τους, προκαλούν την ανάπτυξη μιας ροπής, η οποία είναι υπεύθυνη για την περιστροφική κίνηση του δρομέα με φορά όμοια με τη φορά περιστροφής του πεδίου του στάτη. Η φορά περιστροφής του δρομέα, λοιπόν, μπορεί να αλλάξει, αν αλλάξει η φορά περιστροφής του πεδίου του στάτη, εναλλάσσοντας δύο εκ των τριών συνδέσεων τροφοδοσίας των τυλιγμάτων του στάτη.



Εικόνα 26 Στρεφόμενο μαγνητικό πεδίο κινητήρα

Τη χρονική στιγμή $t=0$ που τα τυλίγματα του στάτη τροφοδοτούνται με τάση και ο δρομέας είναι ακίνητος, τα επαγόμενα ρεύματα έχουν τη συχνότητα f της τάσης τροφοδοσίας. Όταν, όμως, ο δρομέας αποκτήσει ταχύτητα $\omega_r=2\pi f_r$, τα επαγόμενα ρεύματα έχουν συχνότητα $f-f_r$ και η περιστροφική ταχύτητα του δρομέα ως προς το δρομέα είναι $\omega-\omega_r$. Η μηχανική ταχύτητα του δρομέα ω_r είναι πάντα μικρότερη της σύγχρονης ταχύτητας ω_s .

Το ποσοστό της διαφοράς ονομάζεται ολίσθηση s και συνηθισμένες τιμές της για ονομαστική λειτουργία κινητήρων είναι 2-5%.

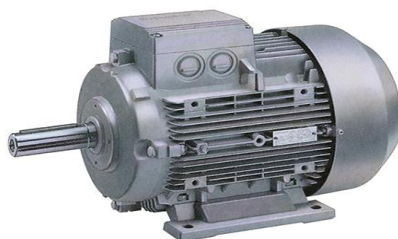
$$s = \frac{\omega_s - \omega_r}{\omega_s}$$

4.2.1.2 Έλεγχος ταχύτητας κινητήρα

Μια τελευταία κατηγοριοποίηση των τριφασικών ασύγχρονων κινητήρων είναι ως προς την κατασκευή του τυλίγματος του δρομέα, σε κινητήρες τυλιγμένου δρομέα ή δακτυλιοφόρους και σε κινητήρες βραχυκυκλωμένου δρομέα ή τύπου κλωβού. Οι κινητήρες του δεύτερου τύπου είναι αυτοί που χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία καθώς στην περίπτωση τροφοδοσίας από αντιστροφέα δεν απαιτείται σύνδεση εξωτερικών στοιχείων στα τυλίγματα του δρομέα.

Η καλύτερη μέθοδος για τον έλεγχο της ταχύτητας των τριφασικών κινητήρων είναι με τη ρύθμιση της σύγχρονης ταχύτητας, ρυθμίζοντας τη συχνότητα τροφοδοσίας του στάτη. Με τη μέθοδο αυτή εξασφαλίζεται επίσης υψηλός βαθμός απόδοσης αφού ο κινητήρας λειτουργεί με μικρή ολίσθηση σε κάθε ταχύτητα. Η χρήση της μεθόδου έχει επικρατήσει έναντι των άλλων τα τελευταία χρόνια. Αυτό οφείλεται στην κατασκευή κατάλληλων μετατροπέων ισχύος, των ρυθμιστών στροφών (inverters), με λογικό κόστος και υψηλή αξιοπιστία.

4.2.2.Μοντέλο της διάταξης



Εικόνα 27 Κινητήρας MS180L-4

Ο ηλεκτρικός κινητήρας που θα χρησιμοποιηθεί είναι από την εταιρεία SHANGHAI TOP MOTOR και απεικονίζεται στην Εικόνα 7. Οι κινητήρες αυτής της σειράς μπορούν να χρησιμοποιηθούν ευρέως σε διάφορα είδη μηχανημάτων γενικής χρήσης όπως ανεμιστήρες, αντλίες, εργαλειομηχανές, συμπιεστές.

Πληροφορίες κινητήρα:

- Μοντέλο NO.: MS180L-4
- Ταχύτητα: 2800 RPM
- Ισχύς: 2,2 KW/3,0 HP
- Αριθμός Πόλων: 2
- Πιστοποίηση: ISO9001, CCC, CE
- Ονομαστική τάση: 400-690V
- Βαθμός προστασίας: IP 55
- Ονομαστική ρεύμα: 4,06 A/ 2,34 A
- CONN: Δ/Υ
- COSΦ: 0,86
- Εφαρμογή: Εργαλείο μηχανής
- Αριθμός στάτη: Τριφασική
- Ονομαστική συχνότητα: 50-60Hz
- Τύπος ψύξης: IC411
- Προδιαγραφές: CE, SGS
- Κωδικός ΕΣ: 8501520000

4.3.Πλακέτα Απεγκλωβισμού

4.3.1.Γενικές έννοιες

Το φαινόμενο διακοπής της τροφοδοσίας ενός συστήματος ελέγχου ανελκυστήρα είναι συχνό. Δεν είναι λίγες οι φορές που οι επιβάτες είναι αναγκασμένοι να παραμείνουν εγκλωβισμένοι μέσα στην καμπίνα μέχρι να τους απεγκλωβίσουν με χειροκίνητο τρόπο. Στους σύγχρονους ανελκυστήρες, η πλακέτα απεγκλωβισμού καθίσταται απαραίτητη για την ασφάλεια των επιβατών καθώς και για την αποφυγή χρονοβόρων και κοπιαστικών προσπαθειών απεγκλωβισμού.

4.3.2.Μοντέλο της διάταξης

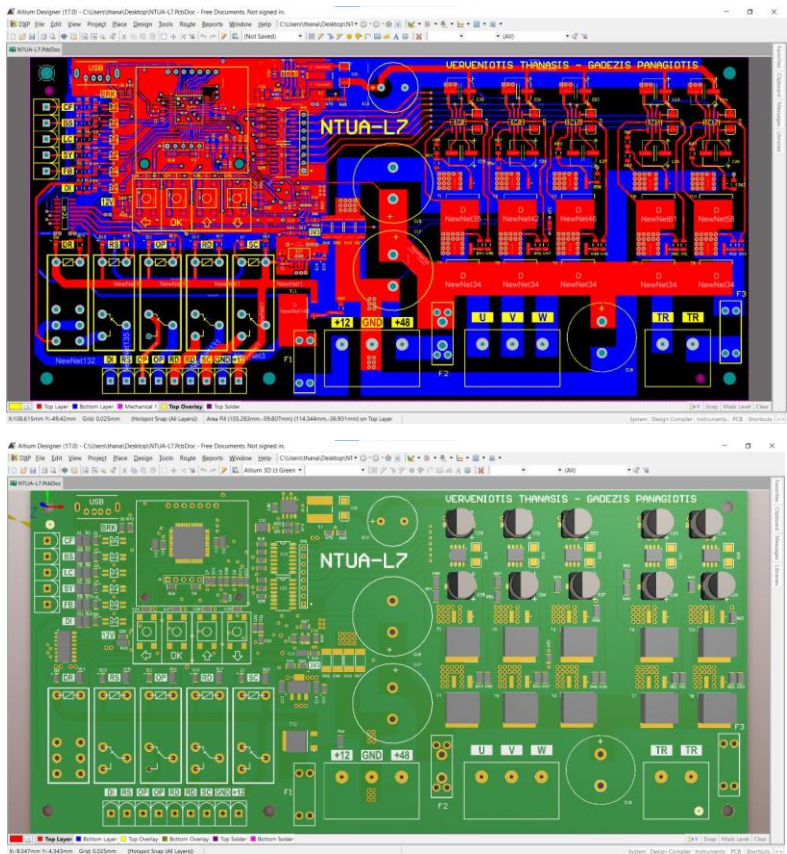


Εικόνα 28 Πλακέτα Απεγκλωβισμού

Στην παρούσα εργασία, το σύστημα απεγκλωβισμού που θα χρησιμοποιήσουμε είναι ιδιοκατασκευή (Εικόνα 28). Το τυπωμένο κύκλωμα έχει σχεδιαστεί με το πρόγραμμα ALTIUM DESIGNER (Εικόνα 9). Το απεγκλωβιστικό σύστημα έχει την δυνατότητα να τροφοδοτηθεί από μια συστοιχία 4 έως 6 μπαταριών σε σειρά, 12V έκαστη. Ο αριθμός των μπαταριών εξαρτάται από το μέγεθος του κινητήρα. Για τις συνήθεις εφαρμογές χρησιμοποιούνται 4 μπαταρίες των 12V και 9Ah. Για ανελκυστήρες-φορηγά μπορούν να χρησιμοποιηθούν 6 μπαταρίες και περισσότερων Ah.

Μερικά από τα βασικά πλεονεκτήματα της πλακέτας απεγκλωβισμού είναι:

- Μετρά το ρεύμα που θα απορροφούσε ο κινητήρας προς κάθε κατεύθυνση και αποφασίζει την κατεύθυνση απεγκλωβισμού, ώστε να δεχτεί το ελάχιστο φορτίο.
- Ελέγχει τη στάθμη των μπαταριών .
- Έχει δυνατότητα να ανοίγει τις αυτόματες θύρες, εάν υπάρχουν.
- Διαθέτει δυνατότητα παραμετροποίησης της ταχύτητας κίνησης του θαλάμου και του ανοίγματος των αυτόματων θυρών.
- Διαθέτει δυνατότητα ενεργοποίησης ηλεκτρικού φρένου του κινητήρα, προσφέροντας ελάχιστη καταπόνηση των μηχανικών φρένων και αυξημένη αξιοπιστία φρεναρίσματος.
- Διαθέτει δυνατότητα ενεργοποίησης ηλεκτρικού φρένου αυτόματων θυρών, ώστε να αποφεύγεται η σύγκρουση κατά το άνοιγμα στο τέρμα της διαδρομής τους.
- Διαθέτει ευανάγνωστη oled οθόνη.
- Διαθέτει προστασία έναντι υπερεντάσεων.
- Διαθέτει μνήμη βλαβών.



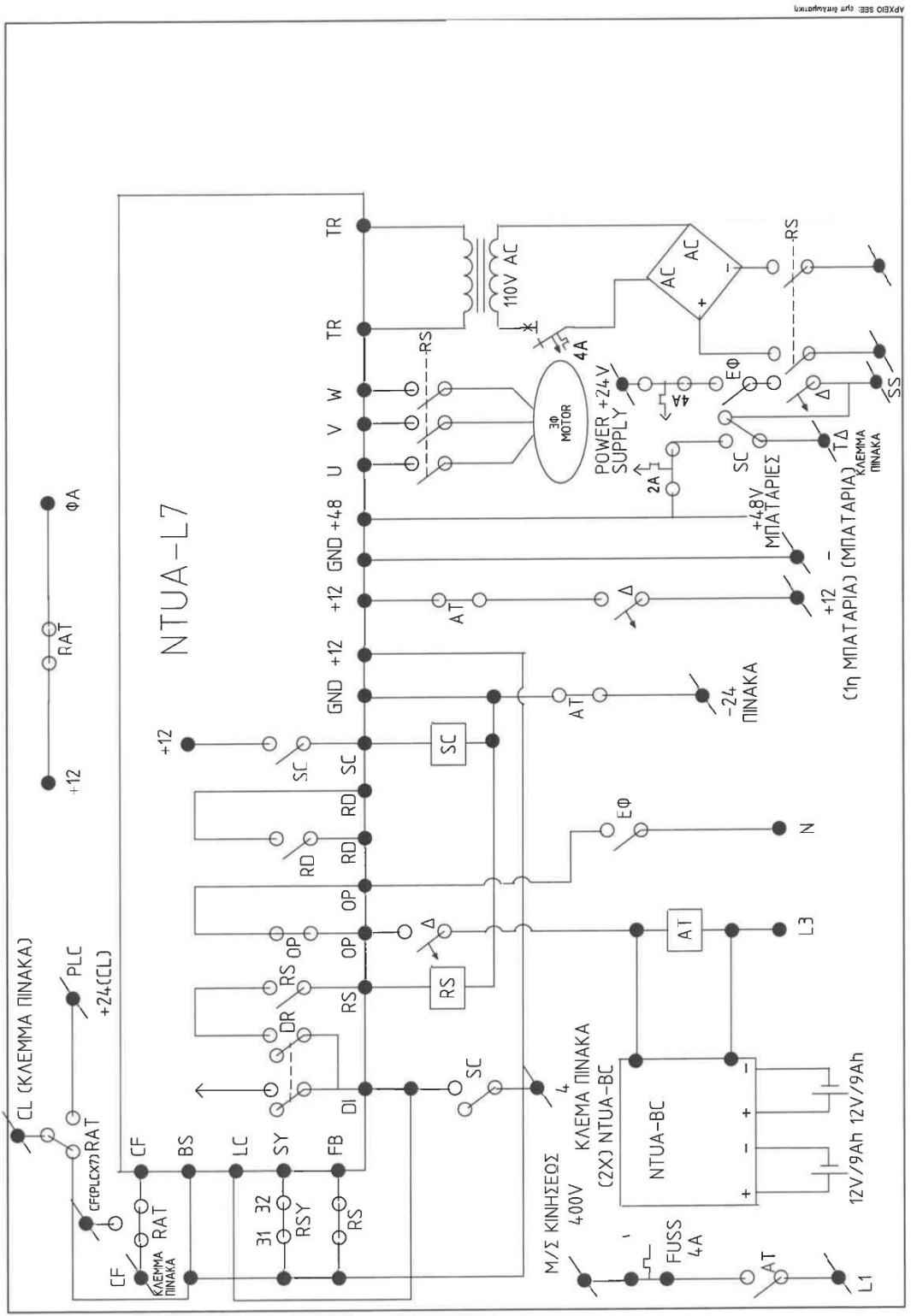
Εικόνα 29 Πλακέτα απεγκλωβισμού στο πρόγραμμα ALTIUM DESIGNER

4.3.2.1 Καλωδίωση

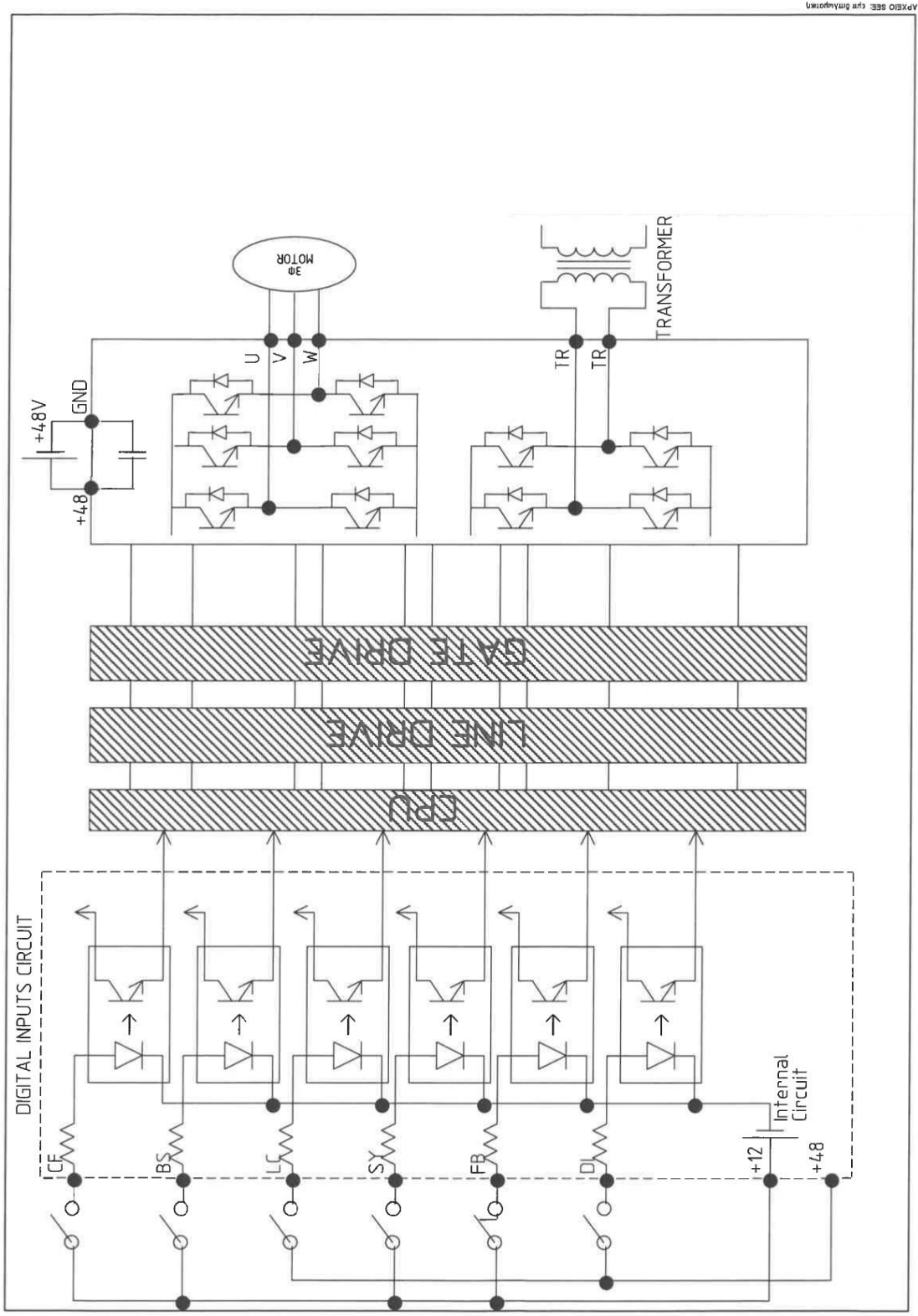
Στον Πίνακα 3 περιγράφονται οι ακροδέκτες του κύριου κυκλώματος του απεγκλωβιστικού. Επίσης, για τη συνδεσμολογία και την καλωδίωση του απεγκλωβιστικού συστήματος με τον κινητήρα και την τροφοδοσία, ακολουθεί, στην επόμενη σελίδα, επεξηγηματικό διάγραμμα σύνδεσης των κλεμοσειρών, στην Εικόνα 30.

Πίνακας 3 Καλωδίωση πλακέτας απεγκλωβισμού

Σύμβολο	Όνομα	Περιγραφή
+12 GND +48	DC τροφοδοσία	Σύνδεση με την εξωτερική τροφοδοσία
U, V, W	Έξοδος απεγκλωβιστικού συστήματος	Σύνδεση με τριφασικό κινητήρα
TR, TR	Έξοδος απεγκλωβιστικού συστήματος	Σύνδεση με μονοφασικό ΜΣ για τη λειτουργία του μηχανικού φρένου του ηλεκτροκινητήρα.



Εικόνα 30 Διάγραμμα σύνδεσης κλεμοσειρών πλακέτας απεγκλωβισμού



Εικόνα 31 Σχηματικό διάγραμμα πλακέτας απεγκλωβισμού

4.3.2.2 Παράμετροι

Στους παρακάτω πίνακες φαίνονται οι εργοστασιακές ρυθμίσεις (Πίνακας 4) και οι κωδικοί σφαλμάτων (Πίνακας 5) που χρησιμοποιούνται επί των πλείστων για τους ανελκυστήρες. Το απεγκλωβιστικό σύστημα δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να το παραμετροποιήσει καταλλήλως για να καλύψει τις ανάγκες του.

Πίνακας 4 Ρυθμιστικές παράμετροι απεγκλωβιστικού συστήματος

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΕΣ	ΡΥΘΜΙΣΗ
0: Restore Defaults	Ενεργοποίηση Εργοστασιακών Παραμέτρων	0: Απενεργοποίηση 1: ενεργοποίηση	0
1: LOCK TIME	Χρόνος Καυστήρησης Απενεργοποίησης του Ρελέ Ισχύος RS από το Άνοιγμα της Κλειδαριάς	1-900 (sec)	7
2: RESCUE TIMEOUT	Χρόνος Διαδρομής	10-65000 (sec)	240
3: DOOR TIME	Χρόνος Ανοίγματος Αυτόματης Πόρτας	0-900 (sec)	0
4: Feedback RS TIME	Χρόνος Επιβεβαίωσης Ενεργοποίησης Ρελέ ισχύος (RS)	0-2000 (ms)	1500
5: Feedback DOOR TIME	Χρόνος Επιβεβαίωσης Ενεργοποίησης Πόρτας (είσοδος DI)	0-2000 (ms)	1500
6: ReadCurrentTime	Χρόνος Επιλογής Κατεύθυνσης Ελαφρύτερου Φορτίου	1000-3000 (ms)	1000
7: DCBrakeTime	Χρόνος Ενεργοποίησης Ηλεκτρικού Φρένου Κινητήρα Κατά το Σταμάτημα	50-150 (x20ms)	51
8: OC2 TIMEOUT	Χρόνος Ανίχνευσης Υπερβολικού Ρεύματος Κατά τη Διάρκεια της Λειτουργίας Του Κινητήρα	1-99 (sec)	5
9: DCBrakeEn	Ενεργοποίηση Ηλεκτρικού Φρένου Κινητήρα Κατά το Σταμάτημα	0: Απενεργοποίηση 1: Ενεργοποίηση	0

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΕΣ	ΡΥΘΜΙΣΗ
10: DOOR_DCBreakEn	Ενεργοποίηση Ηλεκτρικού Φρένου Μοτέρ Αυτόματης 3φασικής Πόρτας Κατά το Σταμάτημα	0: Απενεργοποίηση 1: Ενεργοποίηση	0
11: Feedback RS Enable	Ενεργοποίηση Επιβεβαίωσης Ρελέ Ισχύος (RS)	0: Απενεργοποίηση 1: Ενεργοποίηση	0
12: NTC Enable	Ενεργοποίηση Θερμικού Αισθητήρα Προστασίας Πλακέτας	0: Απενεργοποίηση 1: Ενεργοποίηση	1
13: 2 nd Attempt LLD	Ενεργοποίηση 2 ^{ης} Προσπάθειας Επιλογής Κατεύθυνσης Ελαφρύτερου Φορτίου	0: Απενεργοποίηση 1: Ενεργοποίηση	1
14: OC1	Ενεργοποίηση Ηλεκτρονικού Θερμικού Κινητήρα Κατά τη Διάρκεια Επιλογής Κατεύθυνσης Ελαφρύτερου Φορτίου	0: Απενεργοποίηση 1: Ενεργοποίηση	1
15: OC2	Ενεργοποίηση Ηλεκτρονικού Θερμικού Κινητήρα Κατά τη Διάρκεια Κανονικής Λειτουργίας	0: Απενεργοποίηση 1: Ενεργοποίηση	1
16: MAX ADC VALUE	Μέγιστη Τιμή Καταγραφής ADC Κατά τη Διάρκεια Επιλογής Κατεύθυνσης Ελαφρύτερου Φορτίου	0-1023 (ADC)	1023
17: LV Min Value	Επιλογή Ελάχιστης Τιμής Τάσης Λειτουργίας Μπαταρίας 12V Τροφοδοσίας της Πλακέτας Απεγκλωβισμού	1-20 (Volts)	10
18: HV Min Value	Επιλογή Ελάχιστης Τιμής Τάσης Λειτουργίας Μπαταριών 48V για το Κύκλωμα Ισχύος	1-150 (Volts)	32
19: ADCFilt	Χρόνος Ενεργοποίησης των Αναλογικών Φίλτρων	1-99 (sec)	5

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΕΣ	ΡΥΘΜΙΣΗ
20: Test Speed	Επιλογή Συχνότητας Λειτουργίας Κινητήρα Κατά τη Διάρκεια Επιλογής Κατεύθυνσης Ελαφρύτερου Φορτίου	3-15 (Hz)	5
21: Run Speed	Επιλογή Συχνότητας Λειτουργίας Κινητήρα Κατά τη Διάρκεια Κανονικής Λειτουργίας	3-15 (Hz)	4
22: Door Speed	Επιλογή Συχνότητας Λειτουργίας Μοτέρ 3φασικής Αυτόματης Πόρτας	3-15 (Hz)	5
23: Ramp Accell	Επιλογή Τιμής Επιτάχυνσης Ράμπας Εκκίνησης	1-1000	4
24: NoMotorEn	Επιλογή Ανίχνευσης Κινητήρα Κατά τη Διάρκεια Επιλογής Κατεύθυνσης Ελαφρύτερου Φορτίου	0: Απενεργοποίηση 1: Ενεργοποίηση	1
25: ManualRescEn	Επιλογή Ενεργοποίησης Χειροκίνητου Απεγκλωβισμού	0: Απενεργοποίηση 1: Ενεργοποίηση	0
26: ManualRescTime	Επιλογή Χρόνου Ενεργοποίησης Χειροκίνητου Απεγκλωβισμού από Buttons	1-99 (x250ms)	4
27: ManualRescCFEn	Επιλογή Σταματήματος Χειροκίνητου Απεγκλωβισμού από Αισθητήρα Στάσης	0: Απενεργοποίηση 1: Ενεργοποίηση	0

ΚΩΔΙΚΟΙ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ NTUA-L7

Πίνακας 5 Κωδικοί Σφαλμάτων NTUA-L7

ΕΝΔΕΙΞΗ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ
DOOR FEEDBACK	Σφάλμα Ανάδρασης Εισόδου DI Από Πόρτα
RS FEEDBACK	Σφάλμα Ενεργοποίησης Εισόδου FB Από Ρελέ RS
OC2	Υπερβολική Αύξηση Ρεύματος Κατά τη Λειτουργία
HIGH TEMP	Υπερβολική Αύξηση Θερμοκρασίας MOSFET
NO MOTOR	Ανίχνευση Απώλειας Σύνδεσης Κινητήρα
OC1	Υπερβολική Αύξηση Ρεύματος Κατά τη Διάρκεια Επιλογής Κατεύθυνσης Ελαφρύτερου Φορτίου
RESCUE TIME OUT	Σφάλμα Ενεργοποίησης Χρονικού Διαδρομής
SERVICE INPUT	Σφάλμα Ενεργοποίησης Εισόδου SY Από Διακόπτη Συντήρησης Θαλάμου
DOOR OPEN	Σφάλμα Ενεργοποίησης Εισόδου DI Από Πόρτα
BS OFF	Σφάλμα Ενεργοποίησης Εισόδου BS
LOCK OPEN	Σφάλμα Ενεργοποίησης Εισόδου LC Από Κλειδαριά
LOW POWER	Χαμηλή Τάση 48V DC
LOW BATTERY	Χαμηλή Τάση 12V DC Τροφοδοσίας Πλακέτας

4.3.3.1 Κώδικας Απεγκλωβισμού

Το πρόγραμμα που δημιουργήθηκε για να υλοποιήσει τον αυτοματισμό, γράφτηκε σε γλώσσα C στο περιβάλλον MPLAB IDE. Ο compiler που χρησιμοποιήθηκε είναι ο CCS C COMPILER.

Παρακάτω φαίνεται ένα μικρό τμήμα του κώδικα του απεγκλωβιστικού συστήματος σε μορφή C.

```
VTT-47 - MPLAB IDE v8.91 - [C:\Thanasis\VTT-PRG\VTT-47A\Manual_resq.h]
File Edit View Project Debugger Programmer Tools Configure Window Help
Checksum: 0x03bf
while(!SY && !BreakManResq && ADCok) {
    ReadBat40();
    ReadBat12();
    ReadNTC();
    check_inputs();
    if(!ADCVoltNtc()) break; //Undervoltage Protection
    if(BT1 && BT4 && (!(CF && ManualResqCFEn) || !ManualResqCFEn)){
        Manual_resqDisp(1); //Show "BRAKE RELEASE"
        ManResqTimer=ManualResqTime;
        RSC=1;
        while(ManResqTimer) {
            ReadBat40();
            ReadBat12();
            ReadNTC();
            check_inputs();
            if(!ADCVoltNtc()) break; //Undervoltage Protection
            if(!BT1 || !BT4 || (CF && ManualResqCFEn) || SY) break;
        }
        Manual_resqDisp(0); //Show "STOP"
        RSC=0;
        while((BT1 || BT4) && !SY && ADCok) {
            ReadBat40();
            ReadBat12();
            ReadNTC();
            check_inputs();
            if(!ADCVoltNtc()) break; //Undervoltage Protection
        }
        if(SY) BreakManResq=1;
    }
    BreakManResq=0;
}
```

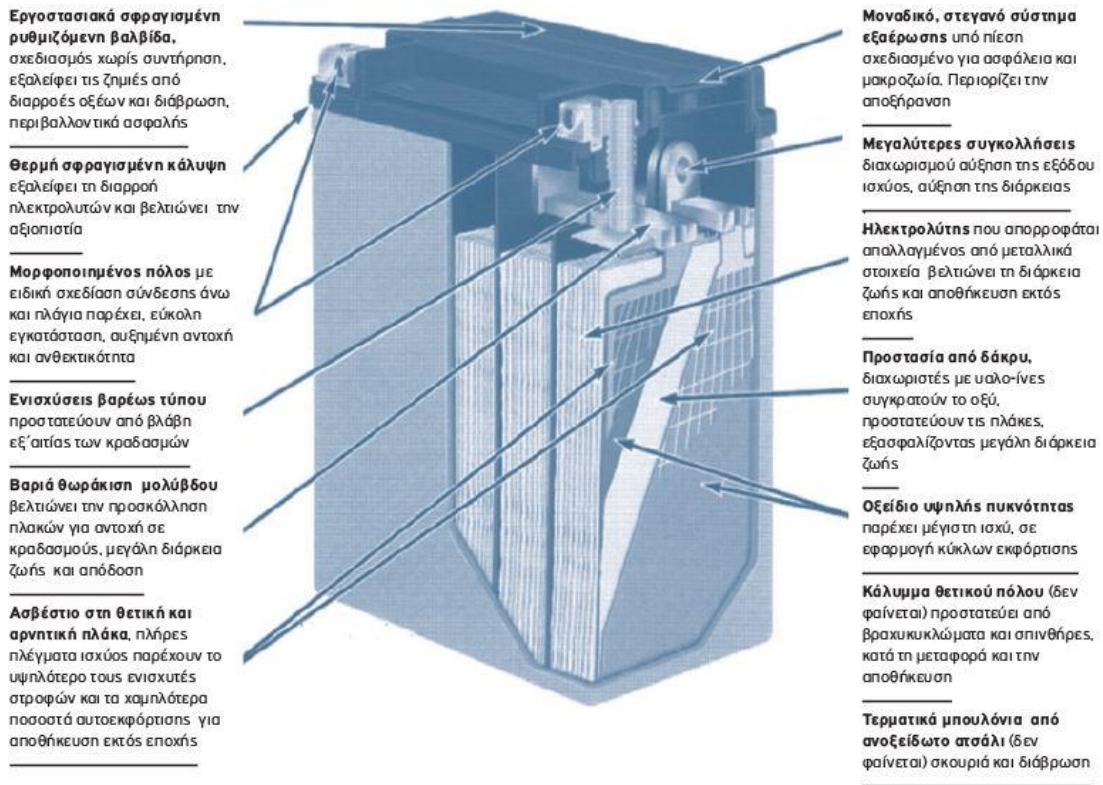
4.4.Αυτόματος Φορτιστής PB

4.4.1.Γενικές έννοιες

Ο συσσωρευτής τύπου μολύβδου-οξέος ήταν η πρώτη επαναφορτιζόμενη μπαταρία που έχει εφευρεθεί το 1859. Στα 159 χρόνια ανάπτυξης έχει χρησιμοποιηθεί σε αμέτρητες εφαρμογές με κύρια χρήση την εκκίνηση οχημάτων, εφεδρικής ενέργειας, τηλεπικοινωνίες και έλκυση (tractions). Οι συσσωρευτές τύπου μολύβδου-οξέος αντιπροσωπεύουν το 70% των παγκόσμιων πωλήσεων στις επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. Στην (Εικόνα 32) απεικονίζεται η τομή μίας τέτοιας μπαταρίας.

Παρά την πρόσφατη ταχεία ανάπτυξη τεχνολογίας μπαταριών τύπου ιόντων λιθίου/πολυμερούς λιθίου, εξακολουθεί να αναπτύσσεται παράλληλα και η τεχνολογία καθώς επίσης και η διαδικασία κατασκευής στη βιομηχανία τύπου μολύβδου-οξέος μπαταριών. Στον Πίνακα 6 φαίνονται τα κύρια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα στις μπαταρίες μολύβδου-οξέος.

Η φόρτιση των μπαταριών σε οικιακούς, καλά αεριζόμενους χώρους, όταν εκτελείται σωστά, είναι απολύτως ασφαλής. Κατά τη φόρτιση, οι μπαταρίες μολύβδου-οξέος απελευθερώνουν λίγο υδρογόνο, αλλά όχι πολύ. Το υδρογόνο γίνεται εκρηκτικό σε συγκέντρωση 4%. Μια τέτοια ποσότητα υδρογόνου μπορεί να απελευθερωθεί μόνο κατά τη φόρτιση πολύ μεγάλων μπαταριών σε ένα ερμητικά κλειστό δωμάτιο.



Εικόνα 32 συσσωρευτής μολύβδου-οξέος

Πίνακας 6 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα μπαταριών μολύβδου-οξέος

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Χαμηλός κόστος επαναφορτιζόμενης μπαταρίας ✓ Ανακυκλώσιμο ✓ Διατίθεται σε έκδοση χωρίς συντήρηση ✓ Εύκολο στην κατασκευή: μαζική παραγωγή ✓ Καλή απόδοση επαναφόρτισης (> 70%) ✓ Διατίθεται σε ποικίλες χωρητικότητας, μεγέθη, και σχέδια ✓ Καλή απόδοση ✓ Καλή λειτουργία σε μεγάλος εύρος θερμοκρασιών (-40°C έως 60°C) ✓ Καλή τάση σε ένα στοιχείο (ανοιχτό κύκλωμα τάσης > 2 V) ✓ Εύκολη ένδειξη φόρτισης-εκφόρτισης 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Σχετικά χαμηλή διάρκεια ζωής (περίπου 500 κύκλοι βαθιάς φορτο-εκφόρτισης) ✓ Χαμηλή πυκνότητα ενέργειας (τυπικά 30 έως 40 Wh/kg) ✓ Μακροπρόθεσμη αποθήκευση σε κατάσταση αναμονής μπορεί να οδηγήσει σε θείωση του ηλεκτροδίου της μπαταρίας προκαλώντας μη αναστρέψιμη βλάβη ✓ Το πλέγμα περιέχει αντιμόνιο και αρσενικό, τα οποία είναι βλαβερά για την υγεία ✓ Μπαταρίες μικρού μεγέθους (<500 mAh, μπαταρία μεγέθους AA) είναι δύσκολο να γίνει ✓ Το βραχυκύκλωμα θα προκαλέσει μη αναστρέψιμη βλάβη της μπαταρίας

4.4.2.Μοντέλο της διάταξης



Εικόνα 33 Πλακέτα Φόρτισης

Και στην περίπτωση του φορτιστή PB που θα χρησιμοποιήσουμε είναι ιδιοκατασκευή (Εικόνα 33) και έχει δημιουργηθεί με το πρόγραμμα ALTIUM DESIGNER (Εικόνα 34).

Η διαδικασία φόρτισης γίνεται σε τρία στάδια όπου:

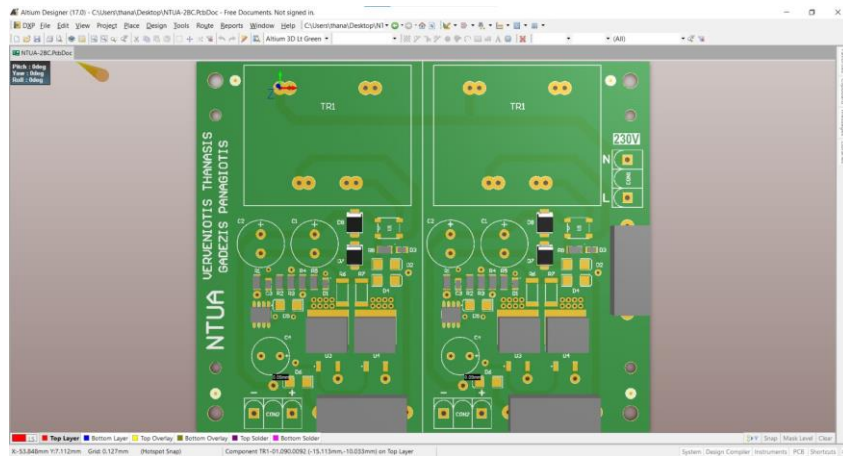
Στάδιο 0 (battery analysis): Γίνεται έλεγχος της μπαταρίας. Εάν η τάση της (για 12V μπαταρία) είναι 13,8V θεωρείται φορτισμένη και περνάει στο στάδιο 2 αλλιώς περνάει στο στάδιο 1.

Στάδιο 1. (constant current): Στο πρώτο στάδιο η φόρτιση γίνεται με σταθερό ρεύμα και όλη την ισχύ του φορτιστή, μέχρι η τάση να φτάσει στα 14,0V, οπότε ξεκινάει το επόμενο στάδιο φόρτισης.

Στάδιο 2. (float charge): Σε αυτό το στάδιο φόρτισης ο φορτιστής συντηρεί τη μπαταρία με τάση 13,8V.

Μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά είναι:

- Είσοδος : 230VAC
- Συχνότητα : 50 Hz
- Ονομαστικό ρεύμα εξόδου : 1.5 A
- Τάση εξόδου : 13,8 VDC
- Με λειτουργία συντήρησης μπαταρίας
- Κατάλληλος για φόρτιση μπαταριών μολύβδου-οξέος τάσης 12V (1,3Ah έως 24Ah).
- Ενδείξεις λειτουργιών φόρτισης και συντήρησης με LED.



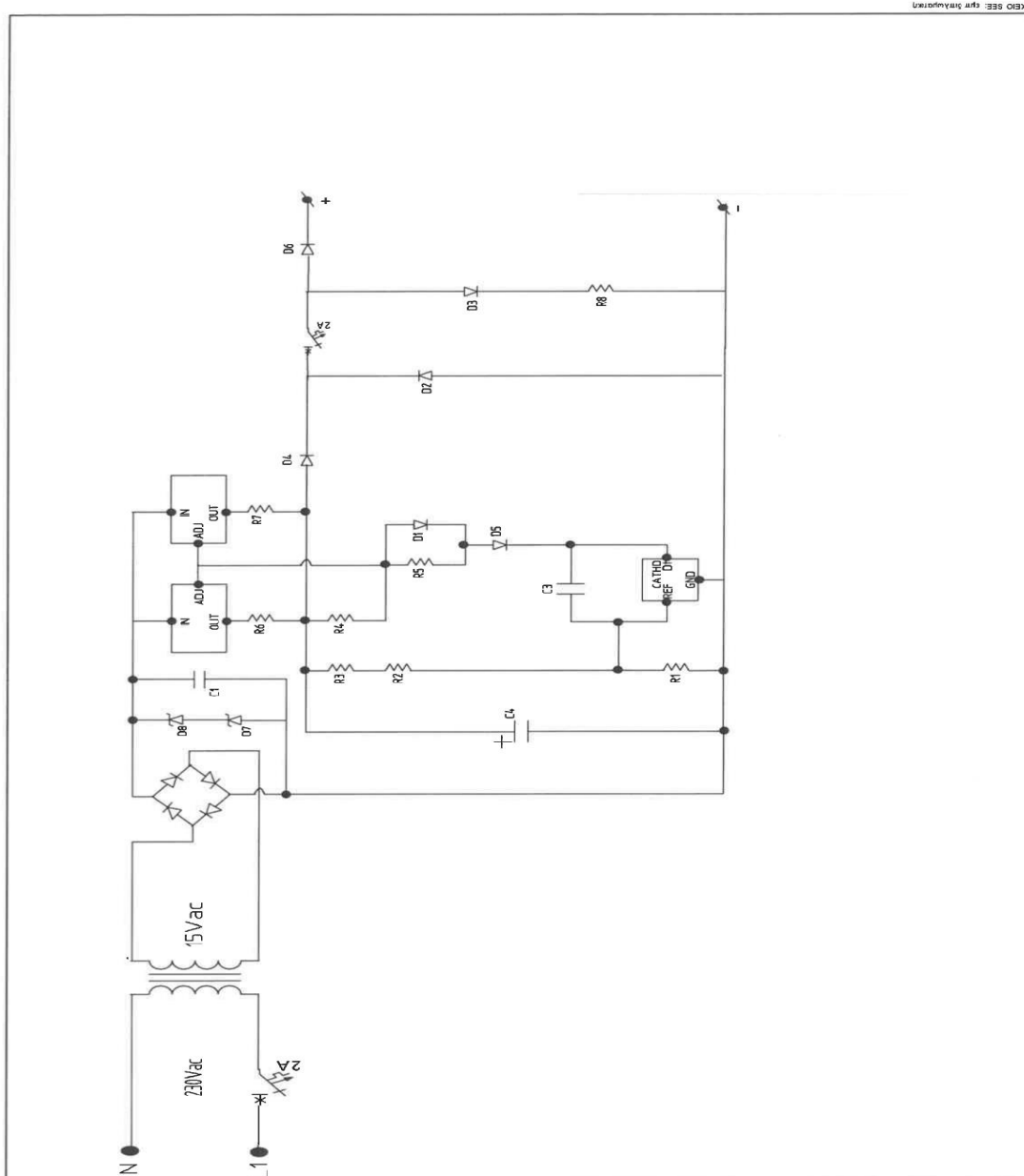
Εικόνα 34 Πλακέτα φόρτισης σχεδιασμένη στο ALTIVM DESIGNER

4.4.2.1 Καλωδίωση

Πίνακας 7 περιγράφονται οι ακροδέκτες του κύριου κυκλώματος του φορτιστή. Επίσης, για τη συνδεσμολογία και την καλωδίωση του φορτιστή και την τροφοδοσία, ακολουθεί, στην επόμενη σελίδα, επεξηγηματικό διάγραμμα σύνδεσης των κλεμοσειρών, στην (Εικόνα 35).

Πίνακας 7 Καλωδίωση Κύκλωμα Φορτιστή

Σύμβολο	Όνομα	Περιγραφή
L N	230V AC τροφοδοσία	Σύνδεση με την εξωτερική τροφοδοσία
+, -	DC έξοδος φόρτισης	Σύνδεση με μπαταρία



Εικόνα 35 Ηλεκτρονικό Κύκλωμα Φορτιστή

5.HMI

5.1.1.Γενικές έννοιες

HMI: Human Machine Interface, Διεπαφή Ανθρώπου - Μηχανής.

Ένα σύστημα HMI αντιπροσωπεύει τη διεπαφή μεταξύ του χρήστη και της διαδικασίας. Η λειτουργία της διαδικασίας ελέγχεται κυρίως από το PLC. Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει τη συσκευή HMI για να παρακολουθεί τη διαδικασία ή να παρεμβαίνει στη διαδικασία που εκτελείται.

Τα γραφικά αντικείμενα είναι όλα αυτά τα στοιχεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απεικόνιση του έργου στο HMI. Αυτά περιλαμβάνουν, για παράδειγμα, κείμενα,

κουμπιά, διαγράμματα ή γραφικά για την απεικόνιση τμημάτων μηχανών, οχημάτων, ακόμα και ολόκληρων γραμμών παραγωγής. Τα γραφικά αντικείμενα μπορούν να απεικονιστούν στατικά ή να χρησιμοποιηθούν ως δυναμικά αντικείμενα με τη βοήθεια ετικετών:

- Τα στατικά αντικείμενα δεν αλλάζουν στο χρόνο εκτέλεσης.
- Τα δυναμικά αντικείμενα αλλάζουν ανάλογα με τη διαδικασία.

5.1.2.Διασύνδεση μεταξύ PLC και HMI

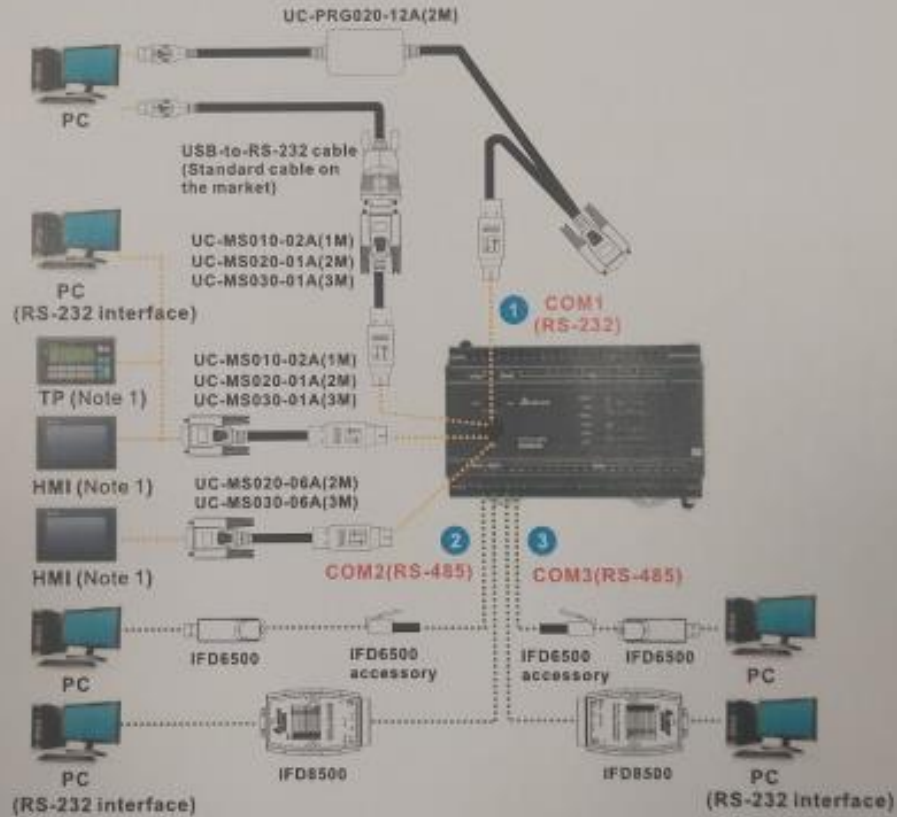
Για να εμφανίζονται οι ενδείξεις στην οθόνη του HMI θα πρέπει να συνδεθεί στη σειριακή θύρα RS 232 του PLC, ώστε να λαμβάνει τις πληροφορίες για την κατάσταση των εισόδων και εξόδων του PLC, καθώς και άλλες πληροφορίες/μετρήσεις. Αυτή η διαδικασία επιτυγχάνεται ως εξής:

- Ένωση ετικετών PLC από τη μνήμη του PLC, με ετικέτες HMI (PLC connection)
- Εσωτερικές ετικέτες από τη μνήμη της συσκευής HMI με τη μορφή αλφαριθμητικών ενδείξεων, τάσεων και γραμμών.(HMI Internal Tags)

Η διασύνδεση του PLC και HMI έχει πραγματοποιηθεί με χειροκίνητο τρόπο με καλώδιο RS 232.

1.1 DVP-ES2/EX2 Series

DVP-ES2/EX2 series (DVP16ES200R, DVP16ES200T, DVP20EX200R, DVP20EX200T, DVP24ES200R, DVP24ES200T, DVP30EX200R, DVP30EX200T, DVP32ES200R, DVP32ES200T, DVP32ES211T, DVP40ES200R, DVP40ES200RM, DVP40ES200T, DVP58ES200R, DVP58ES200T, DVP60ES200R, DVP60ES200T)



Note 1: Please refer to section 1.16, section 1.17, and section 1.18 for more information about TP/HMI models.

Note 2: Please refer to section 1.21 for more information about 1, 2, 3, etc.

Εικόνα 36 Διάγραμμα Διασύνδεσης μεταξύ PLC και HMI

Προφανώς, κάθε οπτικό αντικείμενο έχει ένα δικό του μενού επεξεργασίας που δίνει μια πληθώρα δυνατοτήτων όπως την δημιουργία κίνησης ή οπτικών εφέ στο αντικείμενο που προσφέρουν μια οπτική συνοχή στη διαδικασία μας. Οι δυνατότητες που προσφέρει το HMI είναι πολλές και οι βιβλιοθήκες αντικειμένων επίσης, και έτσι, μπορούν να επιτευχθούν οπτικά αποτελέσματα προσομοιώσεων σε πληθώρα διαφορετικών εφαρμογών.

5.2. Προσομοίωση

5.2.1. Μοντέλο της διάταξης



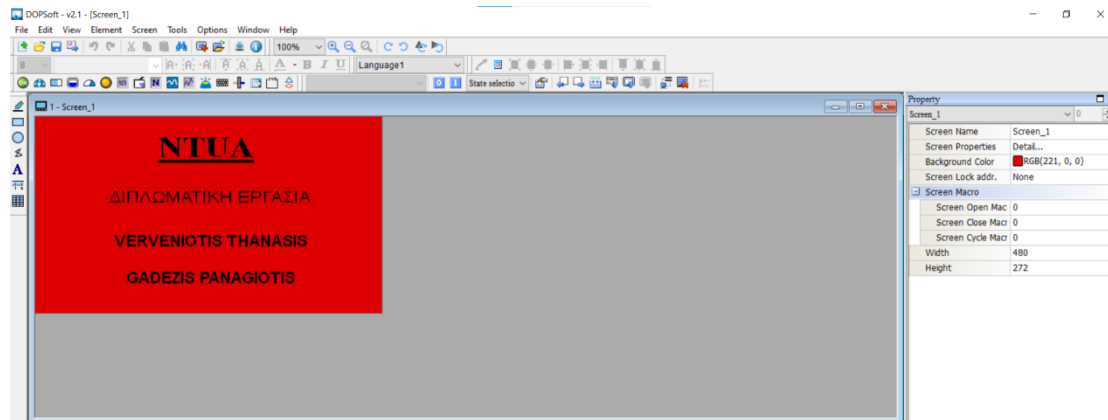
Εικόνα 37 Panel Delta DOP-107EG

Μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά είναι:

- 7 ιντσών (800 x 480 pixel) TFT LCD 65536 χρώματα
- 3 σετ θυρών COM, υποστηρίζει RS-232 / RS-422 / RS-485
- Για μεταφορά/λήψη δεδομένων: RS-232, USB
- Υποστηρίζει USB Host για άμεση σύνδεση με δίσκο USB, εκτυπωτή και ποντίκι
- Υποστηρίζει κάρτα SDHC
- Υποστηρίζει λειτουργία ηλεκτρονικής κάμερας (E-Cam) (για ASDA-A2)
- Υποστηρίζει τη λειτουργία λήψης G-code (Για DVP-10MC / DVP-20PM)
- Συμμορφώνεται με το πρότυπο IP65
- Υποστηρίζει οριζόντια / κάθετη οθόνη
- Λογισμικό επεξεργασίας υπολογιστή, το DOPSoft είναι συμβατό με λειτουργικά συστήματα: Windows XP, Windows Vista, Windows 7, Windows 10

5.2.2. Στιγμιότυπα Οθόνης

Κατά την εκκίνηση του HMI εμφανίζεται η Εικόνα Εικόνα 38.



Εικόνα 38 Οθόνη Έναρξης HMI

Μετά την πάροδο μερικών δευτερολέπτων δίνεται η εντολή αρχικοποίησης του συστήματος και εμφανίζεται η (Εικόνα 39). Σε αυτήν φαίνονται μερικές από τις βασικές εισόδους – εξόδους για την λειτουργία του ανελκυστήρα, τον όροφο στον οποίο βρίσκεται ,τον αριθμό βλαβών που έχουν καταγραφεί και αποθηκεύονται αναλυτικά στην μνήμη βλαβών και τέλος ένα πεδίο που εμφανίζει βασικά μηνύματα κατά την κίνηση του ανελκυστήρα .

Στο πρώτο πεδίο στην αριστερή στήλη της (Εικόνας 39) εμφανίζει τα εξής μηνύματα ,

- (-----) Η κατάσταση αυτή απεικονίζει την έναρξη της διαδικασίας φόρτωσης των δεδομένων .
- (ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΠΙΝΑΚΑ) Η κατάσταση αυτή διακόπτει την κανονική λειτουργία του ανελκυστήρα και ο θάλαμος κινείται με την μικρή ταχύτητα μέσω τον μπουτον ανόδου – καθόδου που βρίσκονται στον πίνακα από τον συντηρητή .
- (ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΦΡΕΑΤΙΟΥ) Η κατάσταση αυτή δίνει την δυνατότητα μόνο στον συντηρητή να κινήσει τον ανελκυστήρα με τα μπουτον ανόδου – καθόδου από το χειριστήριο που βρίσκεται πάνω από τον θάλαμο
- (RESET) Η κατάσταση αυτή εμφανίζεται μετα από διακοπή του ηλεκτρικού ρεύματος και από την επαναφορά του διακόπτη συντήρησης στη θέση λειτουργία. Τότε ο θάλαμος επανέρχεται στο σημείο αναφοράς του που είναι ο τελευταίος κάτω όροφος.
- (ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ) Η κατάσταση αυτή επιτρέπει τον χειρισμό του ανελκυστήρα να γίνεται από τους κομβιοδόχους των κλήσεων .

Στα επόμενα πεδία εμφανίζεται η αλυσίδα ασφαλιστικών που αποτελείται από

- (τέρμα Διαδρομής)
- (στοπ)
- (πόρτα)
- (κλειδαριά)

Όταν η γραμματοσειρά είναι με κεφαλαία τα ασφαλιστικά είναι κλειστά και μπορεί να λειτουργήσει ο ανελκυστήρας. Αντίθετα όταν η γραμματοσειρά είναι με πεζά έστω και σε ένα ασφαλιστικό σημαίνει ότι είναι ανοιχτό και δεν μπορεί να λειτουργήσει ο ανελκυστήρας.

Στο πεδίο που εμφανίζεται η ένδειξη (μαγνήτης) όταν η γραμματοσειρά είναι με κεφαλαία τότε το PLC δίνει εντολή για το κλείσιμο της αυτόματης πόρτας ώστε να κλείσει η κλειδαριά και να πραγματοποιηθεί η κίνηση του ανελκυστήρα .

Στο πεδίο που εμφανίζεται η ένδειξη (ΟΡΟΦΟΣ) απεικονίζει τον όροφο που βρίσκεται ο θάλαμος .

Στο πεδίο που εμφανίζεται η ένδειξη (πρότερμα ανόδου) , (πρότερμα καθόδου) όταν η γραμματοσειρά είναι με πεζά τότε ο θάλαμος βρίσκεται στο επίπεδο του αντίστοιχου προτερματος και αποτρέπει τον ανελκυστήρα να κινηθεί με μεγάλη ταχύτητα .

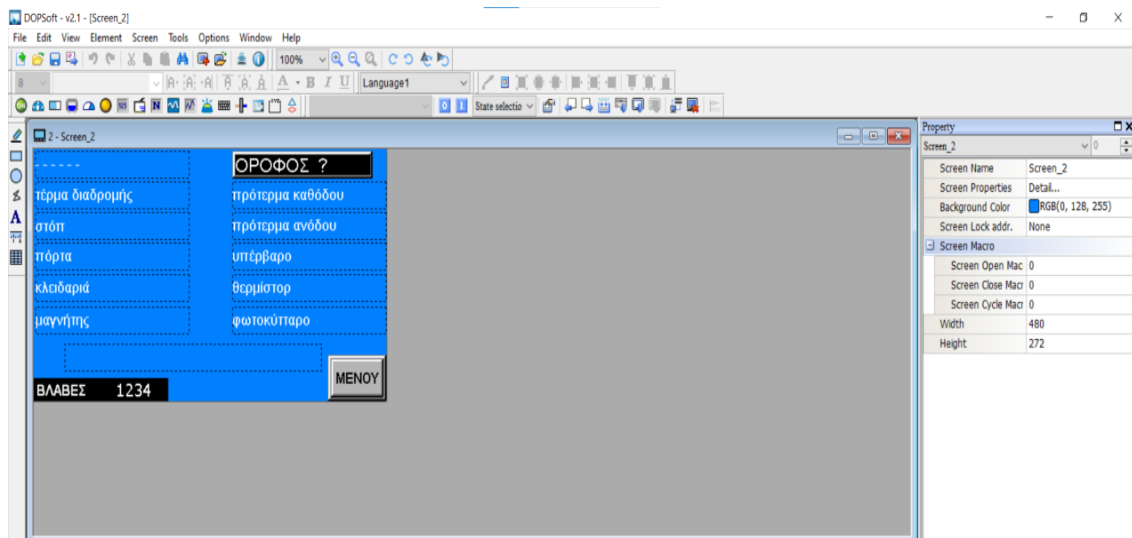
Στο πεδίο που εμφανίζεται η ένδειξη (υπέρβαρο) όταν η γραμματοσειρά είναι με πεζά τότε έχει υπερβεί το επιτρεπτό όριο βάρους και ο ανελκυστήρας δεν λειτουργεί .

Στο πεδίο που εμφανίζεται η ένδειξη (θερμίστορ) όταν η γραμματοσειρά είναι με πεζά απεικονίζει την υπερθέρμανση του κινητήρα και διακόπτει την λειτουργία του έως ότου επανέλθει ο κινητήρας σε κανονική θερμοκρασία .

Στο πεδίο που εμφανίζεται η ένδειξη (φωτοκύτταρο) όταν η γραμματοσειρά είναι με πεζά απεικονίζει την ύπαρξη εμποδίου στην είσοδο της θύρας του ανελκυστήρα και το PLC δίνει εντολή ανοίγματος των θυρών .

Στο πεδίο που είναι κενό εμφανίζει τα βασικά μηνύματα κατά την κίνηση του ανελκυστήρα που είναι

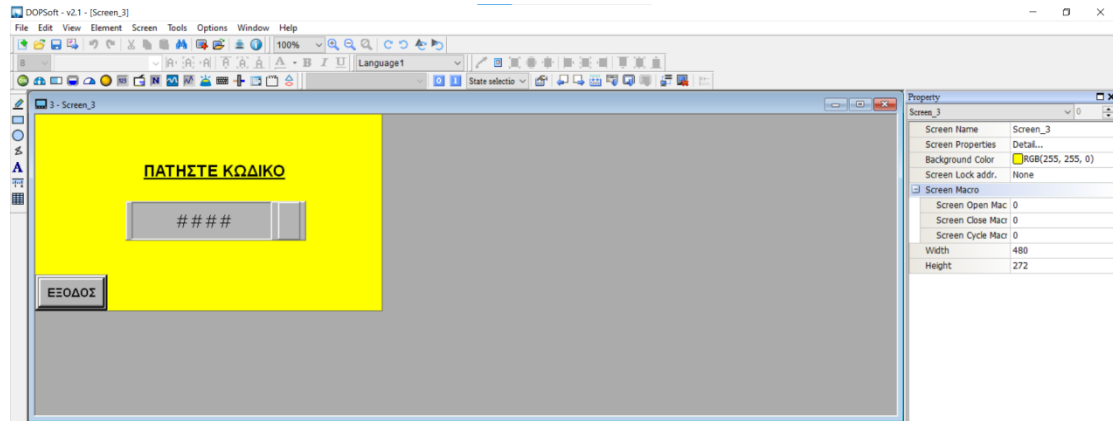
- (ΑΝΟΔΟΣ ΜΕΓΑΛΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ)
- (ΑΝΟΔΟΣ μικρή ΤΑΧΥΤΗΤΑ)
- (ΚΑΘΟΔΟΣ ΜΕΓΑΛΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ)
- (ΚΑΘΟΔΟΣ μικρή ΤΑΧΥΤΗΤΑ)
- (ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΣΕ ΑΣΤΕΡΑ)
- (ΑΝΟΔΟΣ μικρή ΤΑΧΥΤΗΤΑ - ΔΙΟΡΘΩΣΗ)
- (ΚΑΘΟΔΟΣ μικρή ΤΑΧΥΤΗΤΑ - ΔΙΟΡΘΩΣΗ)
- (ΕΚΚΙΝΗΣΗ ΣΕ ΑΣΤΕΡΑ- ΔΙΟΡΘΩΣΗ)



Εικόνα 39 Οθόνη για Βασικές Είσοδους-Εξοδους HMI

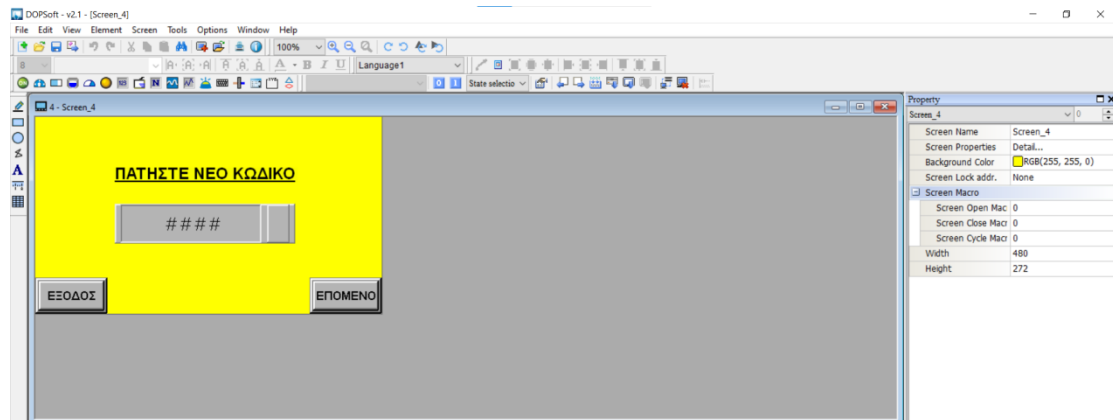
Στην (Εικόνα 40) φαίνεται ο τρόπος εισόδου στην μνήμη βλαβών και παραμέτρων πληκτρολογώντας ο χρήστης τον κωδικό που έχει εισχωρήσει αλλιώς ο εργοστασιακός κωδικός είναι τα τέσσερα μηδενικά.

Τέλος μπορεί ο χρήστης να μεταφερθεί ξανά στο βασικό μενού πατώντας το κουμπί έξοδος.



Εικόνα 40 Οθόνη Εισαγωγής Κωδικού

Στην (Εικόνα 41) ο χρήστης έχει την δυνατότητα αλλαγής του κωδικού εισόδου. Με το μπουτόν έξοδος ο χρήστης μεταφέρεται στην αρχική οθόνη και με το μπουτόν επόμενο ο χρήστης μεταφέρεται στο βασικό μενού.

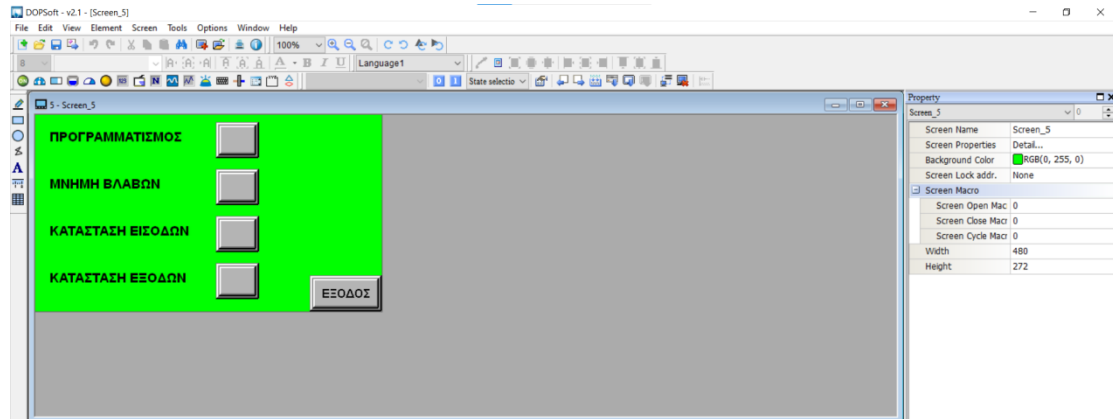


Εικόνα 41 Οθόνη Αλλαγής Κωδικού

Στην (Εικόνα 42) φαίνεται το main menu του ΗΜΙ.Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να εισέλθει σε μια από τις παρακάτω επιλογές ,

- (ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ) Ο χρήστης μπορεί να αλλάξει ένα πλήθος από παραμέτρους ανάλογα με την εφαρμογή .
- (ΜΝΗΜΗ ΒΛΑΒΩΝ) Ο χρήστης μπορεί να δει το ιστορικό βλαβών που έχουν καταχωρηθεί .

- (ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΙΣΟΔΩΝ) Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ελέγξει ποιες είσοδοι του PLC είναι ενεργοποιημένες και ποιες όχι .
- (ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΞΟΔΩΝ) Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ελέγξει ποιες έξοδοι του PLC είναι ενεργοποιημένες και ποιες όχι .



Εικόνα 42 Main menu HMI

Στις παρακάτω εικόνες (Εικόνα 43 έως Εικόνα 50) φαίνονται οι παράμετροι (προγραμματισμός) του συστήματος αφού εισέλθουμε από το κουμπί ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ.

Στην (Εικόνα 43) στο πεδίο με την ένδειξη (ΣΤΑΣΕΙΣ) ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ορίσει τον αριθμό των ορόφων του κτιρίου. Ο μέγιστος αριθμός ορόφων που μπορεί να καταχωρήσει ο χρήστης είναι δεκαέξι.

Στο κενό πεδίο ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επιλέξει το τύπο του ανελκυστήρα που θα συνεργαστεί ο ηλεκτρικός πίνακας. Οι δυνατότητες του συστήματος είναι οι ακόλουθες

- ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ
- GMV
- IGV
- INVERTER
- ΜΗΧΑΝΙΚΟ

Στο πεδίο με την ένδειξη (ΑΥΤΟΜΑΤΟ) ο χρήστης επιλέγει τον τρόπο λειτουργίας του ανελκυστήρα επιλέγοντας μια κατάσταση από τις ακόλουθες ,

- (ΑΥΤΟΜΑΤΟ) Σε αυτήν την λειτουργία ο ανελκυστήρας δίνει προτεραιότητα στην πρώτη κλήση που έγινε από τους επιβάτες στην περίπτωση που έχουν πατηθεί δύο κλήσεις. Αν έχει δεχθεί περισσότερες κλήσεις αφού εκτελεστεί η πρώτη η προτεραιότητα στις επόμενες κλήσεις δίνεται με την σειρά που θα συναντήσει ο ανελκυστήρας κατά την πορεία του .
- (ΚΑΘΟΔΟΥ) Σε αυτήν την λειτουργία ο ανελκυστήρας αν πατηθούν κλήσεις από την καμπίνα συμπεριφέρεται όπως στην λειτουργία ΑΥΤΟΜΑΤΟ . Αν πατηθούν κλήσεις και από τους εξωτερικούς κομβιοδόχους τότε αφού εκτελεστούν όλες οι

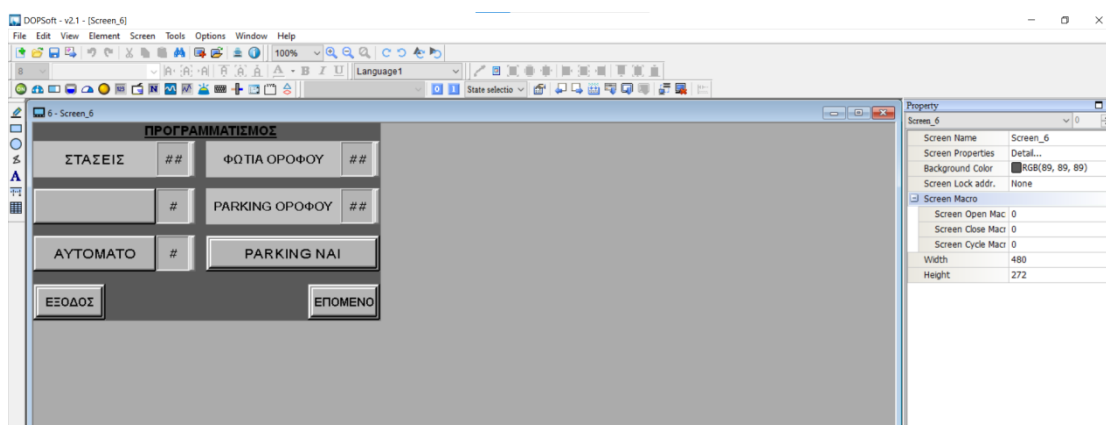
εσωτερικές κλήσεις κατά την άνοδο μετα εκτελούνται όλες οι κλήσεις με την σειρά που θα συναντήσει ο ανελκυστήρας κατά την κάθοδο .

- (SIMPLEX) Σε αυτήν την λειτουργία ο ανελκυστήρας αν πατηθούν κλήσεις από την καμπίνα συμπεριφέρεται όπως στην λειτουργία ΑΥΤΟΜΑΤΟ. Στους εξωτερικούς κομβιοδόχους υπάρχουν δυο μπουτόν , ένα ανόδου και ένα καθόδου σε κάθε όροφο εκτός από τον τέρμα άνω και κάτω όροφο όπου υπάρχει μόνο το μπουτόν καθόδου και ανόδου αντίστοιχα. Αν πατηθούν κλήσεις και από τους εξωτερικούς κομβιοδόχους τότε αυτές εκτελούνται με την σειρά που θα τις συναντήσει ο ανελκυστήρας ανάλογα με την πορεία του. Οπότε κατά την πορεία ανόδου εκτελούνται οι εξωτερικές κλήσεις ανόδου και κατά την πορεία καθόδου εκτελούνται οι εξωτερικές κλήσεις καθόδου .

Στο πεδίο με την ένδειξη (ΦΩΤΙΑ ΟΡΟΦΟΥ) ο χρήστης επιλέγει σε ποιον όροφο θα μεταβεί ο θάλαμος του ανελκυστήρα όταν υπάρξει φωτιά στο κτίριο και κρατάει ανοιχτές τις θύρες

Στο πεδίο με την ένδειξη (PARKING ΟΡΟΦΟΥ) ο χρήστης επιλέγει σε ποιον όροφο θα μεταβεί ο θάλαμος του ανελκυστήρα όταν δεν έχει δεχθεί κάποια κλήση μετά το πέρας του χρόνου που έχουμε ορίσει στο πεδίο (ΧΡΟΝΟΣ PARKING).

Στο πεδίο με την ένδειξη (PARKING ΝΑΙ) ο χρήστης επιλέγει εάν ο θάλαμος θα μεταβαίνει στον όροφο που του έχει ορίσει ο χρήστης η όχι .



Εικόνα 43 Menu Προγραμματισμού 1/8

Στο πεδίο (ΑΚΥΡΩΣΗ ΚΛΗΣΗΣ) στην Εικόνα 44 ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ορίσει εάν οι επιβάτες του θαλάμου θα έχουν την δυνατότητα η όχι , να ακυρώσουν τις εξωτερικές κλήσεις .

Στο πεδίο με την ένδειξη (ΠΟΡΤΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ) ο χρήστης ορίζει τον τύπο της θύρας του ανελκυστήρα μεταξύ αυτόματης και μηχανικής .

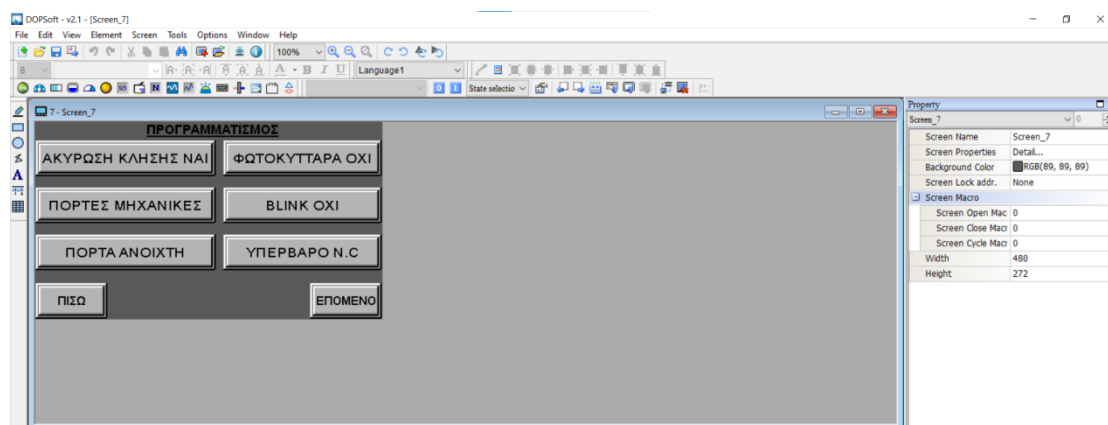
Στο πεδίο με την ένδειξη (ΠΟΡΤΑ ΑΝΟΙΧΤΗ) ο χρήστης ορίζει εάν οι αυτόματες θύρες θα μένουν ανοιχτές ή κλειστές στον όροφο

Στο πεδίο με την ένδειξη (ΦΩΤΟΚΥΤΤΑΡΑ ΟΧΙ) ο χρήστης ορίζει την ύπαρξη η όχι φωτοκύτταρων .

Στο πεδίο με την ένδειξη (BLINK ΟΧΙ) ο χρήστης ορίζει εάν θέλει ή όχι να αναβοσβήνει το ενδεικτικό λαμπάκι (εκλήθη) που βρίσκεται σε κάθε μπουτόν κλήσης

όταν ο ανελκυστήρας πλησιάζει με την μικρή ταχύτητα στον όροφο που έχει δεχθεί την κλήση.

Στο πεδίο με την ένδειξη (ΥΠΕΡΒΑΡΟ Ν.Ο) ο χρήστης ορίζει τον τύπο της επαφής στη συσκευή μέτρησης βάρους μεταξύ Ν.Ο (Normal Open) ή Ν.Ο (Normal Close) .



Εικόνα 44 Menu Προγραμματισμού 2/8

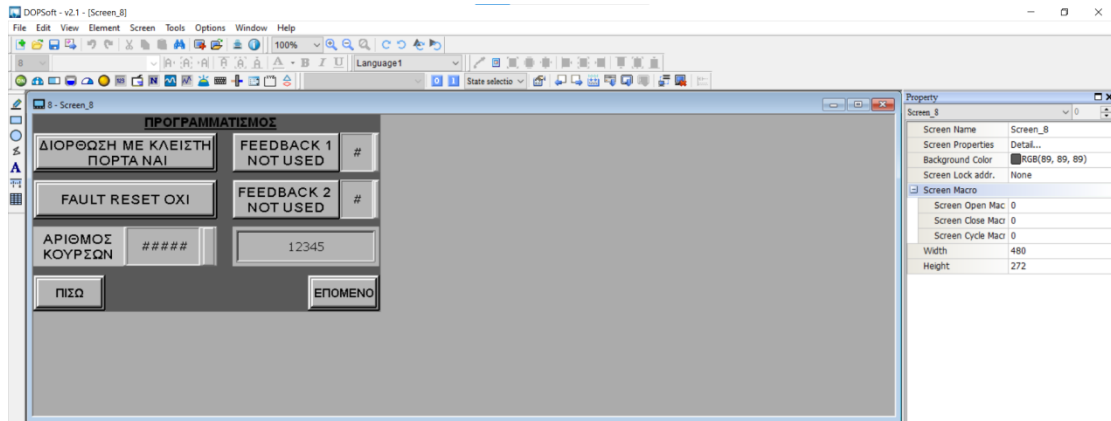
Στο πεδίο (ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΜΕ ΚΛΕΙΣΤΗ ΠΟΡΤΑ ΝΑΙ) στην Εικόνα 45 ο χρήστης έχει την δυνατότητα σε υδραυλικούς ανελκυστήρες να ορίσει την κατάσταση των θυρών (ανοιχτές ή κλειστές) που θα πραγματοποιηθεί η επανισοστάθμιση του θαλάμου του ανελκυστήρα .

Στο πεδίο (FAULT RESET ΟΧΙ) ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επιλέξει εάν θέλει η όχι στην περίπτωση που αστοχήσει σε κάποιο σημείο η ακολουθία των αισθητήριων μετρήματος ή στάσης ή των προτερματικών διακοπών να σταματήσει σε εκείνο το σημείο ο θάλαμος και να κινηθεί μετέπειτα στο σημείο αναφοράς του περιμένοντας την επόμενη κλήση .

Στο πεδίο (ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΥΡΣΩΝ) ο χρήστης ορίζει τον μέγιστο αριθμό κουρσών που θα μπορεί να εκτελέσει ο θάλαμος. Μετα το πέρας αυτού του αριθμού δεν είναι δυνατή η λειτουργία του θαλάμου μέχρι να έρθει ο συντηρητής .

Στα πεδία (FEEDBACK 1 NOT USED και FEEDBACK 2 NOT USED) ο χρήστης επιλέγει μια από τις παρακάτω παραμέτρους

- (NOT USED) Σε αυτήν την λειτουργία δεν πραγματοποιείτε έλεγχος σε κανένα ρελέ του πίνακα
- (GEN) Σε αυτήν την λειτουργία πραγματοποιείτε έλεγχος σωστής λειτουργίας του ρελέ γενικής του αστέρα – τριγώνου .
- (TRG) Σε αυτήν την λειτουργία πραγματοποιείτε έλεγχος σωστής λειτουργίας του ρελέ τριγώνου .
- (RK) Σε αυτήν την λειτουργία πραγματοποιείτε έλεγχος σωστής λειτουργίας του ρελέ καθόδου .
- (RA) Σε αυτήν την λειτουργία πραγματοποιείτε έλεγχος σωστής λειτουργίας του ρελέ ανόδου .

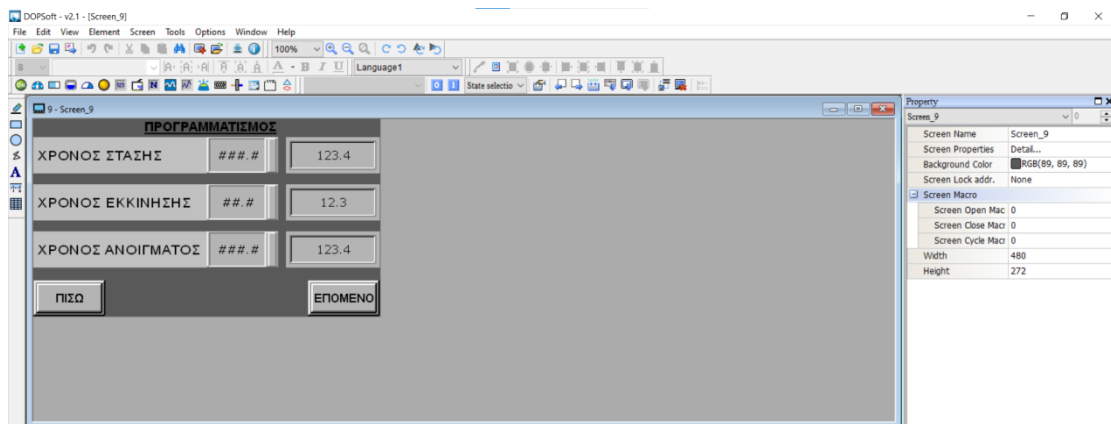


Εικόνα 45 Menu Προγραμματισμού 3/8

Στο πεδίο (ΧΡΟΝΟΣ ΣΤΑΣΗΣ) στην Εικόνα 46 ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ορίσει τον χρόνο αναμονής (1,0 έως 999,9 δευτερόλεπτα) του θαλάμου στην στάση μέχρι να εκτελεστεί η επόμενη κλήση .

Στο πεδίο (ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ) ο χρήστης ορίζει τον χρόνο (0,0 έως 99,0 δευτερόλεπτα) που θεωρεί ότι είναι επαρκείς για να σταθεροποιηθούν οι μηχανικές πόρτες κατά το κλείσιμο τους ώστε να δοθεί η εντολή κλεισίματος κλειδαριάς .

Στο πεδίο (ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΟΣ) ο χρήστης ορίζει τον χρόνο (2,0 έως 999,9 δευτερόλεπτα) που θα παραμείνουν ανοιχτές οι αυτόματες πόρτες .

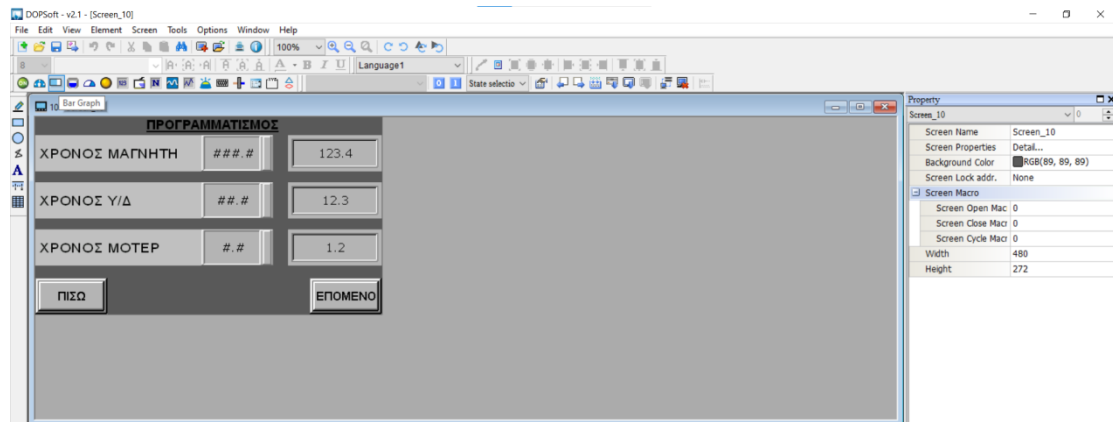


Εικόνα 46 Menu Προγραμματισμού 4/8

Στο πεδίο (ΧΡΟΝΟΣ ΜΑΓΝΗΤΗ) στην Εικόνα 47 ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ορίσει τον χρόνο (2,0 έως 999,9 δευτερόλεπτα) που θα κλείνουν οι αυτόματες πόρτες . Για τις μηχανικές πόρτες αντίστοιχα ο χρήστης ορίζει τον χρόνο που ο ηλεκτρομαγνήτης θα είναι τραβηγμένος για να κλείσει η κλειδαριά.

Στο πεδίο (ΧΡΟΝΟΣ Υ/Δ) ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ορίσει τον χρόνο (0,0 έως 99,0 δευτερόλεπτα) εναλλαγής από αστέρα σε τρίγωνο.

Στο πεδίο (ΧΡΟΝΟΣ ΜΟΤΕΡ) ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ορίσει τον χρόνο (0,0 έως 9,9 δευτερόλεπτα) σε ορισμένους τύπους υδραυλικών ανελκυστήρων ώστε να επιτευχθεί η ομαλή στάθμευση του θαλάμου κατά την άνοδο .

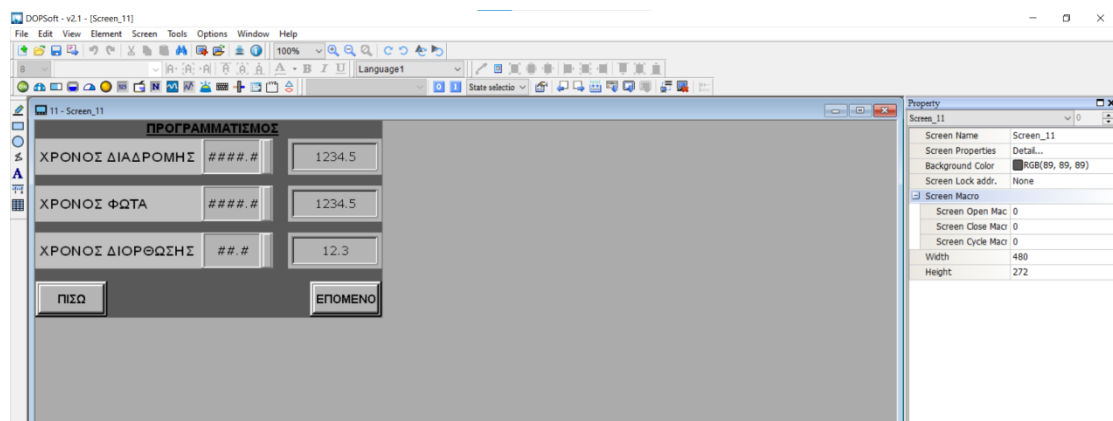


Εικόνα 47 Menu Προγραμματισμού 5/8

Στο πεδίο (ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ) στην Εικόνα 48 ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ορίσει τον μέγιστο χρόνο (5,0 έως 3000 δευτερόλεπτα) για την ολοκλήρωση μιας κούρσας .

Στο πεδίο (ΧΡΟΝΟΣ ΦΩΤΑ) ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ορίσει τον χρόνο (1,0 έως 3000 δευτερόλεπτα) που θα μείνουν αναμμένα τα φώτα του θαλάμου όταν είναι σε στάση

Στο πεδίο (ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ) ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ορίσει τον χρόνο (1,0 έως 99,9 δευτερόλεπτα) που θα κάνει διόρθωση ο θάλαμος με ανοιχτή η κλήση πόρτα

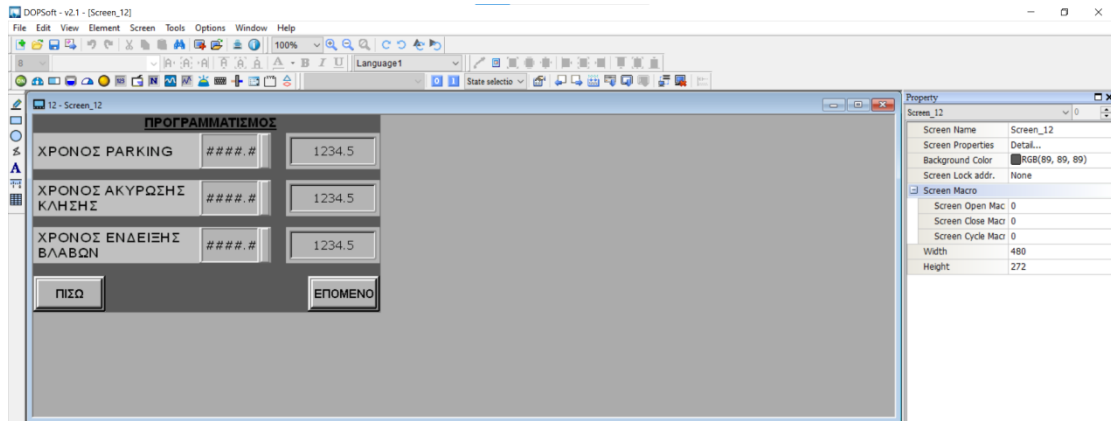


Εικόνα 48 Menu Προγραμματισμού 6/8

Στο πεδίο (ΧΡΟΝΟΣ PARKING) στην Εικόνα 49 ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ορίσει τον χρόνο (0,0 έως 3000 δευτερόλεπτα). Ο χρόνος ξεκινάει να μετράει όταν ο θάλαμος είναι σε στάση και δεν έχει δεχθεί κάποια κλήση . Μετα την ολοκλήρωση του χρόνου ο θάλαμος πηγαίνει στον όροφο που του έχει ορίσει ο χρήστης.

Στο πεδίο (ΧΡΟΝΟΣ ΑΚΥΡΩΣΗΣ ΚΛΗΣΗΣ) ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ορίσει τον χρόνο (0,0 έως 3000 δευτερόλεπτα) που θα παραμένει η κλήση αποθηκευμένη σε περίπτωση που δεν μπορεί να εκτελεστεί .

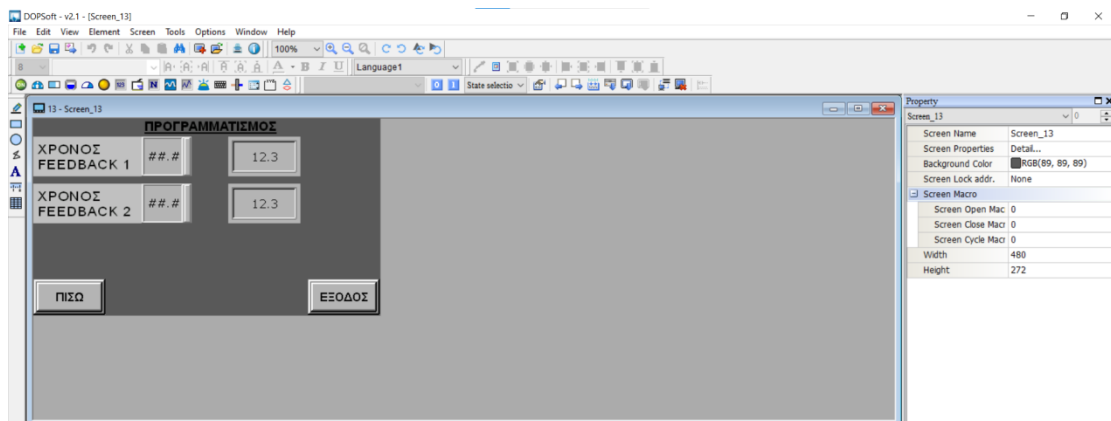
Στο πεδίο (ΧΡΟΝΟΣ ΈΝΔΕΙΞΗΣ ΒΛΑΒΩΝ) ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ορίσει τον χρόνο (0,0 έως 3000 δευτερόλεπτα) που θα φαίνεται στα ενδεικτικά των ορόφων η κωδικοποιημένη βλάβη.



Εικόνα 49 Menu Προγραμματισμού 7/8

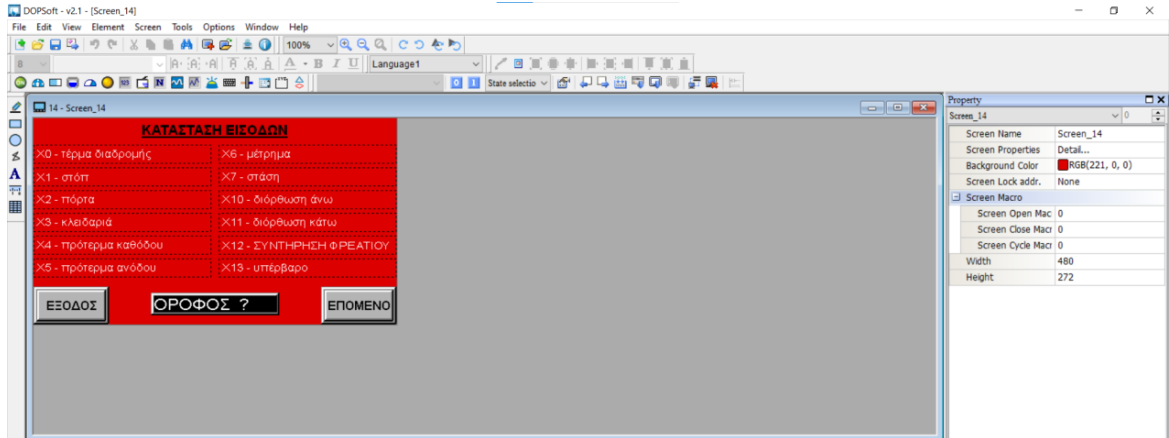
Στο πεδίο (ΧΡΟΝΟΣ FEEDBACK 1) στην Εικόνα 50 ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ορίσει τον χρόνο (0,0 έως 99.9 δευτερόλεπτα) που μετα το πέρας θα ανιχνευτεί βλάβη στο αντίστοιχο ρελέ που του έχει ορίσει ο χρήστης .

Στο πεδίο (ΧΡΟΝΟΣ FEEDBACK 2) ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ορίσει τον χρόνο (0,0 έως 99.9 δευτερόλεπτα) που μετα το πέρας θα ανιχνευτεί βλάβη στο αντίστοιχο ρελέ που του έχει ορίσει ο χρήστης .

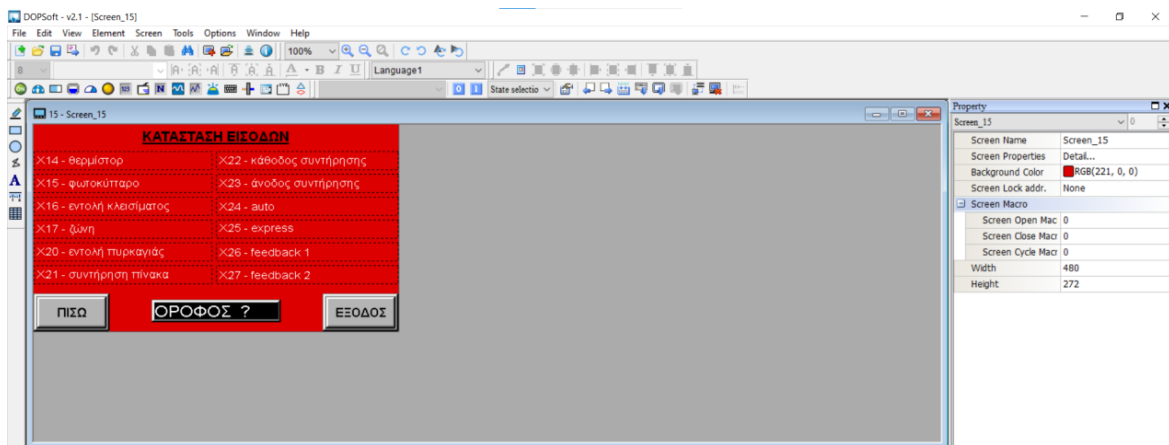


Εικόνα 50 Menu Προγραμματισμού 8/8

Στην Εικόνα 51 και στην Εικόνα 52 φαίνονται η κατάσταση εισόδων του συστήματος. Με κεφαλαία γράμματα απεικονίζονται οι εισοδοί όταν είναι ενεργοποιημένες και με πεζά όταν είναι απενεργοποιημένες.

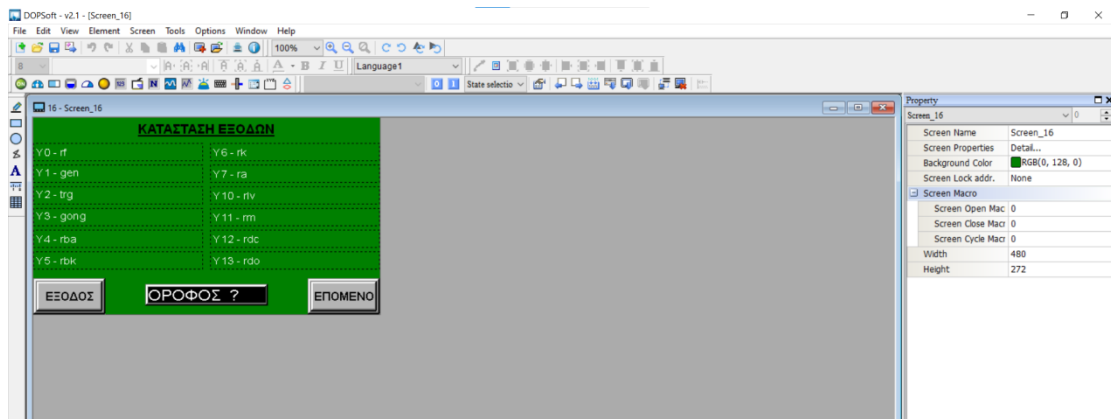


Εικόνα 51 Οθόνη Κατάστασης Εισόδων 1/2

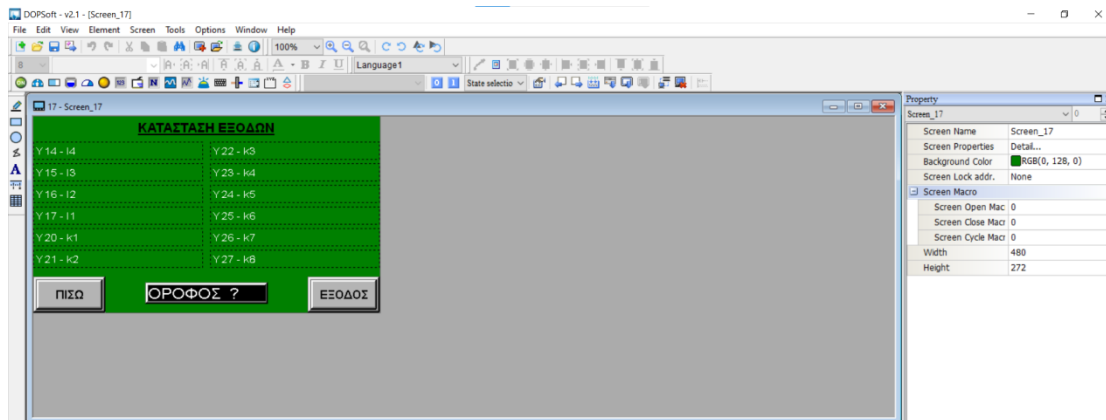


Εικόνα 52 Οθόνη Κατάστασης Εισόδων 2/2

Στην Εικόνα 53 και στην Εικόνα 54 φαίνεται η κατάσταση εξόδων του συστήματος. Με κεφαλαία γράμματα απεικονίζονται οι εξοδοι όταν είναι ενεργοποιημένες και με πεζά όταν είναι απενεργοποιημένες.



Εικόνα 53 Οθόνη Κατάστασης Εξόδων 1/2

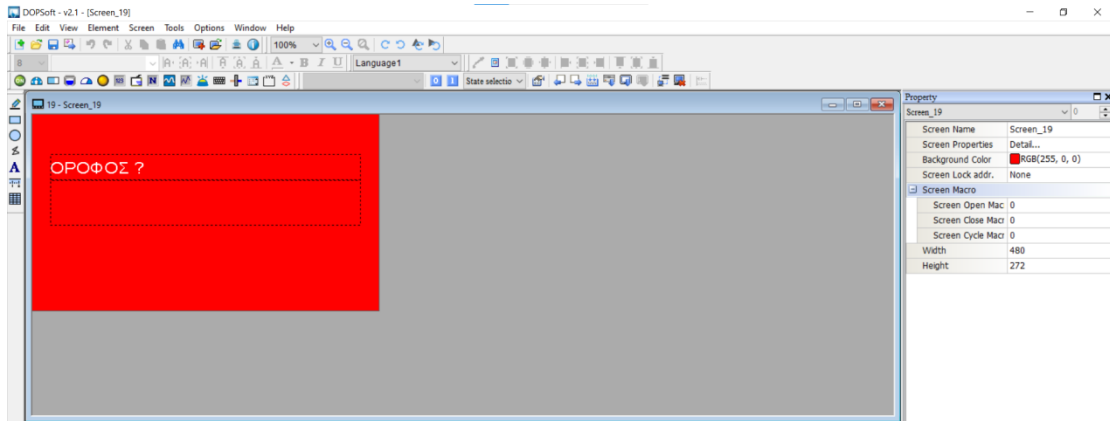


Εικόνα 54 Οθόνη Κατάστασης Εξόδων 2/2

Στην Εικόνα 55 φαίνονται οι βλάβες του συστήματος, για τις οποίες απαιτείται η επαναφορά του συστήματος από εξουσιοδοτημένο εγκαταστάτη-συντηρητή, βάση της κείμενης νομοθεσίας.

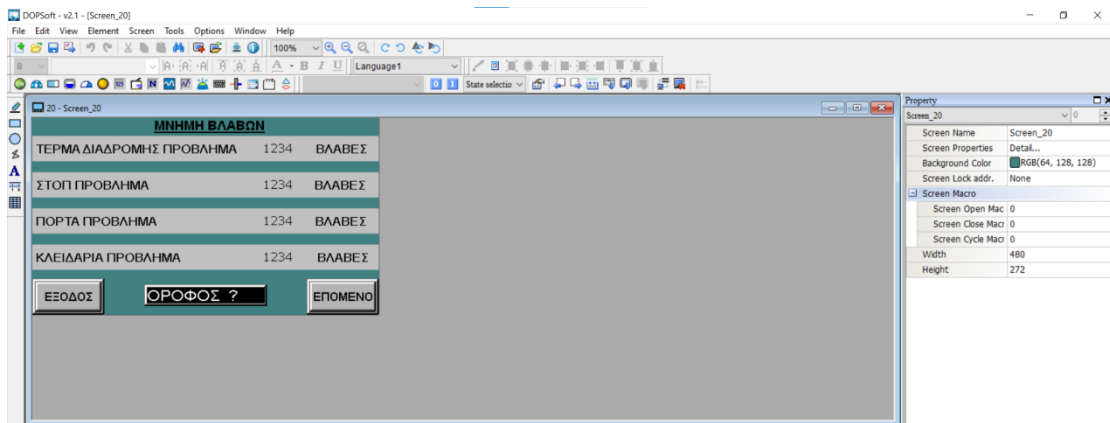
Οι βλάβες που μπορούν να εμφανιστούν είναι οι παρακάτω

- (ΕΚΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΕΡΜΑ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑ) Το μήνυμα αυτό θα εμφανιστεί όταν ο θάλαμος φτάσει σε κάποιον από τους τερματικούς διακόπτες και τον ανοίξει.
- (ΕΚΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΑΔΡΟΜΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑ) Το μήνυμα αυτό θα εμφανιστεί όταν ολοκληρωθεί ο χρόνος διαδρομής που έχει ορίσει ο χρήστης .
- (ΕΚΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΧΡΟΝΟΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑ) Το μήνυμα αυτό θα εμφανιστεί όταν ολοκληρωθεί ο χρόνος διόρθωσης που έχει ορίσει ο χρήστης .
- (ΕΚΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΡΟΤΕΡΜΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑ) Το μήνυμα αυτό θα εμφανιστεί όταν έστω και ένας από τους διακόπτες προτερματων αστοχήσει .
- (ΕΚΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑ) Το μήνυμα αυτό θα εμφανιστεί όταν ολοκληρωθεί ο αριθμός των κουρσών που έχει ορίσει ο χρήστης .
- (ΕΚΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ FEEDBACK 1 ΠΡΟΒΛΗΜΑ) Το μήνυμα αυτό θα εμφανιστεί όταν ολοκληρωθεί ο χρόνος που έχουμε ορίσει για τον έλεγχο από το πεδίο FEEDBACK 1 NOT USED.
- (ΕΚΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ FEEDBACK 2 ΠΡΟΒΛΗΜΑ) Το μήνυμα αυτό θα εμφανιστεί όταν ολοκληρωθεί ο χρόνος που έχουμε ορίσει για τον έλεγχο από το πεδίο FEEDBACK 2 NOT USED.

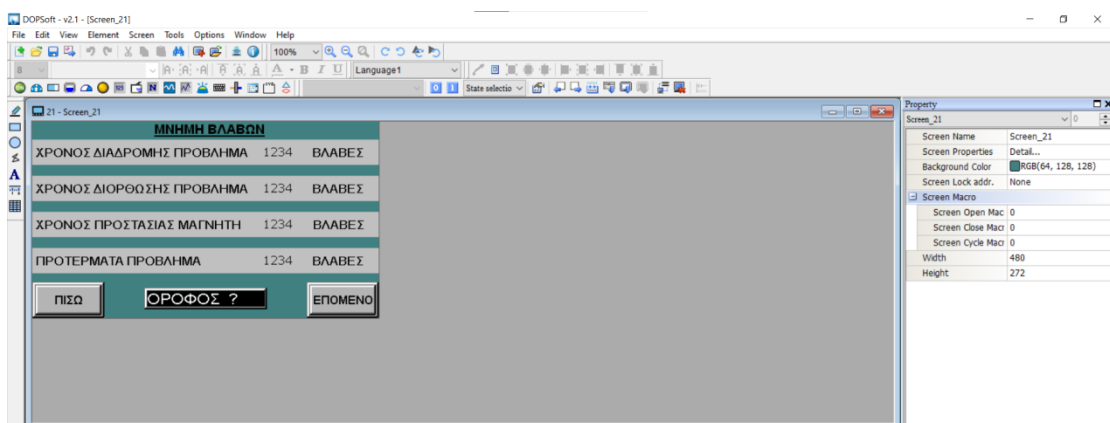


Εικόνα 55 Οθόνη Βλάβης

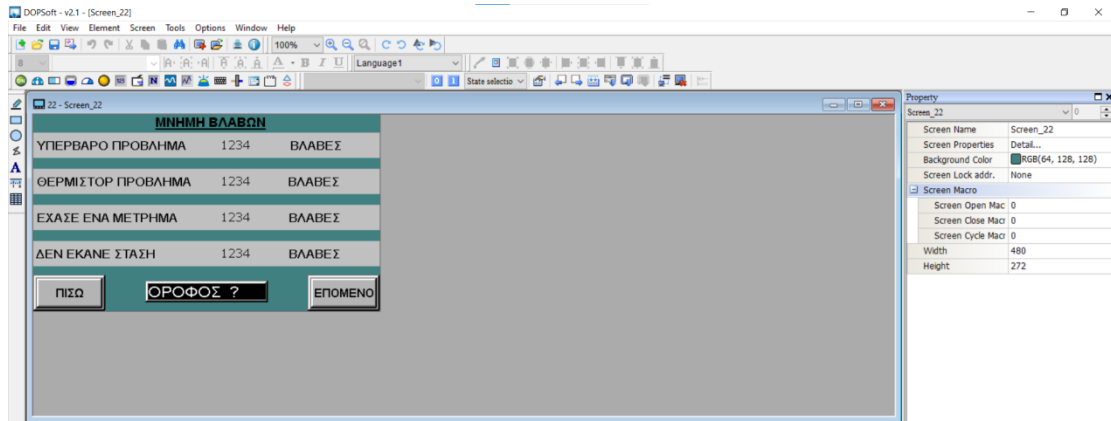
Στην Εικόνα 56 έως την Εικόνα 59 φαίνεται η μνήμη βλαβών που απεικονίζει τον πλήθος των αντίστοιχων βλαβών και δύναται η επιλογή στο χρήστη για την διαγραφή τους.



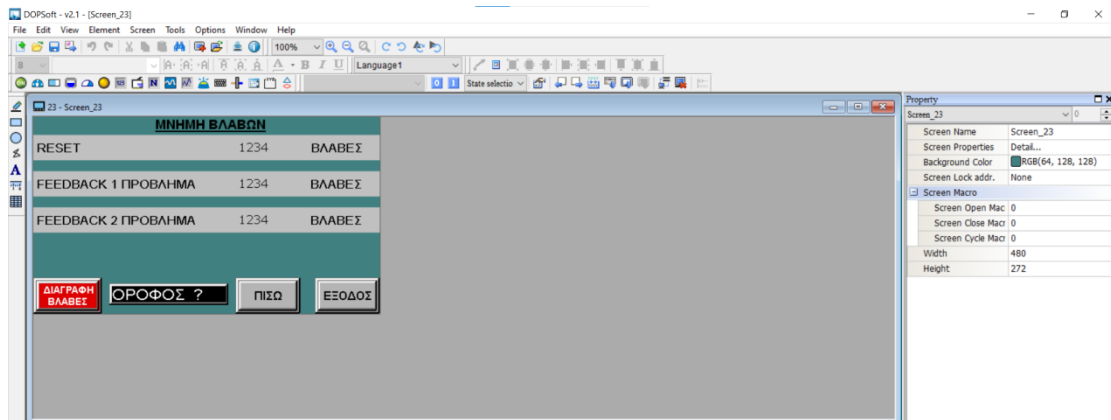
Εικόνα 56 Οθόνη Μνήμης Βλαβών 1/4



Εικόνα 57 Οθόνη Μνήμης Βλαβών 2/4



Εικόνα 58 Οθόνη Μνήμης Βλαβών 3/4



Εικόνα 59 Οθόνη Μνήμης Βλαβών 4/4

6. Έλεγχος ανελκυστήρα με PLC

6.1. Γενικές έννοιες

6.1.1. Ιστορική αναδρομή

Ο Προγραμματιζόμενος Λογικός Ελεγκτής (Programmable Logic Controller) είναι ένα ψηφιακό ηλεκτρονικό σύστημα, σχεδιασμένο για χρήση σε βιομηχανικό περιβάλλον, το οποίο χρησιμοποιεί μία προγραμματιζόμενη μνήμη για την αποθήκευση εντολών ώστε να επιτελούνται διάφορες λειτουργίες, όπως λογικές, χρονικές, μετρητικές και αριθμητικές πράξεις, και να ελέγχονται μέσω αναλογικών και ψηφιακών μονάδων διάφορες μηχανές ή διαδικασίες.

Τα PLC χρησιμοποιήθηκαν στις αρχές της δεκαετίας του '70, προκειμένου να υλοποιούν και να ελέγχουν σύνθετα κυκλώματα αυτοματισμού, αντικαθιστώντας έτσι τα συστήματα που βασίζονταν σε ηλεκτρομηχανικούς ηλεκτρονόμους (relays). Η ανάγκη για αντικατάσταση των κυκλωμάτων κλασικού αυτοματισμού προήλθε από τα

μειονεκτήματά τους, όπως η περιορισμένη διάρκεια ζωής και η μεγάλη κατανάλωση ενέργειας. Επίσης, σε ένα τέτοιο σύστημα υπάρχει δυσκολία σχεδιασμού και υλοποίησης αλλά και εντοπισμού και διόρθωσης λαθών του συστήματος.

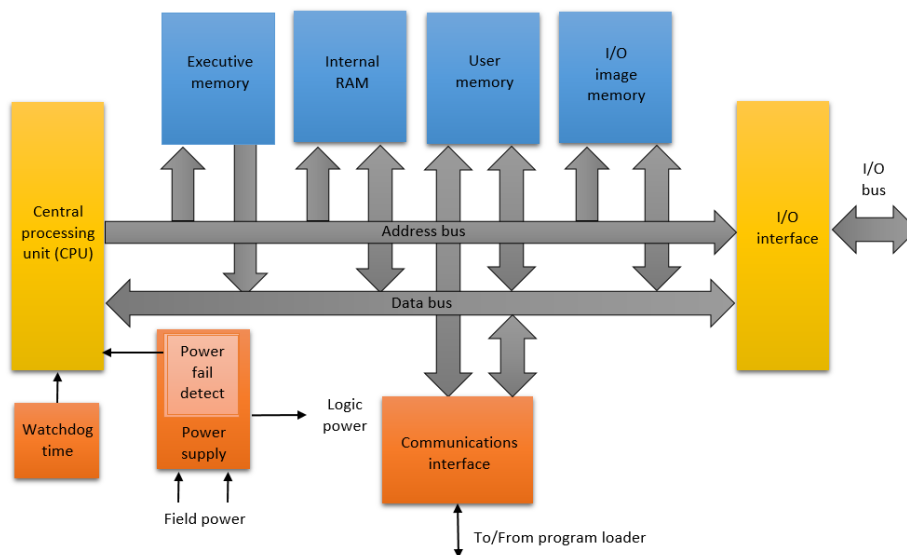
Στην αρχή της δεκαετίας του '80 παρατηρήθηκε η μεγάλη απαίτηση για μείωση του κύκλου παραγωγής. Οι απαιτήσεις του χρήστη για αυξημένη ποιότητα και οι πιο σύνθετες διαδικασίες παραγωγής αναπτύσσονταν συνεχώς. Όσο η τεχνολογία προχωρά, με τα πρώτα συστήματα δικτύωσης οι συσκευές επεξεργάζονται πλέον δεδομένα και ανταλλάσσουν πληροφορίες μεταξύ τους ή με υπολογιστές, και ο ρόλος του ανθρώπου στη παραγωγική διαδικασία αλλάζει-το φάσμα της εργασίας μεταφέρεται από το μυϊκό στο πνευματικό επίπεδο.

Στη δεκαετία του '90 πλέον, σημειώνεται το μεγάλο άλμα που οδηγεί σε μικρότερο μέγεθος των PLC's και στην ανάπτυξη λογισμικού για τον προγραμματισμό τους από προσωπικό υπολογιστή, και όχι από τερματικά σχεδιασμένα αποκλειστικά για τον προγραμματισμό των PLC's. Ο χρήστης συνθέτει το πρόγραμμά του, έχοντας γνώση μόνο της παραγωγικής διαδικασίας, μέσω βιβλιοθηκών του λογισμικού και τα υπόλοιπα γίνονται αυτόματα στο «παρασκήνιο» για λογαριασμό του. Τέλος, υποστηρίζονται γλώσσες προγραμματισμού (Pascal, C++) για χρήστες που είναι εξοικειωμένοι σε τέτοια περιβάλλοντα, παρέχοντας πρόσθετη ευελιξία στον προγραμματισμό του ελεγκτή.

Τα PLC σήμερα έχουν επικρατήσει, και χρησιμοποιούνται πλέον σε πολύ πιο σύνθετες εφαρμογές, καθώς ελέγχουν μεγάλο αριθμό διαφορετικών σημάτων και παρακολουθούν παραγωγικές διαδικασίες σε πραγματικό χρόνο. Μια άλλη εφαρμογή είναι ως ελεγκτές κλειστού βρόχου PID, PD, PI.

6.1.2.Εσωτερική αρχιτεκτονική PLC

Η εσωτερική αρχιτεκτονική ενός PLC απεικονίζεται στην (Εικόνα 60) και αποτελείται από τα παρακάτω:



Εικόνα 60 Εσωτερική Αρχιτεκτονική PLC

•Την CPU (Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας)

Η εσωτερική δομή της CPU εξαρτάται από τον σχετικό μικροεπεξεργαστή. Γενικά, μια CPU περιέχει τα ακόλουθα:

- Μια αριθμητική και λογική μονάδα (ALU) που είναι υπεύθυνη για τον χειρισμό δεδομένων και τη διεξαγωγή αριθμητικών πράξεων προσθήκης και αφαίρεσης και λογικών λειτουργιών AND, OR, NOT και XOR.
- Μνήμη, ονομαζόμενοι καταχωρητές, που βρίσκονται εντός του μικροεπεξεργαστή και χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση πληροφοριών που εμπλέκονται στην εκτέλεση του προγράμματος.
- Μια μονάδα ελέγχου που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο του χρόνου λειτουργίας.

•Τα Buses (Δίαυλοι)

Οι δίαυλοι χρησιμοποιούνται για επικοινωνία εντός του PLC. Οι πληροφορίες μεταδίδονται σε δυαδική μορφή, δηλαδή ως ομάδα δυαδικών ψηφίων, που μπορεί να είναι δυαδικό ψηφίο 1 ή 0, που δείχνει καταστάσεις ενεργοποίησης / απενεργοποίησης.

•Τη Μνήμη

Για να λειτουργήσει το σύστημα PLC υπάρχει ανάγκη πρόσβασης στα δεδομένα που πρόκειται να υποβληθούν σε επεξεργασία και να χρησιμοποιηθούν στη διαμόρφωση εντολών. Και για τις δύο περιπτώσεις, τα δεδομένα αποθηκεύονται στη μνήμη του PLC για πρόσβαση κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας.

•Τη Μονάδα εισόδων/εξόδων

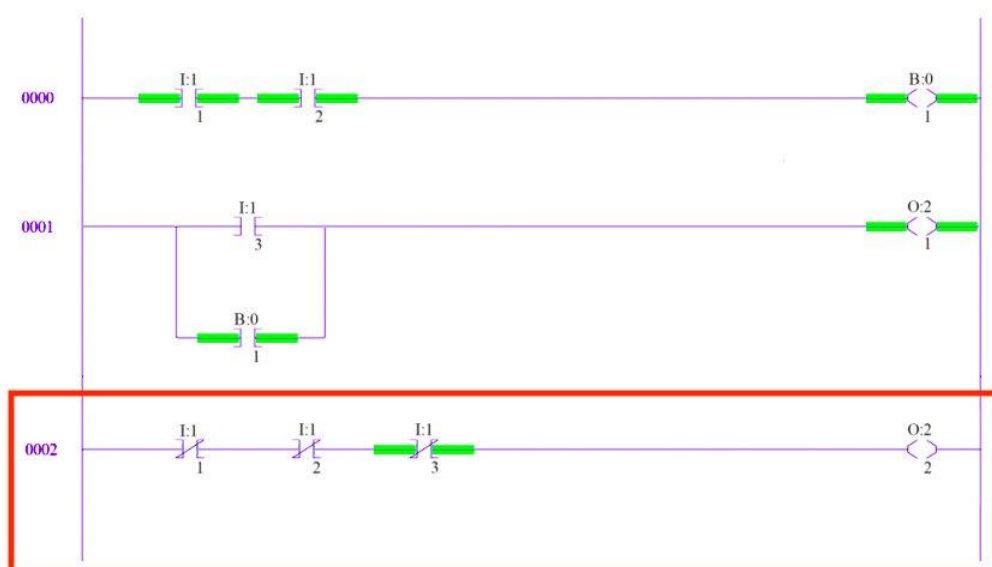
Η μονάδα εισόδων/εξόδων παρέχει τη διασύνδεση μεταξύ του συστήματος και του εξωτερικού κόσμου, επιτρέποντας την πραγματοποίηση συνδέσεων μέσω καναλιών εισόδου/εξόδου σε συσκευές εισόδου, όπως αισθητήρες και συσκευές εξόδου, όπως κινητήρες και ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες

6.1.3.Γλώσσες Προγραμματισμού

Ο μηχανικός αυτοματισμού, πέρα από το κομμάτι του υλικού (hardware), καλείται να

διεκπεραιώσει και το κομμάτι του λογισμικού (software). Στους προγραμματιζόμενους λογικούς ελεγκτές χρησιμοποιούνται πέντε γλώσσες προγραμματισμού, ορισμένες από το διεθνές πρότυπο IEC 61131, και είναι οι παρακάτω:

Ladder Logic (LAD - “Η λογική της σκάλας”): Είναι μια από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες γλώσσες PLC, καθώς σε αυτήν μπορεί να προγραμματιστεί και να εκτελεστεί οποιαδήποτε διεργασία, έστω και με λίγο πιο χρονοβόρο προγραμματισμό, πράγμα που την καθιστά απαραίτητη για οποιονδήποτε μηχανικό αυτοματισμών. Είναι συμβολική γλώσσα που παρομοιάζει ηλεκτρικά κυκλώματα σε συνδυασμό με τη δόμηση μίας “σκάλας”. Τα σύμβολα αντιπροσωπεύουν ρελέ ανοίγματος και κλεισίματος, μετρητές, χρονόμετρα, μετακινήσεις καταχωρητών ή μεμονωμένων bits και μαθηματικές λειτουργίες. Κάθε πρόγραμμα χωρίζεται σε ρουτίνες, οι οποίες εμπεριέχονται σε μία κεντρική (main) και με εντολές JUMP, η σάρωση σε κάθε κύκλο περνάει από τη μία στην άλλη. Τα σύμβολα διατάσσονται στην επιθυμητή ρουτίνα προγράμματος, δημιουργώντας τους κανόνες της LADDER που ονομάζονται Rungs (“σκαλοπάτια”). Κάθε Rung έχει μία μόνο έξοδο, αλλά μία είσοδος μπορεί να βρεθεί σε περισσότερα από ένα Rungs. Ο κώδικας λειτουργεί με κανόνες λογικής, όπου σύμβολα “σε σειρά” συνδέονται με την λογική εντολή AND, ενώ όταν βρίσκονται “παράλληλα” μεταξύ τους συνδέονται με την εντολή OR. Εδώ βλέπουμε ένα κλασικό παράδειγμα ενός “σκαλοπατιού” λογικής LADDER για εκκίνηση και τερματισμό λειτουργίας ενός κινητήρα, όπου ακόμα και στιγμιαίο πάτημα ενός μπουτόν START αφήνει τον κινητήρα να τρέχει έως ότου πατηθεί το STOP.



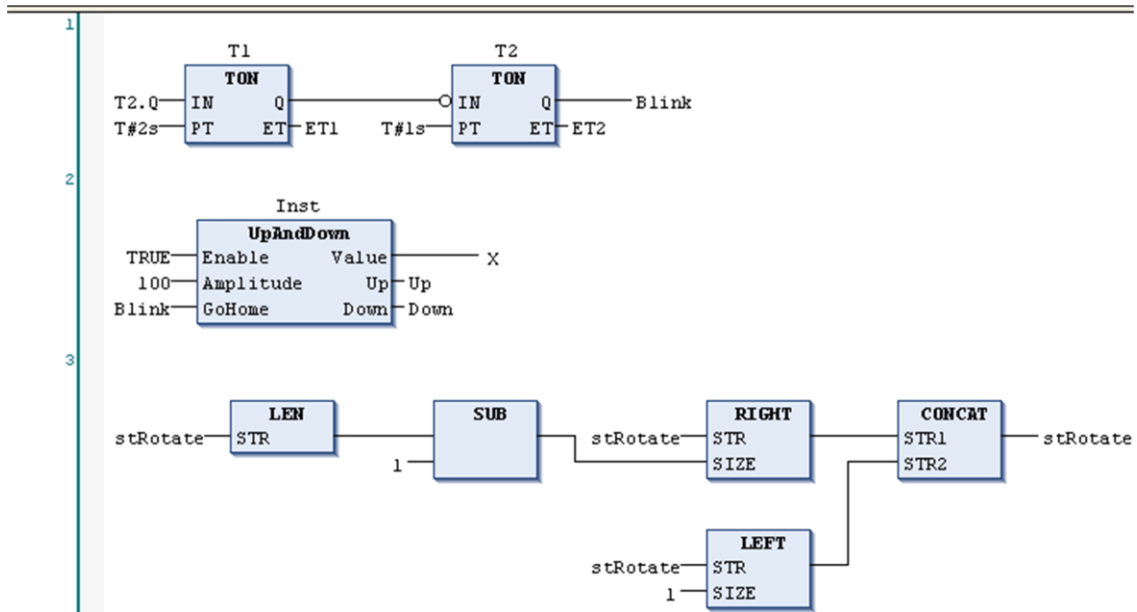
Εικόνα 61 Παράδειγμα κώδικα LADDER.
Οι αριθμοί αριστερά διαχωρίζουν μεταξύ τους τα rungs.

Function Block Diagram (FBD): Περιγράφει συναρτήσεις μεταξύ μεταβλητών εισόδου και εξόδου. Στην FBD όλες οι συναρτήσεις τοποθετούνται σε μπλοκ λειτουργιών. Όλα έχουν μία ή περισσότερες εισόδους και εξόδους. Η λειτουργία του μπλοκ είναι και η σχέση μεταξύ της κατάστασης των εισόδων και των εξόδων του. Η FBD είναι χρήσιμη στην απεικόνιση αλγορίθμων και λογικής για διασυνδεδεμένα συστήματα ελέγχου. Οι εισοδοί και οι εξοδοί των μπλοκ συνδέονται με γραμμές σύνδεσης ή συνδέσμους. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεμονωμένες γραμμές για τη

σύνδεση δύο λογικών σημείων του διαγράμματος:

- Μιας μεταβλητής εισόδου και μιας εισόδου ενός μπλοκ
- Έξοδος ενός μπλοκ και είσοδος άλλου μπλοκ
- Μια έξοδος ενός μπλοκ και μια μεταβλητή εξόδου

Η σύνδεση είναι προσανατολισμένη, που σημαίνει ότι η γραμμή μεταφέρει δεδομένα από το αριστερό άκρο στο δεξί άκρο. Τα αριστερά και τα δεξιά άκρα της γραμμής σύνδεσης πρέπει να είναι του ίδιου τύπου.



Εικόνα 62 Παράδειγμα κώδικα FBD.

Φαίνεται ξεκάθαρα η κατανομή των σύνθετων διεργασιών σε blocks

Η λίστα οδηγιών (IL – Instruction List): Είναι μια γλώσσα χαμηλού επιπέδου με συναρτήσεις και μεταβλητές που ορίζονται από μια απλή λίστα. Ο έλεγχος προγράμματος γίνεται με οδηγίες άλματος και δευτερεύουσες ρουτίνες με προαιρετικές παραμέτρους. Η IL ήταν μια από τις πρώτες γλώσσες προγραμματισμού PLC, μαζί με τη LADDER. Θεωρείται γλώσσα χαμηλού επιπέδου, που σημαίνει ότι είναι πολύ κοντά στον κώδικα του μηχανήματος - τη δυαδική γλώσσα που εκτελεί άμεσα η CPU του υπολογιστή. Με τη γλώσσα λίστας οδηγιών, κάθε εντολή ή εντολή μηχανής τοποθετείται σε μια νέα γραμμή. (Αυτή η μέθοδος τακτοποίησης εντολών σε στοιβαγμένες γραμμές αναφέρεται μερικές φορές ως "λογική επίλυση βάσει στοίβας", παρόμοια με αυτήν που χρησιμοποιείται στη λογική RPN σε ορισμένους υπολογιστές). Οι οδηγίες αποτελούνται από χειριστές, τελεστές και τροποποιητές, χρησιμοποιώντας μνημονικά για τους χειριστές (για παράδειγμα, "A" για "AND" ή "MOV" για "MOVE").


```

1. LD    "Start"      ;bit processor
2. O     "Flag"
3. A     "Stop"
4. A     "BLK"
5. AN    "Error"
5. =     "Flag"
6. =     Fbb1        ;Fb to Fbb1
7. Read Fbb1        ;Fbb1 to FB
8. L     "Time1"     ;byte processor
9. SD    "Timer1"
10. LD   "Timer1"   ;bit processor
11. =    "Start_Up"
12. L    "SP_cur"   ;byte processor
13. L    "SP_nom"
14. >=I
15. WriteFBb      ;FB to FBb
16. LD   "Start_Up" ;bit processor
17. A    FBb       ;FBb to Fb
18. =    "Out"
19. LD   "Start_Up"
20. =    Fbb2      ;Fb to Fbb2
21. Read Fbb2      ;Fbb2 to FB
22. L    "Time2"   ;byte processor
23. SD   "Timer2"
24. TH   "Timer2" ;bit processor
25. R    "Flag"
26. S    "Error"
27. A    "Stop"
28. R    "Error"

```

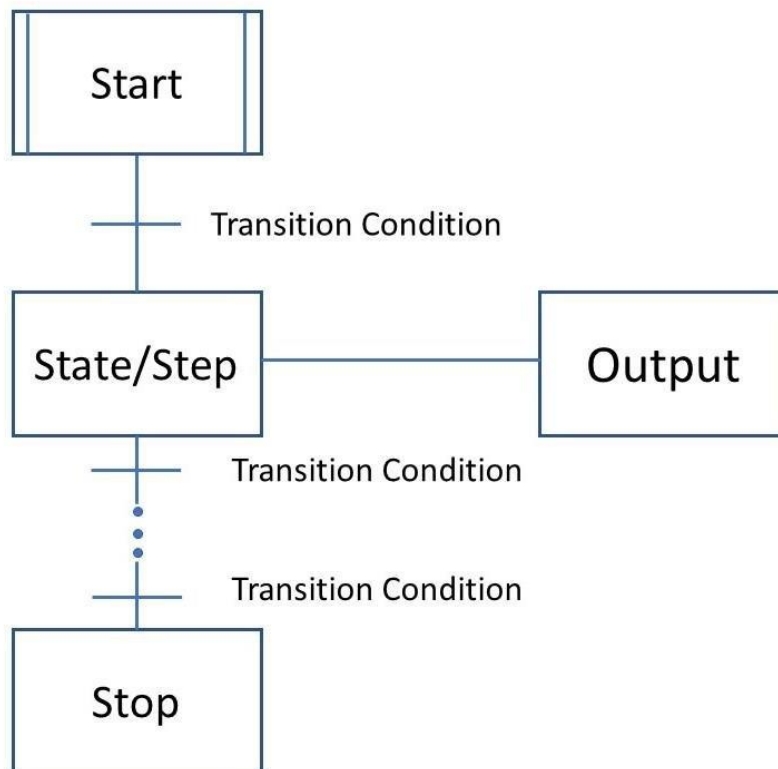
Εικόνα 63 Παράδειγμα κώδικα Instruction List.

Ωστόσο, τα προγράμματα λίστας οδηγιών μπορεί να είναι επιρρεπή σε σφάλματα χρόνου εκτέλεσης και μπορούν να προκαλέσουν άπειρους βρόχους ή άτοπες αριθμητικές λειτουργίες. Το πιο σημαντικό, ωστόσο, στα σημερινά κατασκευαστικά περιβάλλοντα, είναι πως το προσωπικό εκτός των προγραμματιστών - συμπεριλαμβανομένων των μηχανικών συντήρησης και των ηλεκτρολόγων - θα πρέπει να είναι σε θέση να αντιμετωπίσει προβλήματα ή σφάλματα με τον εξοπλισμό, συμπεριλαμβανομένων των χειριστηρίων και των προγραμμάτων. Και ενώ η IL είναι πολύ φιλική προς τον προγραμματιστή, χωρίς ειδική εκπαίδευση στη γλώσσα, είναι πολύ δύσκολο να αναλυθεί και να αντιμετωπιστεί ο κώδικας.

Με άλλα λόγια, το προσωπικό υποστήριξης πρέπει να εκπαιδευτεί ειδικά στη γλώσσα, η οποία απλά δεν είναι πρακτική, ειδικά όταν υπάρχουν άλλες γλώσσες (ειδικά οι γραφικές) που μπορούν να αντιμετωπίσουν τις ίδιες εφαρμογές και προβλήματα και είναι πιο φιλικές προς τον χρήστη, ιδίως αν έχει περιορισμένες γνώσεις προγραμματισμού.

Sequential Function Chart (SFC): Μέθοδος προγραμματισμού σύνθετων συστημάτων ελέγχου. Χρησιμοποιεί βασικά δομικά στοιχεία που εκτελούν τις δικές

τους δευτερεύουσες ρουτίνες. Τα αρχεία προγράμματος είναι γραμμένα σε άλλες γλώσσες προγραμματισμού. Η SFC χωρίζει μεγάλες και περίπλοκες εργασίες προγραμματισμού σε μικρότερες και πιο εύχρηστες εργασίες. Οι διαδοχικοί έλεγχοι περιλαμβάνουν την επεξεργασία διαδοχικών και παράλληλων λειτουργιών που είναι διακριτές ως προς τον χρόνο ή τα γεγονότα, κυρίως για τον έλεγχο σύνθετων ακολουθιών διαδικασίας. Η γλώσσα προγραμματισμού SFC διευκολύνει την οπτικοποίηση και το σχεδιασμό σύνθετων διαδοχικών συστημάτων. Οι λειτουργίες περιγράφονται ως ξεχωριστά βήματα που συνδέονται διαδοχικά. Οι καταστάσεις του συστήματος (ή βήματα) αντιπροσωπεύονται από ορθογώνια κουτιά. Μια κάθετη ευθεία γραμμή συνδέει τα διάφορα βήματα και κάθε βήμα έχει μια αντίστοιχη έξοδο. Υπάρχει μια κατάσταση μετάβασης μεταξύ των βημάτων. Το σχήμα παρακάτω δείχνει το γενικό διάγραμμα της SFC:



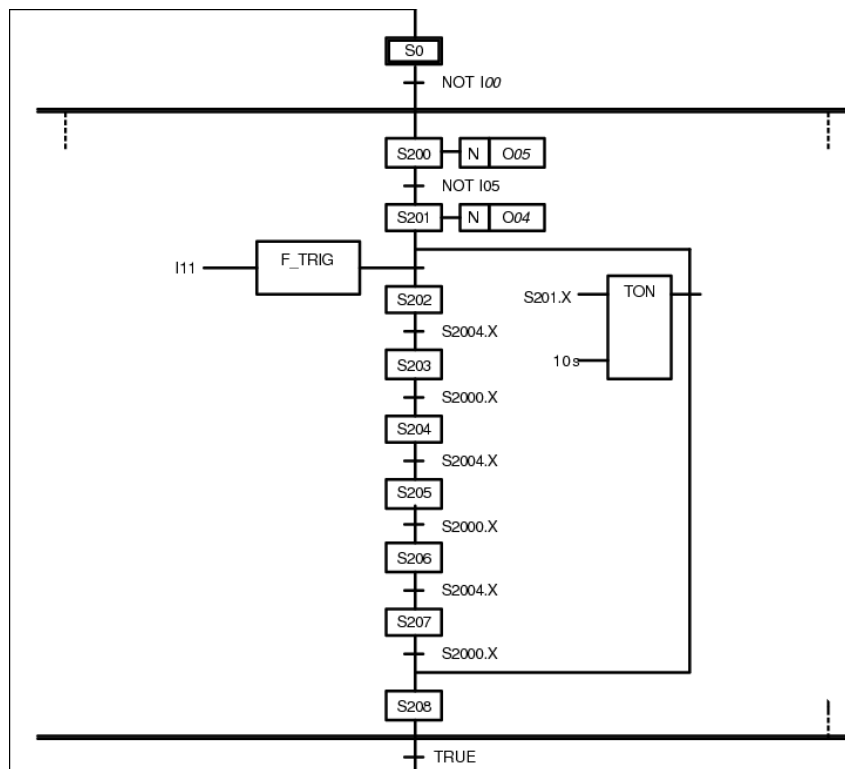
Εικόνα 64 Γενικό διάγραμμα SFC.

Το πρώτο πλαίσιο αντιπροσωπεύει την έναρξη της λειτουργίας. Δύο διαδοχικές καταστάσεις συνδέονται με κάθετη γραμμή. Οι οριζόντιες γραμμές μεταξύ κουτιών αντιπροσωπεύουν συνθήκες μετάβασης. Μερικές φορές οι συνθήκες μετάβασης μπορούν να δηλωθούν από ένα πολύ μικρότερο ορθογώνιο μεταξύ των μεγαλύτερων καταστάσεων. Αφού ολοκληρωθεί ένα βήμα, η διαδικασία μεταβαίνει στην επόμενη κατάσταση μόνο εάν ικανοποιούνται οι συνθήκες μετάβασης. Κάθε κατάσταση έχει επίσης εξόδους. Οι εξόδοι απεικονίζονται ως ορθογώνια κουτιά που συνδέονται οριζόντια με την αντίστοιχη κατάστασή τους. Πρέπει να τηρούνται δύο προϋποθέσεις για κάθε SFC:

- Πρέπει να υπάρχει μια κατάσταση μετάβασης μεταξύ δύο βημάτων.
- Ένα βήμα πρέπει πάντα να διαχωρίζει δύο συνθήκες μετάβασης.

Structured Text (ST): Η ST είναι μια πολύ ευέλικτη και καθολική γλώσσα προγραμματισμού. Ο κώδικας μπορεί εύκολα να αντιγραφεί μεταξύ διαφορετικών τύπων PLC και να σταλεί μέσω e-mail καθώς βασίζεται σε κείμενο και όχι σε γραφικά όπως κάνει ο προγραμματισμός σε LADDER. Εμφανισιακά μοιάζει με προτάσεις κειμένου και η δημιουργία της πραγματοποιείται με τον ίδιο τρόπο όπως σε ένα πρόγραμμα επεξεργασίας κειμένου (όπως π.χ. το Microsoft Word) που διευκολύνει την επεξεργασία. Κατά συνέπεια, εφαρμόζονται οι ίδιες μέθοδοι εργασίας όπως σε ένα πρόγραμμα επεξεργασίας λέξεων.

Λόγω της πολύ δομημένης φύσης της, η ST είναι ιδανική για εργασίες που βασίζονται σε σύνθετα μαθηματικά, επαναληψιμοποίηση κώδικα ή λήψη αποφάσεων (π.χ. αυτόματη βελτιστοποίηση ενέργειας, αλγόριθμοι, συλλογή δεδομένων και ρύθμιση).



Εικόνα 65 Παράδειγμα κώδικα SFC.

Έχοντας κανείς εμπειρία με τον προγραμματισμό σε ST, γίνεται ευκολότερη η μετάβαση σε άλλες γλώσσες προγραμματισμού εντός των τομέων ελέγχου και αυτοματισμού από τα PLC, όπως για παράδειγμα στον προγραμματισμό ρομποτικής ή κυρίως σε γλώσσα Visual Basic. Μέσα σε μεταγενέστερα χρόνια, ακόμη περισσότερες εταιρείες έχουν στραφεί στον προγραμματισμό ST, στροφή που οφείλεται στο γεγονός ότι η ST παρέχει μια σειρά πλεονεκτημάτων σε σύγκριση με τις άλλες τέσσερις γλώσσες προγραμματισμού PLC (LAD, SFC, FDB και IL). Αυτά τα πλεονεκτήματα είναι τα εξής:

- Ο κώδικας προγραμματισμού ST μπορεί εύκολα να αντιγραφεί μεταξύ διαφορετικών τύπων PLC.
- Είναι η ευκολότερη γλώσσα PLC για μαθηματικούς υπολογισμούς, τύπους και αλγόριθμους και μεγάλες ποσότητες δεδομένων (Big Data), διευκολύνοντας τον δρόμο

προς την 4η βιομηχανική επανάσταση (Industry 4.0 – IioT).

- Οι λύσεις PLC είναι πιο απαιτητικές σήμερα από 20 χρόνια πριν.
- Πολλές διαδομένες γλώσσες προγραμματισμού (C ++, C #, PASCAL, VB) θυμίζουν πάρα πολύ τη δομή του προγράμματος ST.
- Οι άλλες γλώσσες PLC (LAD, SFC και FBD) απαιτούν να προγραμματίζονται τμήματα αυτών σε ST.
- Καταλαμβάνει λιγότερο χώρο όταν ο κώδικας πρέπει να τεκμηριωθεί, να περιγράψει και να εκτυπωθεί συγκριτικά με τις άλλες γλώσσες PLC.

```
IF Start THEN
    Start:=FALSE; //Remove Start Latch
    WHILE Initialised = FALSE DO
        System_Prime:=TRUE; //Set Output On For System Primer
    END_WHILE
    System_Prime:=FALSE; //Turn Off Output For System Primer Once Initialised
END_IF
```

*Εικόνα 66 Παράδειγμα κώδικα Structured Text
(Φαίνεται η ομοιότητα με άλλες γλώσσες προγραμματισμού)*

6.1.4.Πλεονεκτήματα PLC

Κάποια από τα πλεονεκτήματα της χρήσης PLC είναι :

- Αυξάνει την αξιοπιστία, την ευελιξία και την ακρίβεια του συστήματος αυτοματισμού.
- Ο κώδικας που χρησιμοποιείται για το PLC είναι εύκολο να γραφτεί και να κατανοηθεί με την δυνατότητα προσθήκης σχολίων. Υπάρχουν διάφορες γλώσσες προγραμματισμού που χρησιμοποιούνται στο PLC.
- Η γρήγορη λειτουργία (χωρίς χρόνο εκκίνησης) είναι ένα από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τις εναλλακτικές τεχνολογίες.
- Μπορούμε να απεικονίσουμε τη λειτουργία των μονάδων εισόδου και εξόδου του συστήματος αυτοματισμού (π.χ. HMI). Στην περίπτωση του σχεδιασμού PLC, σε περίπτωση σφάλματος, μπορεί κανείς να αντιμετωπίσει εύκολα το πρόβλημα.

6.1.5.Μειονεκτήματα PLC

Κάποια από τα μειονεκτήματα της χρήσης PLC είναι :

- Δεν επιτρέπεται η χρήση λογισμικού και τμημάτων μιας κατασκευής PLC σε άλλη κατασκευή PLC
- Υψηλό κόστος αγοράς
- Δυσκολία επισκευής του σε περίπτωση βλάβης

6.2. Μοντέλο της διάταξης



Εικόνα 67 PLC DELTA DVP60ES2

Το μοντέλο που έχουμε στη διάθεσή μας είναι το DVP60ES2:

- Σημεία MPU: 16 / 20 / 24 / 32 / 40 / 60
- Χωρητικότητα προγράμματος: 16 χιλιάδες βήματα
- Ενσωματωμένο με 3 θύρες COM: 1 θύρα RS-232 και 2 θύρες RS-485, όλες μπορούν να λειτουργούν ανεξάρτητα (Master/Slave)
- Μέγιστη. Σημεία I/O: 256 σημεία εισόδου + 16 σημεία εξόδου ή 256 σημεία εξόδου + 16 σημεία εισόδου
- Το DVP-EX2 MPU είναι ενσωματωμένο με 12-bit 4AD/2DA και προσφέρει αναλογικές/θερμοκρασιακές μονάδες ανάλυσης 14-bit.
- Ενσωματωμένο με 8 σημεία εισόδου υψηλής ταχύτητας (2 σημεία για 100 kHz, 6 σημεία για 10 kHz) και υποστηρίζει λειτουργίες μέτρησης U/D, U/D Dir, A/B
- Νέες οδηγίες ελέγχου κίνησης: Έλεγχος κλειστού βρόχου, επιτάχυνση/επιβράδυνση S-Curve
- Εφαρμογή στην αναδυόμενη βιομηχανία: Αποκλειστικές οδηγίες και μπλοκ λειτουργιών σχεδιασμένα για φωτοβολταϊκό ηλιακό ανιχνευτή
- Προστασία με κωδικό πρόσβασης: Κωδικός πρόσβασης για υπορουτίνα, αναγνωριστικό χρήστη, περιορισμός στους χρόνους δοκιμής
- Υψηλή απόδοση εντολών αποδοτική εκτέλεση εντολών

6.2.1.Περιβάλλον Προγραμματισμού PLC



Εικόνα 68 Πακέτο λογισμικού ispssoft της delta

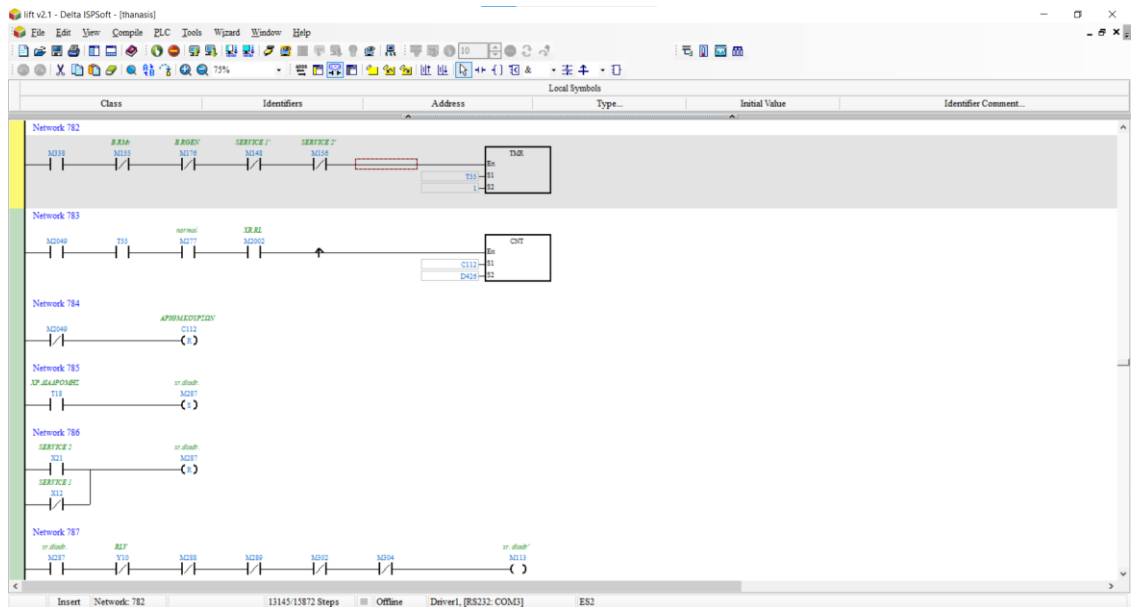
Ο προγραμματισμός του Delta DVP60ES2 γίνεται με το πακέτο λογισμικού ISPSOFT της εταιρείας DELTA..

Μερικά από τα χαρακτηριστικά του πακέτου λογισμικού είναι:

- Έναν free form Ladder editor που βοηθάει τον μηχανικό να συγκεντρωθεί στην λογική του προγράμματος και όχι στην σύνταξη των εντολών.
- Διαθέτει ισχυρό και εύκολο στην περιήγηση έλεγχο σφαλμάτων του project για τυχόν διορθώσεις.
- Οδηγό διευθύνσεων, που διευκολύνει την εισαγωγή τους και ελαχιστοποιεί την πιθανότητα λάθους καθώς δεν χρειάζεται πληκτρολόγηση.
- Αναζήτηση & Αντικατάσταση, γρήγορη εύρεση και άμεση αντικατάσταση συμβόλων και διευθύνσεων.
- Διεπαφή point & click, η οποία ονομάζεται δένδρο έργου και μας δίνει την δυνατότητα να έχουμε πρόσβαση σε όλα τα αρχεία και τους φακέλους του project.
- Εργαλείο σύγκρισης project, ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για εύρεση διαφορών ανάμεσα σε δύο projects.
- Δυνατότητα επεξεργασίας του προγράμματος με μεταφορά & απόθεση (Drag & Drop Editing).
- Δυνατότητα εισαγωγής/εξαγωγής της βάσης δεδομένων.

6.2.2.Η διεπαφή του λογισμικού ISP Soft

Σύμφωνα με την (Εικόνα 669), κάνουμε μια πλοήγηση στο περιβάλλον του ISP soft.

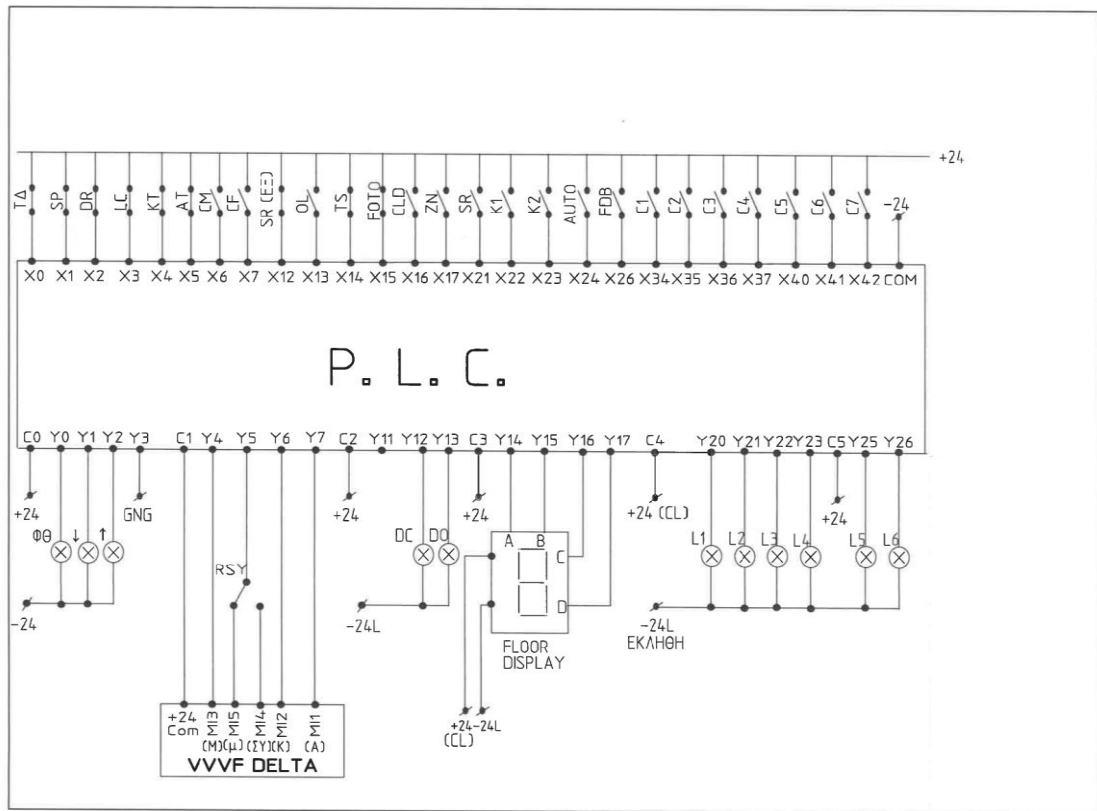


Εικόνα 69 Τυπικό περιβάλλον λογισμικού ISP SOFT

- 1.Menu bar: Επιλογή λειτουργιών από τα menu ανάλογα την περιοχή που θα επιλέξουμε.
- 2.Icon bar: Εικονίδια συντομεύσεων που αντιστοιχούν σε ενέργειες που θα χρειαστούμε κατά τη διάρκεια ανάπτυξης του project.
- 3.Online bar: Γρήγορη προεπισκόπηση της κατάστασης του επεξεργαστή, αν είναι Online, αν υπάρχουν forces κτλ. Μέσω αυτού μπορούμε επίσης να κάνουμε download/upload του προγράμματος.
- 4.Project tree: Όλοι οι φάκελοι και τα αρχεία που περιέχονται στο project, φαίνονται από αυτή την προβολή. Με δεξί κλικ μπορούμε να δούμε τις ενέργειες που είναι διαθέσιμες για κάθε αντικείμενο.
- 5.Status bar: Πληροφορίες κατάστασης.
- 6.Instruction Toolbar: Εντολές κατηγοριοποιημένες σε καρτέλες.
- 7.Ladder view: Το παράθυρο όπου συγγράφεται ο κώδικας Ladder

6.2.3.Καλωδίωση

Στην (Εικόνα 70) ακολουθεί το επεξηγηματικό διάγραμμα σύνδεσης των κλεμοσειρών, του PLC



Εικόνα 70 Διάγραμμα σύνδεσης κλεμοσειρών πλακέτας plc

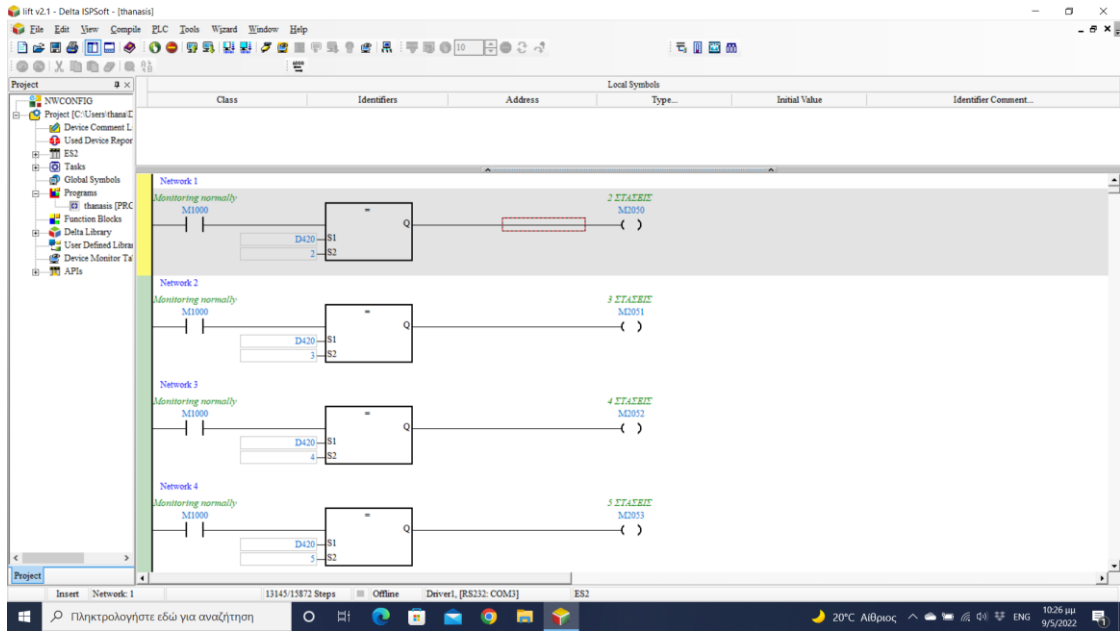
6.3.Κώδικας

Το πρόγραμμα που δημιουργήθηκε για να υλοποιήσει τον αυτοματισμό, γράφτηκε σε γλώσσα Ladder στο περιβάλλον ISP SOFT. Η ανάπτυξη του προγράμματος έγινε βάσει του επιθυμητού τρόπου λειτουργίας και ελέγχου της πειραματικής αυτής εγκατάστασης, ακολουθώντας τα πρότυπα τυποποίησης και ασφάλειας της νομοθεσίας.

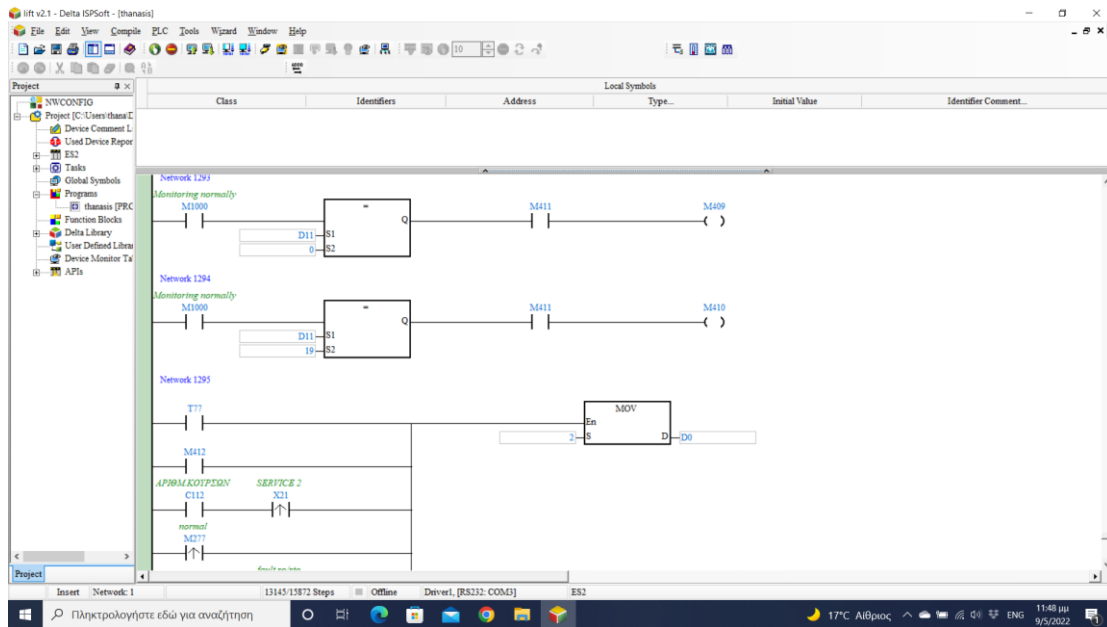
Παρακάτω φαίνεται ένα μικρό τμήμα του κώδικα PLC σε μορφή Ladder.

Το συνολικό μέγεθος μνήμης του προγράμματος σε steps του συγκεκριμένου plc είναι 15872 steps.

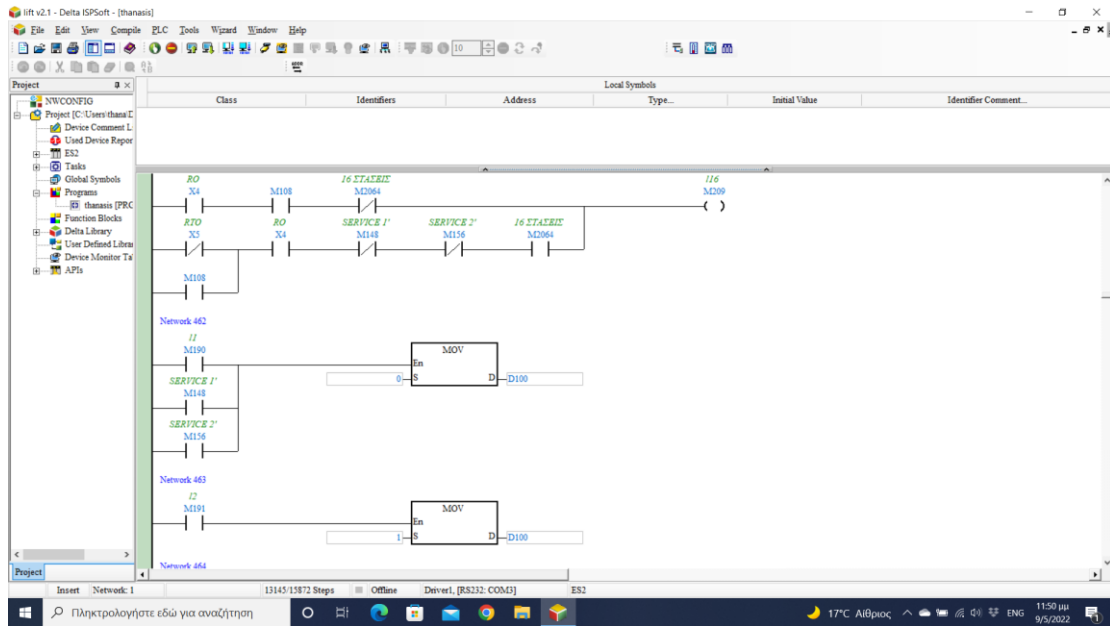
Η μνήμη που χρησιμοποιήθηκε για την συγκεκριμένη εφαρμογή είναι 13145 steps.



Εικόνα 71 Τμήμα του κώδικα 1/3



Εικόνα 72 Τμήμα του κώδικα 2/3



Εικόνα 73 Τμήμα του κώδικα 3/3

6.4 Αλυσίδα Ασφαλιστικών

Τα μέρη που αποτελούν την αλυσίδα ασφαλιστικών είναι τα εξής:

- Το τέρμα διαδρομής (κλέμα ΤΔ)
- Τα stop (κλέμα 2) όπου συνδέεται σε σειρά και ο ρεγουλατόρος .
- Τις εσωτερικές επαφές (κλέμα 3Α) - εξωτερικές επαφές των αυτόματων θυρών (κλέμα 4)

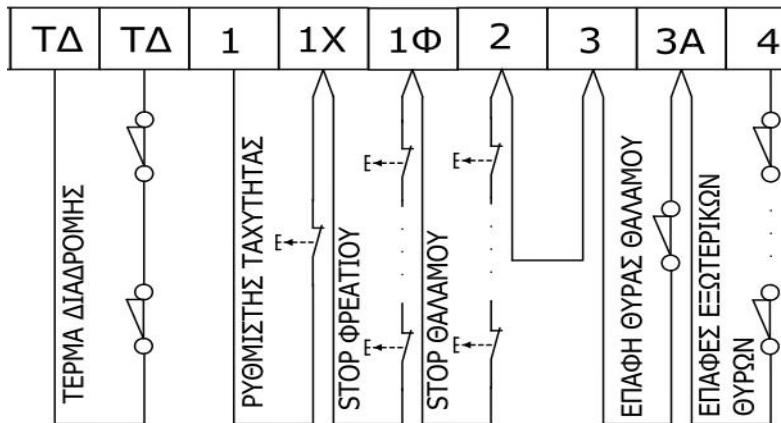
Το κύκλωμα τροφοδοτεί με ηλεκτρικό ρεύμα τα μπουτον stop, η μπουτον ασφαλείας stop, διακόπτες ON-OFF στην μπουτονιέρα του θαλάμου , στην μπουτονιέρα χειρισμού και επιθεώρησης πάνω από το θάλαμο , τις αυτόματες θύρες του θαλάμου , το stop στο πυθμένα του φρεατίου , καθώς και τις επαφές στα εξαρτήματα ασφαλείας , δηλαδή του ρυθμιστή ταχύτητας και της αρπάγης ασφαλείας . Σύμφωνα με τον κανονισμό , αν μια επαφή στα εξαρτήματα ασφαλείας τεθεί εκτός τότε η επαναφορά της σε θέση ON και κατά συνέπεια η επαναφορά του ανελκυστήρα σε κανονική λειτουργία , γίνεται υποχρεωτικά και μόνο με την επέμβαση του συντηρητή .

Η κίνηση του ανελκυστήρα επιτρέπεται μόνο όταν το σύνολο των ασφαλιστικών είναι κλειστά για αυτό και η σύνδεση τους γίνεται εν σειρά (Εικόνα 74).

Τα καλώδια επιστροφής από όλα τα ασφαλιστικά , καταλήγουν στο μηχανοστάσιο και συνδέονται στο κεντρικό πίνακα ελέγχου του ανελκυστήρα στις κατάλληλες εισόδους του PLC (X0, X1, X2, X3) ώστε να μπορεί να αποφασίσει πότε θα δοθεί η εντολή κίνησης του θαλάμου.

Η αλυσίδα ασφαλιστικών θα πρέπει να είναι προστατευμένη με ρελέ διαρροής ώστε σε περίπτωση βραχυκυκλώματος με αλλά μεταλλικά μέρη του ανελκυστήρα που είναι

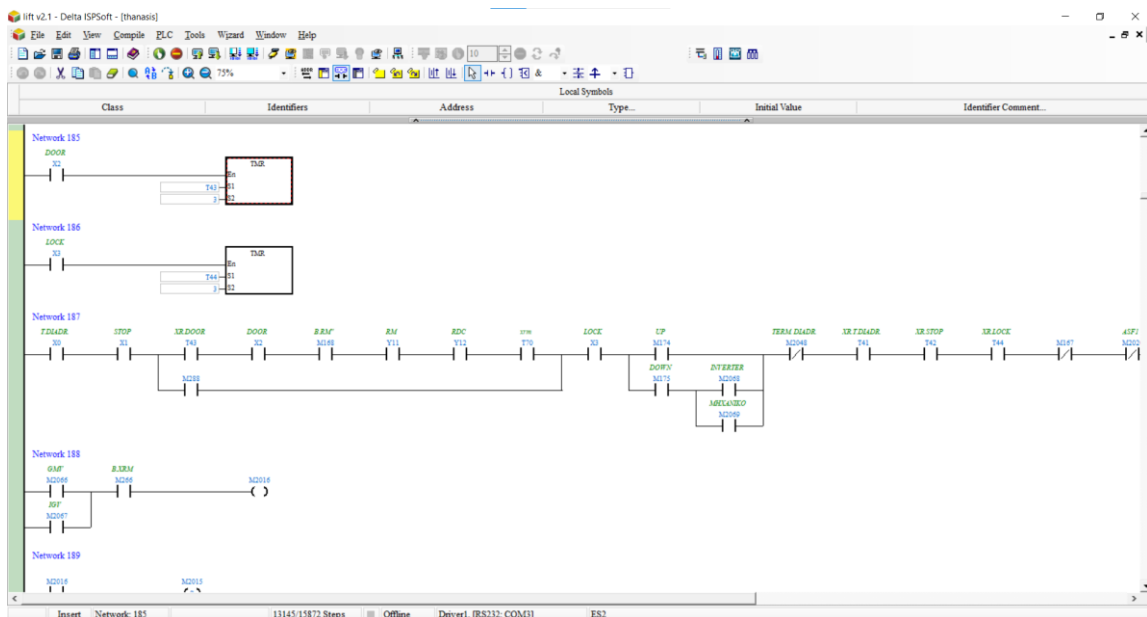
γειωμένα να μην υπάρχει περίπτωση να κλείσει κύκλωμα και να αναγνωστεί κατά λάθος σαν κλειστό ασφαλιστικό .



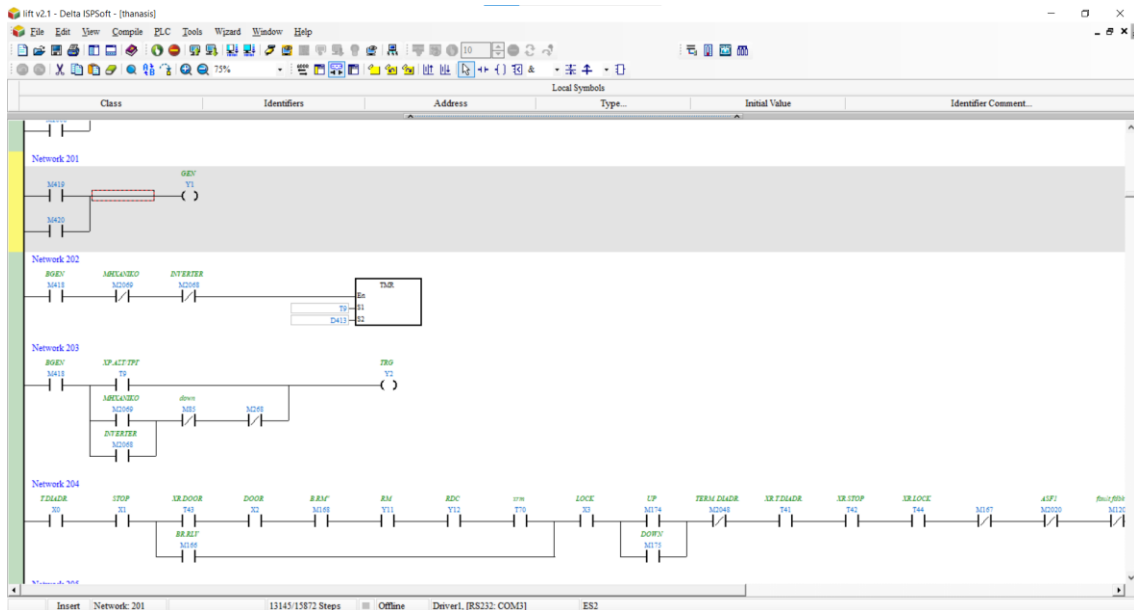
Εικόνα 74 Διάγραμμα σύνδεσης κλεμοσειρών ασφαλιστικών

6.4.1.Κώδικας Ασφαλιστικών

Παρακάτω φαίνεται (Εικόνα 75-Εικόνα 76) ένα μικρό τμήμα του κώδικα PLC σε μορφή Ladder σε σχέση με τον προγραμματισμό της αλυσίδας ασφαλιστικών .



Εικόνα 75 Κώδικας Αλυσίδας Ασφαλιστικών 1/2



Εικόνα 76 Κώδικας Αλυσίδας Ασφαλιστικών 2/2

6.5 Κύκλωμα Οροφοδιαλογέα

Για να μπορέσει το PLC να δώσει τις κατάλληλες εντολές , ώστε ο θάλαμος να ταξιδέψει με μεγάλη η μικρή ταχύτητα , τότε και σε ποιον όροφο θα σταματήσει ή τότε θα είναι ο θάλαμος στον ακραίο πάνω ή ακραίο κάτω όροφο επιτυγχάνεται μέσω αισθητήρων (μαγνητικών ή επαγωγικών) και προτερματικών διακοπών.

Πάνω από το θάλαμο σε ειδικά διαμορφωμένα πλαίσια προσαρμόζονται δυο μαγνητικοί διακόπτες μιας μεταγωγικής επαφής. Οι επαφές των διακοπών αυτών αλλάζουν ηλεκτρική κατάσταση όταν βρεθούν απέναντι από ένα μαγνήτη.

Κατά το ύψος του φρεατίου στον ένα οδηγό, απέναντι από το μαγνητικό διακόπτη στάθμευσης, τοποθετείται ένας μαγνήτης για κάθε όροφο. Όταν το μαγνητικό στάθμευσης αντικρίσει το μαγνήτη η θέση του θαλάμου πρέπει να αντιστοιχεί στο επίπεδο στάθμευσης.

Στον άλλο οδηγό, απέναντι από το μαγνητικό διακόπτη οροφοεπιλογής, τοποθετούνται δυο μαγνήτες για κάθε όροφο, 0,80m πριν και μετά από το επίπεδο στάθμευσης.

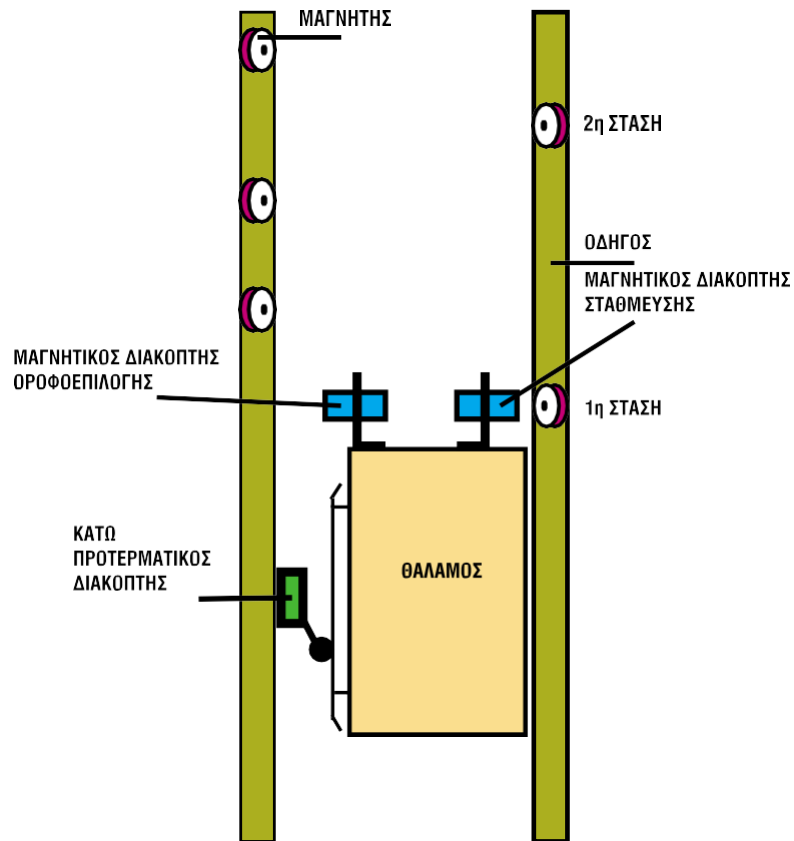
Στα ακραία όρια της διαδρομής του θαλάμου τοποθετούνται διακόπτες μιας κλειστής επαφής (προτερματικοί διακόπτες). Οι διακόπτες αυτοί ορίζουν το τέρμα της διαδρομής του θαλάμου και προετοιμάζουν για αλλαγή της πορείας του.

Κατά την κίνηση του θαλάμου η επαφή του μαγνητικού διακόπτη οροφοεπιλογής αλλάζει ηλεκτρική θέση περνώντας μπροστά από τους μαγνήτες. Με τον τρόπο αυτό μεταφέρεται στον ηλεκτρονικό οροφοδιαλογέα η πληροφορία για την ακριβή θέση του θαλάμου.

Η στάθμευση σε ένα συγκεκριμένο όροφο, γίνεται ως εξής:

Ο μαγνητικός διακόπτης οροφοεπιλογής, όταν αντικρίσει τον δεύτερο μαγνήτη του ορόφου, δίνει εντολή για την μικρή ταχύτητα. Ο μαγνητικός διακόπτης στάθμευσης σταματά το θάλαμο όταν αντικρίσει το μαγνήτη του ορόφου αυτού.

Στην παρακάτω (Εικόνα 77) φαίνεται ένας τύπος ηλεκτρονικής οροφοεπιλογής και στάθμευσης του ανελκυστήρα.



Εικόνα 77 Ηλεκτρονική οροφοδιαλογή

Κάθε φορά που κάποιος αισθητήρας αντικρύσει τον αντίστοιχο μαγνήτη ενεργοποιείται η αντίστοιχη είσοδος του PLC (Εικόνα 70).

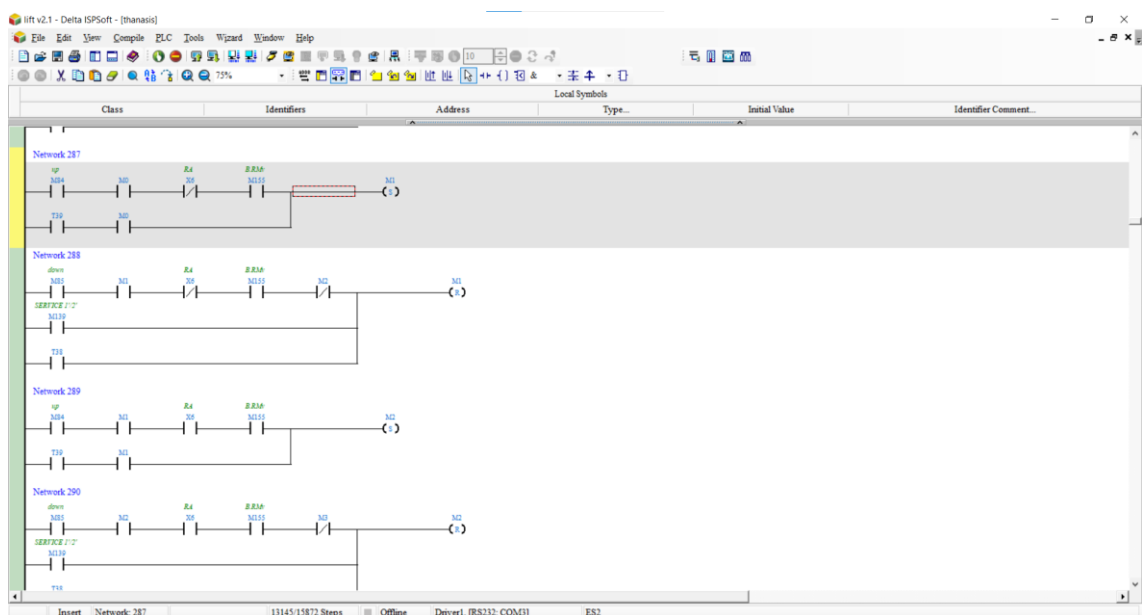
Οι αισθητήρες είναι CM (μετρήματος) , CF (στάσης) , και οι διακόπτες είναι AT (πρότερμα ανόδου) και ΚΤ (πρότερμα καθόδου) . (Εικόνα 78).



Εικόνα 78 Διάγραμμα σύνδεσης κλεμοσειρών οροφδιαλογέα

6.5.2.Κώδικας Οροφδιαλογέα

Παρακάτω φαίνεται (Εικόνα 79) ένα μικρό τμήμα του κώδικα PLC σε μορφή Ladder σε σχέση με τον προγραμματισμό του οροφδιαλογέα .



Εικόνα 79 Κώδικας οροφδιαλογέα

6.6 Κύκλωμα Κλήσεων , Οροφενδείξεων και Συντήρησης

Όλα τα μπουτόν εσωτερικά του θαλάμου και εξωτερικά των ορόφων καθώς και τα ενδεικτικά των ορόφων (οροφενδείξεις και εκλήθη) συνδέονται μέσω καλωδίων στον κεντρικό πίνακα του ανελκυστήρα στις αντίστοιχες εισόδους του PLC για να μπορεί να αποφασίζει μια σειρά ενεργειών όπως

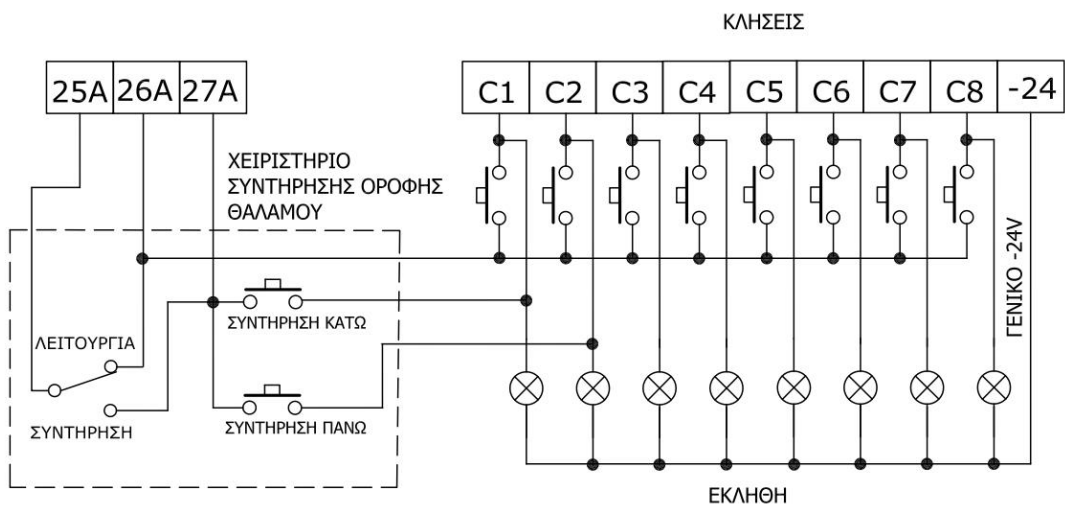
- την προτεραιότητα των κλήσεων
- την σωστή ένδειξη των ενδεικτικών

- την ενεργοποίηση του φωτισμού εσωτερικά του θαλάμου
- άνοιγμα ή κλείσιμο των αυτόματων θυρών

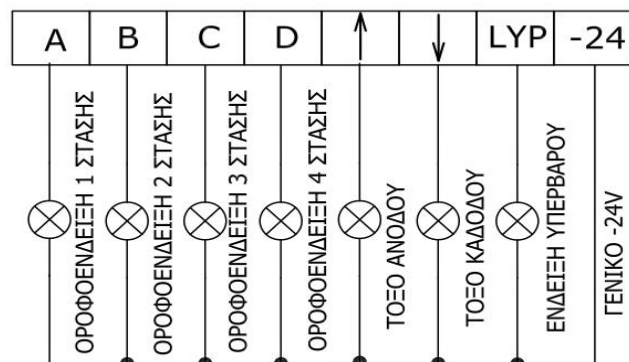
Το κύκλωμα συντήρησης αποτελείται από έναν μεταγωγικό διακόπτη που βρίσκεται πάνω στο θάλαμο και από εκεί επιλέγεται η κατάσταση λειτουργίας του ανεγκυστήρα (κανονική λειτουργία ή συντήρηση) .

Επίσης πάνω στο θάλαμο βρίσκονται τρία μπουτόν όπου το ένα είναι το γενικό και τα άλλα δυο για την ανόδο και την κάθοδο .

Σε κατάσταση κανονικής λειτουργίας του ανεγκυστήρα όλα τα μπουτόν ενεργοποιούνται από τους επιβάτες ενώ σε κατάσταση συντήρησης ενεργοποιούνται μόνο τα τρία μπουτόν από το εξειδικευμένο προσωπικό.



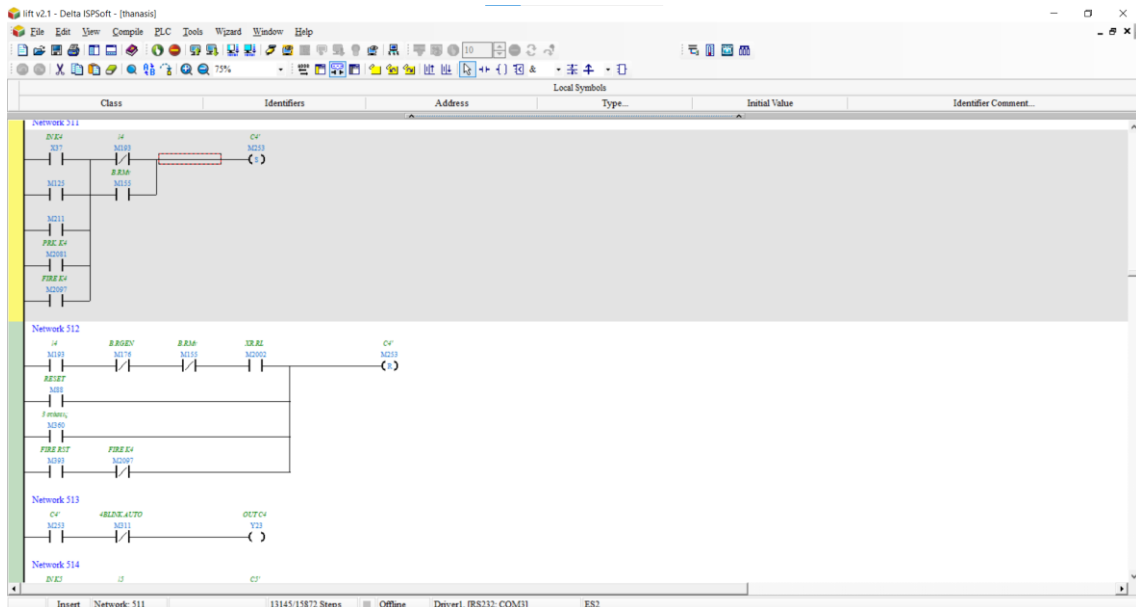
VERVENIOTIS THANASIS
GADEZIS PANAGIOTIS



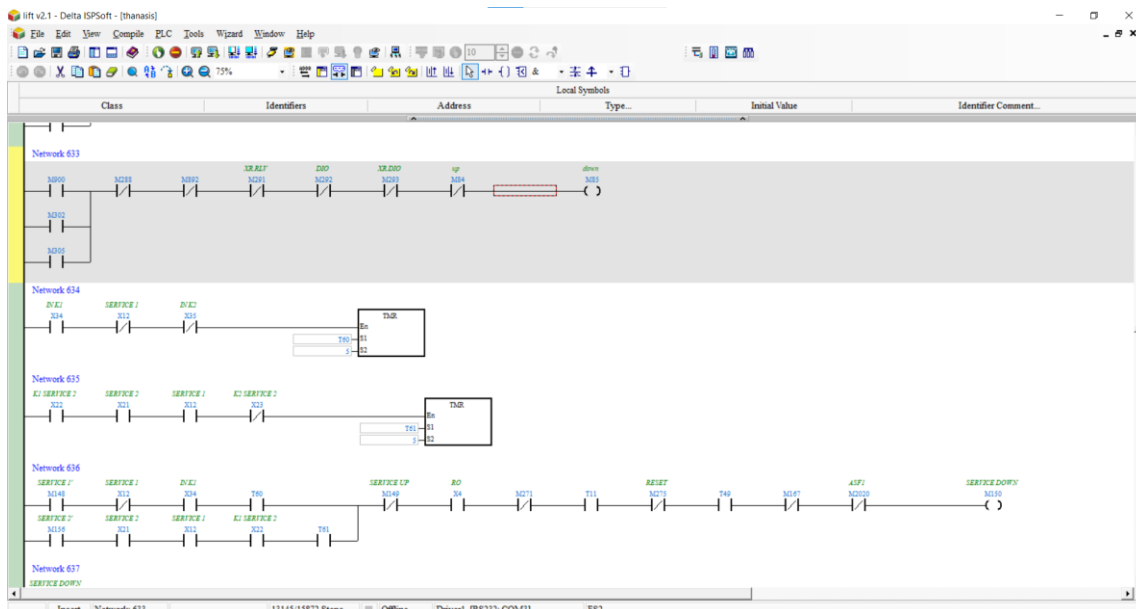
Εικόνα 80 Συνδεσμολογία κλήσεων,οροφροενδείξεων και συντήρησης στον πίνακα του ανεγκυστήρα

6.6.2.Κώδικας Κλήσεων, Οροφονδείξεων και Συντήρησης

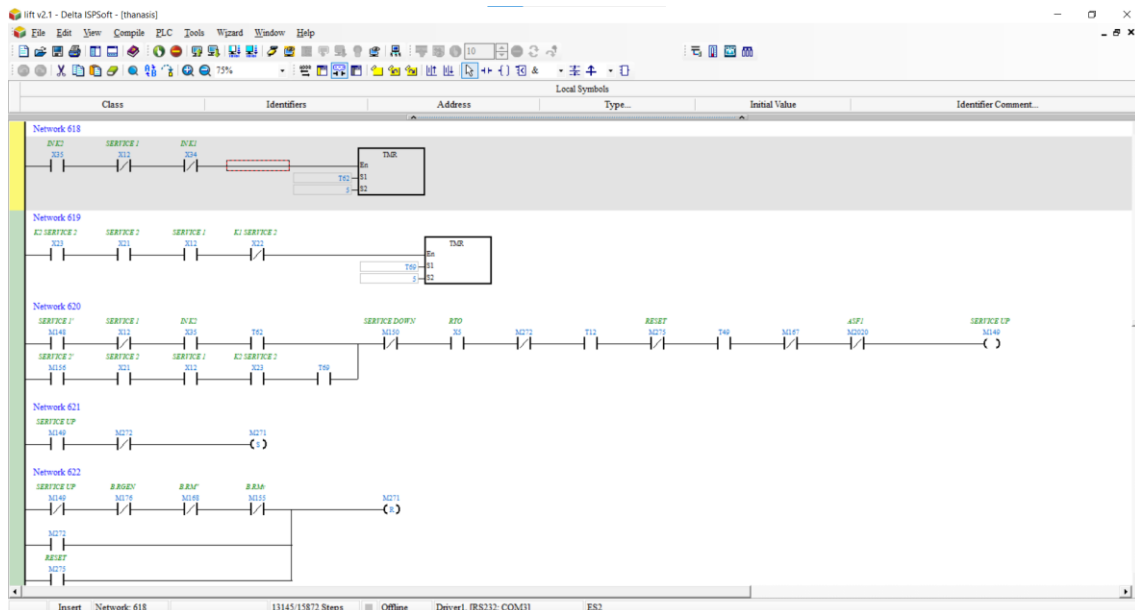
Παρακάτω φαίνεται (Εικόνα 81,Εικόνα 82,Εικόνα 83) ένα μικρό τμήμα του κώδικα PLC σε μορφή Ladder σε σχέση με τον προγραμματισμό των κλήσεων της συντήρησης και των οροφονδείξεων .



Εικόνα 81 Κώδικας οροφονδείξεων, κλήσεων και συντήρησης 1/3



Εικόνα 82 Κώδικας οροφονδείξεων, κλήσεων και συντήρησης 2/3



Εικόνα 83 Κώδικας οροφοενδείξεων, κλήσεων και συντήρησης 3/3

7.0 Συμπεράσματα

Ο σκοπός της διπλωματικής ήταν να σχεδιαστεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα για μηχανικό ανελκυστήρα με inverter και απεγκλωβιστικό σύστημα. Χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις ιδιαίτερων απαιτήσεων, δηλαδή για μεγάλες διαδρομές και ταχύτητες, η συστήματα συνεργαζόμενων ανελκυστήρων DUMPLEX ή TRIPLEX.

Οι πληροφορίες από το φρεάτιο - μηχανοστάσιο μεταφέρονται στις εισόδους του PLC, όπου γίνεται η επεξεργασία τους από τον επεξεργαστή. Από τις εξόδους του PLC μεταφέρονται οι απαραίτητες εντολές για την παραπέρα πορεία του ανελκυστήρα .

Το συγκεκριμένο σύστημα δεν μπορεί εύκολα να προωθηθεί στην ελληνική αγορά λόγω του ότι για τον αυτοματισμό του έγινε χρήση του PLC και οθόνης αφής κάτι που σημαίνει αρκετά υψηλότερο κοστολόγιο και εν συνεχεία εκτός ανταγωνισμού. Παρόλα αυτά το συγκεκριμένο σύστημα περιλαμβάνει αρκετές «ανέσεις» για το χρήστη, όπως για παράδειγμα HMI, με την οποία γίνεται πιο αναλυτική, άμεση και εύκολη η επαφή του χρήστη με αυτή.

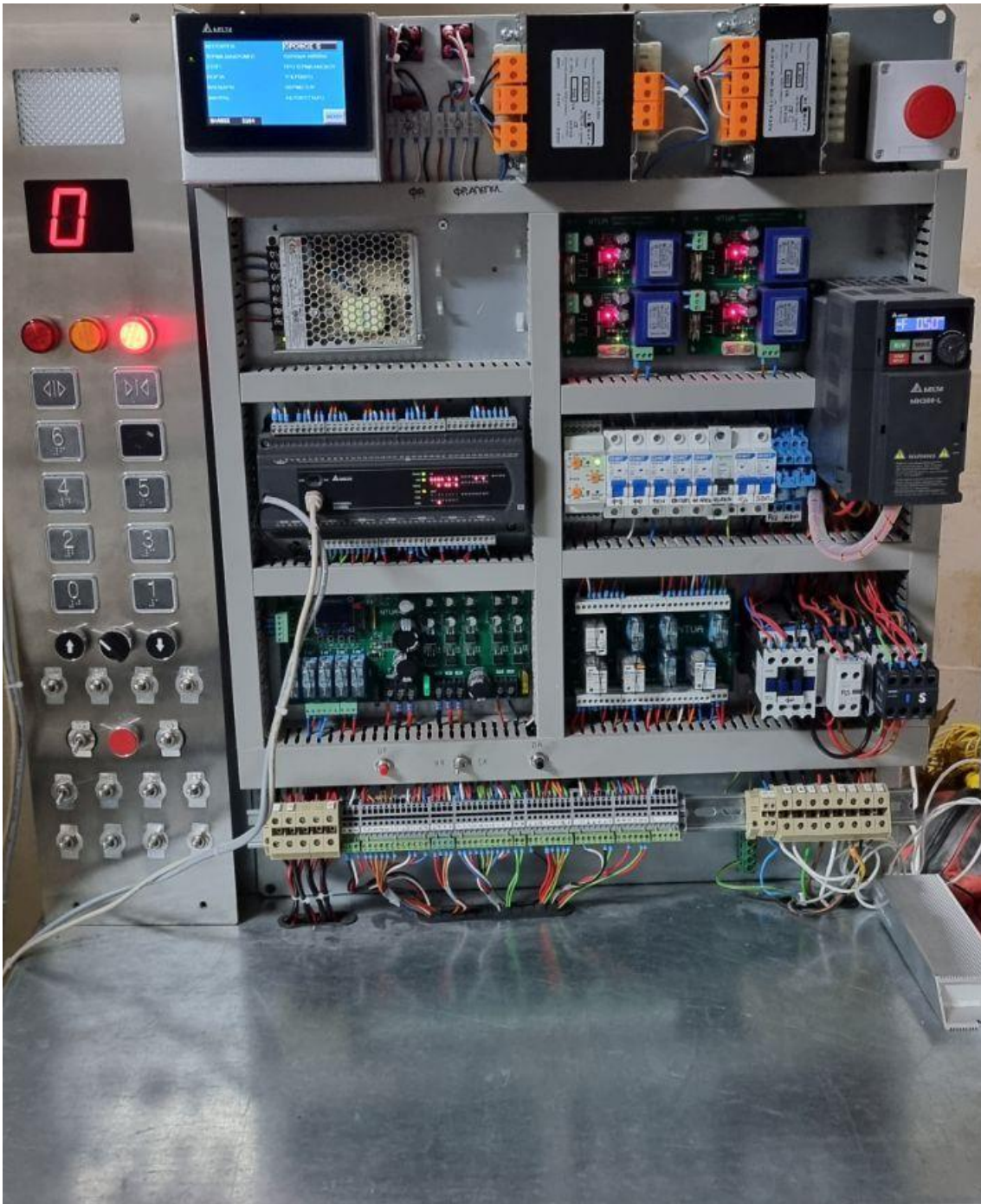
Στην συνέχεια της υλοποίησης με την ευελιξία που είχαμε χρησιμοποιώντας την οθόνη αφής αποφασίσαμε να φτιάξουμε ένα ολοκληρωμένο σύστημα για όλους τους τύπους ανελκυστήρων όπως μηχανικά μονοτάχυτα , διπλοτάχυτα , inverter , υδραυλικά καθώς και για όλους τους τύπους λειτουργίας των ανελκυστήρων όπως αυτόματα , καθόδου , ανόδου - καθόδου .

Ο χρήστης πια έχει την δυνατότητα μέσω της οθόνης αφής να τροποποιεί τις παραμέτρους με βάση τις δικές του ανάγκες χωρίς να χρειάζεται να επέμβει στον κώδικα του συστήματος. Ο κώδικας που δημιουργήθηκε έχει καλύψει το σύνολο των αναγκών που μπορούν να εμφανιστούν σε μια εφαρμογή .

Ένα θέμα που θα μπορούσε να μελετηθεί εν συνεχεία με βάση τη παρούσα διπλωματική είναι το remote control του PLC. Αυτό σημαίνει ότι παρέχεται η δυνατότητα ελέγχου του PLC από απομακρυσμένο χώρο. Κάτι τέτοιο παρέχει πολλά πλεονεκτήματα όπως μειωμένο κόστος, διότι δεν χρειάζεται να πραγματοποιηθεί επίσκεψη στο χώρο που βρίσκεται ο ηλεκτρικός πίνακας. Από το χώρο σου μπορείς να δεις κάποια πιθανή αιτία βλάβης και αν δεν είναι κάτι πολύ σημαντικό να λυθεί χωρίς επίσκεψη.

Κλείνοντας αυτή την διπλωματική εργασία μια βελτιωμένη έκδοση της θα ήταν να προστεθεί ένα PLC στην οροφή του θαλάμου και μέσω μια σειριακής επικοινωνίας RS485 θα έχει την δυνατότητα ο εγκαταστάτης να περιορίσει στο ελάχιστο την καλωδίωση που απαιτείται για την ηλεκτρική σύνδεση του θαλάμου με τον πίνακα χειρισμού με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση χρόνου κατασκευής και κόστους υλοποίησης.

Τέλος στην (Εικόνα 84) βλέπουμε την τελική μορφή της κατασκευής που δημιουργήσαμε.



Εικόνα 84 Πίνακας ελέγχου μηχανικού ανελκυστήρα με PLC, VVF και ενσωματωμένο απεγκλωβιστικό σύστημα

Βιβλιογραφία

- [1] Al-Kodmany, K., 2015. Tall Buildings and Elevators: A Review of Recent Technological Advances. *Buildings*, Τόμος 5, pp. 1070-1104.
- [2] Burj Khalifa, 2016. At the top: Burj Khalifa. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://www.burjkhalifa.ae/img/FACT-SHEET.pdf> [Πρόσβαση 4 Απρίλιος 2021].
- [3] Celik, F. & Korbahti, B., 2006. Why Hydraulic elevators are so popular. *Elevator World*, 54(4), pp. 1-5.
- [4] CNN, 2019. *A short history of the elevator*. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://edition.cnn.com/style/article/short-history-of-the-elevator/index.html> [Πρόσβαση 4 Απρίλιος 2021].
- [5] Datwyler, 2013. *Elevator cabling systems*. [Ηλεκτρονικό] Available at: https://www.idacs.uk.com/images/uploads/downloads/DATWYLER_Catalog_Elevator_05_13_e.pdf [Πρόσβαση 30 Απρίλιος 2021].
- [6] De Almeida, A. και συν., 2012. Energy-Efficient Elevators and Escalators in Europe: An Analysis of Energy Efficiency Potentials and Policy Measures. *Energy and Buildings*, Τόμος 47, pp. 151-158.
- [7] Gifford, H., 2010. Elevator Energy Use. *Home Energy Magazine*, 12 February.
- [8] GMV, 2018. *Basic information about lifts*. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://www.gmv-fr.com/info-lift.html#5> [Πρόσβαση 4 Απρίλιος 2021].
- [9] History of Elevators, 2021. *History of Elevators*. [Ηλεκτρονικό] Available at: <http://www.elevatorhistory.net/> [Πρόσβαση 5 Απρίλιος 2021].
- [10] Ishii, T., 1994. Elevators for skyscrapers. *IEEE Spectrum*, 31(9), pp. 42-46.
- [11] Jamaludin, J., Rahim, N. A. & Hew, W. P., 2010. An elevator group control system with a self-tuning fuzzy logic group controller. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 57(12), pp. 4188-4198.
- [12] Kinateder, M. T., Omori, H. & Kuligowski, E. D., 2014. *The Use of Elevators for Evacuation in Fire Emergencies in International Buildings*. 1st επιμ. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology.
- [13] Kleemannlifts, 2020. *Atlas basic, atlas premium, atlas L*. [Ηλεκτρονικό] Available at: https://kleemannlifts.com/sites/default/files/product/files/products-atlas_basic_atlas_premium_atlas_l-enel-20200617.pdf [Πρόσβαση 28 Απρίλιος 2021].
- [14] Luh, P. B., Xiong, B. & Chang, S., 2008. Group elevator scheduling with advance information for normal and emergency modes. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 5(2), pp. 245-258.
- [15] Mitsubishi Electric Corporation, 2019. *Passenger elevators machine room less system*. [Ηλεκτρονικό] Available at:

https://www.mitsubishielectric.com/elevator/products/basic/elevators/nexiez_mrl/pdf/product_guide.pdf [Πρόσβαση 25 Απρίλιος 2020].

- [16] Nichols, S. R., 2017. The Evolution of Elevators: Physical-Human Interface, Digital Interaction, and Megatall Buildings. *Frontiers of Engineering*, Τόμος \, pp. 87 - 97.
- [17] Pepyne, D. L. & Cassandras, C. G., 1997. Optimal dispatching control for elevator systems during uppeak traffic. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, 5(6), pp. 629-643.
- [18] Platform Lift Co, 2021. *Traction versus Hydraulic Lifts: Advantages and Disadvantages*. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://platformliftco.co.uk/news-pr/traction-versus-hydraulic-lifts-advantages-and-disadvantages#:~:text=The%20main%20advantage%20of%20a,compared%20with%20the%20hydraulic%20variety.&text=The%20ride%20in%20a%20traction,push%20the%20car%20against%20gravity> [Πρόσβαση 7 Απρίλιος 2021].
- [19] Rodrigues, E., Gaspar, A. R. & Gomes, Á., 2013. An approach to the multi-level space allocation problem in architecture using a hybrid evolutionary technique. *Automation in Construction*, Τόμος 35, pp. 482-498.
- [20] Ronchi, E. & Nilsson, D., 2014. Modelling total evacuation strategies for high-rise buildings. *Building Simulation*, 7(1), pp. 73-87.
- [21] Sachs, H. M., 2005. *Opportunities for Elevator Energy Efficiency Improvements*, Washington DC: American Council for an Energy-Efficient Economy.
- [22] Schindler, 2019. *Schindler 3100 Low-rise MRL traction elevator*. [Ηλεκτρονικό] Available at: https://www.schindler.com/us/internet/en/about-us/media-north-america/download-library/_jcr_content/contentPar/downloadlistcontent/downloadList/low_rise_mrl_tractio_566838851.download.asset.low_rise_mrl_tractio_566838851/schindler-3100-mrl-elevator-brochu [Πρόσβαση 4 Απρίλιος 2021].
- [23] Stannah, 2018. *Moving on Up: Types of Elevators and all Kinds of Uplifting Appliances*. [Ηλεκτρονικό] Available at: <https://blog.stannah-stairlifts.com/society/types-of-elevators-uplifting-appliances/> [Πρόσβαση 5 Απρίλιος 2021].
- [24] Strakosch, G. & Caporale, R., 2010. *The Vertical Transportation Handbook*. 1st επιμ. Somerset: Wiley.
- [25] Tetlow, K., 2007. *New elevator technology: The machine room less elevator*, New York: McGraw Hill construction.
- [26] Wittur, 2021. *Overspeed governor OL35-NA*. [Ηλεκτρονικό] Available at: https://www.wittur.com/website/get_download.aspx?ctrb_id=3999#:~:text=The%20overspeed%20governor%20is%20a,car%20via%20the%20governor%20rope. [Πρόσβαση 9 Απρίλιος 2021].
- [27] Zhu, W. D. & Teppo, L. J., 2003. Design and analysis of a scaled model of a high-rise, high-speed elevator. *Journal of Sound and Vibration*, 264(3), pp. 707-731.

- [28] Γκολώνης, Χ. & Ζωγόπουλος, Ε., 2014. *Σύγχρονη τεχνολογία ανελκυστήρων*. 1 επιμ. Αθήνα: Κλειδάριθμος.
- [29] Γ. Σεφερίδης-Χρ. Κολιανδρής, Μελέτη και Κατασκευή Τριφασικού Inverter (DC/AC) με Χρήση IGBT, Πτυχιακή Εργασία Α.Τ.Ε.Ι ΠΕΙΡΑΙΑ., 2012.
- [30] Κ. Μέρμηγκα, Κατασκευή και προγραμματισμός αυτοματοποιημένης εγκατάστασης χειρισμού στροφών κινητήρα με μετατροπέα συχνότητας μέσω βιομηχανικού δικτύου Ethernet, Διπλωματική Εργασία Ε.Μ.Π., 2018.
- [31] Γ. Κορρές, Εποπτεία και Διαχείριση Ενεργειακών Συστημάτων, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., 2008.
- [32] Σ. Ν. Μανιάς, Ηλεκτρονικά Ισχύος, Εκδόσεις Συμεών, 2004.
- [33] Σ. Ν. Μανιάς and Α. Καλετσάνος, Βιομηχανικά Ηλεκτρονικά, Εκδόσεις Συμεών, 2003.